

Christian Brannstrom

Lucas Seghezso

Adryane Gorayeb

# **DESCARBONIZAÇÃO NA AMÉRICA DO SUL: CONEXÕES ENTRE O BRASIL E A ARGENTINA**



**DESCARBONIZAÇÃO NA AMÉRICA DO SUL:  
CONEXÕES ENTRE O BRASIL E A ARGENTINA**





UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

**Reitora**

Cicília Raquel Maia Leite

**Vice-Reitor**

Francisco Dantas de Medeiros Neto

**Diretora de Sistema Integrado de Bibliotecas**

Jocelânia Marinho Maia de Oliveira

**Chefe da Editora Universitária – EDUERN**

Francisco Fabiano de Freitas Mendes



**Conselho Editorial das Edições UERN**

José Elesbão de Almeida

Isabela Pinheiro Cavalcanti Lima

Kalidia Felipe de Lima Costa

Regina Célia Pereira Marques

Maria José Costa Fernandes

José Cezinaldo Rocha Bessa

Christian Brannstrom

Lucas Seghezzo

Adryane Gorayeb

(Organizadores)

# **DESCARBONIZAÇÃO NA AMÉRICA DO SUL: CONEXÕES ENTRE O BRASIL E A ARGENTINA**

Junho, 2022

**DESCARBONIZAÇÃO NA AMÉRICA DO SUL:  
CONEXÕES ENTRE O BRASIL E A ARGENTINA**

© 2022 Copyright by **Universidade do Estado do Rio Grande do Norte**

Impresso no Brasil / Printed in Brazil

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS

**Diagramação eletrônica**

Renan Rodrigues

**Revisão**

Rodrigo Silva de Oliveira

**Capa**

Luci Sacoleira

**Impressão e Acabamento**

Expressão Gráfica e Editora

Rua João Cordeiro, 1285 - Aldeota - Fortaleza - Ceará

CEP: 60110-300 - Tel.: (085) 3464-2222

E-mail: arte@expressaografica.com.br

Catálogo da Publicação na Fonte  
*Universidade do Estado do Rio Grande do Norte*

---

Descarbonização na América do Sul: conexões entre o Brasil e a Argentina. / Christian Brannstrom, Lucas Seghezzeo e Adryane Gorayeb (Orgs). – Mossoró, RN: Edições UERN, 2022.

448 p.

ISBN: 978-85-7621-327-7

1. Energia Renovável - Descarbonização - América do Sul. 2. Energia eólica – Brasil - Impactos socioambientais. 3. Geografia ambiental. I. Brannstrom, Christian. II. Seghezzeo, Lucas. III. Gorayeb, Adryane. IV. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. V. Título.

UERN/BC

CDD: 333.794

---

*Bibliotecário: Jocelania Marinho Maia de Oliveira CRB 15 / 319*

# SUMÁRIO

---

<b>Apresentação .....</b>	<b>9</b>
---------------------------	----------

## **METODOLOGIAS APLICADAS ÀS ANÁLISES DA DESCARBONIZAÇÃO DO SUL GLOBAL**

<b>1. Análise da governança da energia renovável na América do Sul .....</b>	<b>14</b>
<i>Christian Brannstrom e Lucas Seghezso</i>	
<b>2. Análise de Redes Sociais (ARS) como ferramenta de estudo e gestão de processos de descarbonização .....</b>	<b>37</b>
<i>Melisa Escosteguy, Carlos Ortega Insaurralde e Lucas Seghezso</i>	
<b>3. Diagnóstico socioambiental participativo e cartografia social na avaliação de impactos da energia eólica .....</b>	<b>56</b>
<i>Thomaz Xavier, Adryane Gorayeb e Christian Brannstrom</i>	
<b>4. A metodologia Q para análise quali quantitativa das percepções sociais das energias renováveis .....</b>	<b>80</b>
<i>Lucas Seghezso e Christian Brannstrom</i>	
<b>5. Análise do discurso e codificação (coding) com foco nos documentos oficiais de licenciamento ambiental .....</b>	<b>102</b>
<i>Wallason Farias de Souza, Antonio Jeovah de Andrade Meireles e Christian Brannstrom</i>	
<b>6. Abordagens da economia política à indústria da geração eólica do nordeste brasileiro .....</b>	<b>128</b>
<i>Mariana Traldi</i>	

- 7. Geoecologia da paisagem aplicada ao planejamento ambiental de empreendimentos de produção energética eólica .....150**  
*Edson Vicente da Silva, Giovanna de Castro Silva, Anderson Marinho da Silva, Clarissa Dantas Moretz-Sohn, Larissa de Pinho Aragão e Carlos Henrique Sopchaki*
- 8. Metodologia aplicada na análise de ruídos causados por parques eólicos ..... 168**  
*Lígia de Nazaré Aguiar, Ivan José Ary Júnior e Adryane Gorayeb*
- 9. Metodologia de avaliação da vulnerabilidade de aquíferos em parques eólicos.....186**  
*Raquel Moraes Silva, Maria da Conceição Rabelo Gomes, Luis Glauber Rodrigues e Adryane Gorayeb*
- 10. Vulnerabilidade energética e socioeconômica em domicílios na Argentina..... 205**  
*Rodrigo Javier Duran e Miguel Angel Condori*

## **TECNOLOGIAS E PERSPECTIVAS PARA O FUTURO**

- 11. Descarbonização com justiça? Conceitos e abordagens.....232**  
*Christian Brannstrom*
- 12. Direito à energia elétrica e potenciais impactos ambientais e sociais .....249**  
*Mozart Otávio Guedes Maia, Herivelto Fernandes Rocha, Aglaer Nasia Cabral Leocádio, Hugo Muniz Bolognesi, Carla Kazue Nakao Cavaliero e Sônia Regina da Cal Seixas*
- 13. Perspectivas da utilização de energia renovável no mundo e no Brasil.....274**  
*Hugo Muniz Bolognesi, Alyson Luz Pereira Rodrigues, Zoraide Souza Pessoa, Sônia Regina da Cal Seixas e Carla Kazue Nakao Cavaliero*
- 14. Implicações geográficas do setor do hidrogênio verde no Brasil..... 293**  
*Christian Brannstrom e Adryane Gorayeb*

- 15. Desafios sociais e ambientais da energia eólica offshore no Brasil ..... 312**  
*Adryane Gorayeb, Christian Brannstrom, Marcelo de Oliveira Soares e Thomaz Xavier*
- 16. Relações entre descarbonização, vulnerabilidades socioambientais e impactos regionais da energia eólica no contexto do Nordeste do Brasil: o caso do Rio Grande do Norte ..... 329**  
*Zoraide Souza Pessoa, Luziene Dantas de Macedo, Rylanneive Leonardo Pontes Teixeira, Moema Hofstaetter, Yonara Claudia dos Santos, Eunice Ferreira Carvalho e Ellitamara Alves de Oliveira Melo*
- 17. Expansão da produção de energia eólica em áreas protegidas do Rio Grande do Norte, Brasil..... 354**  
*Rodrigo Guimarães de Carvalho, Ramiro Gustavo Valera Camacho, Márcia Regina Farias da Silva, Dweynny Rodrigues Filgueira Gê, Fabiana Silva Medeiros Ferreira, Stênio Freitas Felix, Louize Nascimento, Osvaldo da Cunha e Maria Zilda Rosado Neta*
- 18. Análise dos marcos institucionais para a exploração de lítio na América do Sul ..... 375**  
*Martín A. Iribarnegaray, Elizabeth Jiménez, Ingrid Garcés, Mauricio Lorca, Melisa L. Escosteguy, Walter F. Díaz Paz e Araceli Clavijo*
- 19. Energia eólica na Argentina: distribuição local ..... 393**  
*Fernando Tilca e Juan Francisco Mathisson Malvasio*
- 20. Transição energética e produção de lítio na Argentina: principais debates e desafios para a gestão da água em um contexto de escassez hídrica..... 408**  
*Walter F. Díaz Paz, Melisa L. Escosteguy, Araceli Clavijo, Lucas Seghezze e Martín Iribarnegaray*
- 21. Conexões multiescalares para a produção de lítio na Argentina ..... 425**  
*Melisa Escosteguy, Walter Díaz Paz, Araceli Clavijo, Martín Iribarnegaray e Lucas Seghezze*





# APRESENTAÇÃO

---

A motivação que levou à organização desta obra por pesquisadores de instituições sediadas em três países, Estados Unidos, Argentina e Brasil, foi a de reunir metodologias passíveis de serem aplicadas em pesquisas, na América do Sul, que abordem os aspectos de justiça social que devem envolver a transição energética no Sul Global.

As soluções de descarbonização necessárias para evitar uma meta de aquecimento global de +2 Graus Celsius exigem investimentos significativos em tecnologia de engenharia e capital humano (GEELS *et al.*, [2017](#)). O armazenamento de energia com baterias à base de lítio será essencial para as vias de descarbonização dependentes de fontes renováveis, advindas de placas fotovoltaicas e parques eólicos (SOVACOOOL *et al.*, [2020](#)). No centro desses desafios de energia e mudança climática estão duas premissas de consenso emergentes sobre a descarbonização: (1) as energias eólica e solar podem atender, de forma plena, às necessidades de eletricidade do mundo se implantadas em larga escala (HANSEN *et al.*, [2019](#); LOWE; DRUMMOND, [2022](#)); e (2) é viável, tecnologicamente, o armazenamento comercial de eletricidade (eólica e solar) utilizando baterias (DEHGHANI-SANIJ *et al.*, [2019](#)), permitindo o uso intensivo da energia renovável de modo permanente, seguro e estável. No entanto, ambos os empreendimentos oferecem consideráveis novos riscos para as pessoas e o meio ambiente, devido ao acréscimo da demanda por terra para a implantação de parques de energia renovável e para a mineração de metais utilizados na produção das baterias, em especial o lítio.

Este livro agrega vinte e um capítulos, com abordagens sobre conhecimentos teóricos e empíricos acerca dos desafios emergentes da descarbonização no Brasil e na Argentina, realizadas por um grupo de pesquisadores brasileiros (Universidade Federal do Ceará, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Universidade Estadual da Paraíba, Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará e de São Paulo e Universidade de Campinas) e argentinos (Universidade Nacional de Salta), vinculados ao Observatório da Energia Eólica, liderado pela Universidade Federal do Ceará, e integrantes do projeto de pesquisa “CAPES/Programa de Cooperação Brasil Sul – Sul (COOPBRASS) Edital n. 5 de 2019, Proc. 88881.368924/2019-01 “Energia renovável e descarbonização na América do Sul: desafios da energia eólica no Brasil e do lítio na Argentina”; e CAPES/PRINT Proc. 88887.312019/2018-00: *Integrated socio-environmental technologies and*

*methods for territorial sustainability: alternatives for local communities in the context of climate change.*

O intuito desta obra é fornecer estruturas de pesquisa e metodologias para análises de caminhos que busquem a descarbonização “justa” (MULVANEY, 2019; SOVACOOOL *et al.*, 2019a) para o Sul Global, especificando desafios de sustentabilidade (SOVACOOOL *et al.*, 2020) e respondendo à necessidade de estudar aspectos institucionais e de governança da descarbonização (EYRE *et al.*, 2018; STERN *et al.*, 2016), referentes às perspectivas do lítio argentino e da energia eólica brasileira.

Sabemos que é necessário pensar uma agenda global para a ciência social e, em especial, para a Geografia das Energias, com o intuito de enfrentar os desafios emergentes, que concilie demanda de energia com metas de mudança climática (STERN *et al.*, 2016). Nesse contexto, é indispensável a formação, qualificada, de profissionais com uma abordagem holística, objetivo principal do projeto CAPES/COOPBRASS, de modo que os jovens argentinos e brasileiros sejam capazes de encontrar soluções para possíveis consequências negativas da descarbonização, orientando a formulação de políticas públicas e o desenvolvimento tecnológico com vistas à democratização dos benefícios e à redução de danos. Um elemento crítico no desenvolvimento do capital humano nos países da América do Sul é o treinamento de jovens pesquisadores em metodologias científicas rigorosas. Devido a isso, o livro foi concebido em duas versões, em português e em espanhol, na perspectiva de facilitar o acesso ao conteúdo por estudantes, pesquisadores, gestores, empreendedores e o público em geral, considerando-se que a América Latina é eminentemente hispanófono, e os aspectos aqui discutidos são relevantes em contextos de outros países, como a Bolívia e o Chile, que integram o “triângulo do lítio” juntamente com a Argentina, e o México que se destaca no contexto regional por abrigar conflitos entre populações nativas e geração de energia eólica (DUNLAP, 2019; RAMÍREZ; BÖHN, 2021), possibilitando comparação com a realidade do Nordeste brasileiro.

Os capítulos apresentam resultados parciais e arranjos metodológicos de pesquisas desenvolvidas durante dissertações de mestrado e teses de doutorado no Brasil e na Argentina. As metodologias apresentadas neste livro têm por intuito sistematizar a coleta e análise dos dados sociais, rigorosamente e com grande suporte da literatura internacional, na perspectiva de responder às questões sociais latino-americanas relacionadas aos níveis de aceitação e rejeição da implantação de projetos de energia eólica e mineração de lítio no Brasil e na Argentina. Esperamos que os capítulos contribuam para orientar pesquisadores que mergulharam na bibliografia imensa sobre descarbonização.

O Brasil, e o nordeste brasileiro em particular, merece atenção pelo fato de a energia eólica ter representado, em junho de 2022, 11,8% da matriz elétrica brasileira e a expectativa é que chegue a 13,6% até 2025, de acordo com dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Em junho de 2022, havia aproximadamente

9,2 GW de capacidade eólica fiscalizada no Ceará e no Rio Grande do Norte, de acordo com o Sistema de Geração de Informações da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), representando um cluster globalmente significativo de parques eólicos. Por outro lado, o lítio nos salares da Argentina merece atenção pelo volume de reservas e a sua importância na eletromobilidade e na produção de baterias para armazenar eletricidade de fontes intermitentes, como parques eólicos (SOVACOOOL *et al.*, 2020). Vincular, analiticamente, os processos de energia eólica e extração de lítio significa iniciar um melhor entendimento de dois elementos fundamentais para a descarbonização, o que começa avançar uma visão holística dos futuros sistemas de emissão zero. Esta visão holística não pode ser meramente técnica, pois deve considerar também questões vinculadas à justiça – justiça social, ambiental e energética (MCCAULEY *et al.*, 2019; SOVACOOOL *et al.*, 2019a; SOVACOOOL *et al.*, 2019b).

Por fim, destaca-se que o livro foi organizado durante a pandemia da COVID-19 (2020 – 2021), como uma maneira de reunir os pesquisadores remotamente e incitar os debates sobre os aspectos sociais e ambientais que envolvem a transição da matriz energética no Sul Global, cumprindo um dos objetivos do projeto financiado pela CAPES. Não obstante a pandemia, os investimentos planejados, tanto na energia eólica como na extração do lítio, avançaram quanto ao volume de recursos comprometidos, ao número de grupos industriais e à ousadia tecnológica e territorial dos investimentos. Tudo indica que a descarbonização é um bom negócio, oferecendo caminhos para a acumulação de capital, como também precisa ser alvo das pesquisas socioambientais, com destaque às questões de governança, justiça e território.

Em novembro de 2021, 120 líderes mundiais se reuniram em Glasgow, na Escócia, para a 26ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP26). Apesar da intensa agenda de negociações, essa conferência tão somente adiou os compromissos climáticos globais para 2022, em especial a redução das emissões de carbono em até 50% e a manutenção do aquecimento global em, no máximo, 1,5 °C para 2030. O Brasil e a Argentina estão entre os muitos países cujos planos existentes são inadequados para o cumprimento dessas metas.

A noção de justiça, proclamada de modo enfático durante os protestos populares na COP26, compreendida como “justiça climática”, enxerga as mudanças climáticas como uma questão complexa de justiça social, e não apenas como um problema ambiental. Com isso, sabemos que é importante ultrapassarmos os desafios que as tecnologias nos impõem e vislumbrar, em uma abordagem holística, as soluções para as políticas públicas das energias renováveis e o desenvolvimento tecnológico com vistas à democratização dos benefícios e à redução de danos, em termos sociais e ambientais.

Fortaleza, 16 de junho de 2022  
Christian Brannstrom, Adryane Gorayeb e Lucas Seghezze

## Referências

- DEHGHANI-SANIJ, A. R.; THARUMALINGAM, E.; DUSSEAUULT, M. B.; FRASER, R. Study of energy storage systems and environmental challenges of batteries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 104, p. 192-208, 2019.
- DUNLAP, A. *Renewing Destruction: Wind Energy Development, Conflict and Resistance in a Latin American Context*. **Rowman and Littlefield**, New York, 2019.
- EYRE, N.; DARBY, S. J.; GRÜNEWALD, P.; MCKENNA, E.; FORD, R. Reaching a 1.5°C target: socio-technical challenges for a rapid transition to low-carbon electricity systems. **Philosophical Transactions of the Royal Society A**: 37620160462, 2018.
- GEELS, F. W.; SOVACOOOL, B. K.; SCHWANEN, T.; SORRELL, S. Sociotechnical transitions for deep decarbonization. **Science**, v. 357, n. 6357, p. 1242-1244, 2017.
- HANSEN, K.; BREYER, C.; LUND, H. Status and perspectives on 100% renewable energy systems. **Energy**, v. 175, p. 471-480, 2019.
- LOWE, R. J.; DRUMMOND, P. Solar, wind and logistic substitution in global energy supply to 2050 – barriers and implications. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 153, p. 111720, 2022.
- MCCAULEY, D.; RAMASAR, V.; HEFFRON, R. J.; SOVACOOOL, B. K.; MEBRATU, D.; MUNDACA, L. Energy justice in the transition to low carbon energy systems: exploring key themes in interdisciplinary research, **Applied Energy**, v. 233-234, n. 916-921, 2019.
- MULVANEY, D. **Solar Power: innovation, sustainability, and environmental justice**. Berkeley: University of California Press, 2019.
- RAMIREZ, J.; BÖHM, S. Transactional colonialism in wind energy investments: Energy injustices against vulnerable people in the Isthmus of Tehuantepec, **Energy Research & Social Science**, v. 78, p. 102135, 2021.
- SOVACOOOL, B. K.; ALI, S. H.; RADLEY, M. B.; NEMERY, B.; OKATZ, J.; MULVANEY, D. Sustainable minerals and metals for a low-carbon future. **Science** v. 367, n. 6476, p. 30-33, 2020.
- SOVACOOOL, B. K.; HOOK, A.; MARTISKAINEN, M.; BAKER, L. H. The whole systems of energy injustice of four European low-carbon transitions. **Global Environmental Change** v. 58, p. 101958, 2019a.
- SOVACOOOL, B. K.; HOOK, A.; MARTISKAINEN, M.; BAKER, L. H. Decarbonisation and its discontents: a critical energy justice perspective on four low-carbon transitions. **Climate Change**, v. 155, n. 4, p. 591-619, 2019b.
- STERN, P. C.; SOVACOOOL, B. K.; DIETZ, T. Towards a science of climate and energy choices. **Nature Climate Change**, v.6, n. 547, 2016.

# **METODOLOGIAS APLICADAS ÀS ANÁLISES DA DESCARBONIZAÇÃO DO SUL GLOBAL**

---

## CAPÍTULO 1

# ANÁLISE DA GOVERNANÇA DA ENERGIA RENOVÁVEL NA AMÉRICA DO SUL

---

*Christian Brannstrom*<sup>1,2</sup>

*Lucas Seghezso*<sup>3</sup>

### Resumo

A governança ambiental abrange uma ampla gama de atores dentro e fora do governo que interagem para desenvolver e implementar diferentes tipos de regras que determinam ou influenciam como os atores usam e descartam água, florestas, solo e minerais, entre outros recursos. Este capítulo resume os principais temas (governança participativa e abordagens econômicas, políticas e institucionais) na bibliografia internacional sobre governança ambiental. Aplicamos os temas aos exemplos da energia eólica, no Ceará, e do lítio, na Argentina, para demonstrar a utilidade da governança para entender os atores, as instituições, as redes e o poder entre atores nos processos de descarbonização. Destacamos algumas prioridades para pesquisas futuras de sistemas de energia renovável na América do Sul.

**Palavras-Chave:** Governança. Energia renovável. Descarbonização. Lítio. Energia eólica.

### Introdução

A governança ambiental é tanto uma abstração quanto um processo observado de tomada de decisão com relação ao acesso aos recursos naturais e ao descarte de subprodutos. Como abstração ou conceito, refere-se a ideias diferentes sobre as interações desejadas entre o estado, a sociedade e as entidades de mercado que podem definir os meios e objetivos da política ambiental. Como um processo observado, a governança ambiental descreve as interações reais nos territórios e pode ser estruturada em termos de como melhorar as interações ou os resultados das políticas implantadas.

---

1 Texas A&M University (TAMU), College Station, Estados Unidos. [cbrannst@geos.tamu.edu](mailto:cbrannst@geos.tamu.edu)

2 Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil.

3 Instituto de Pesquisas em Energia não Convencional (INENCO), Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas (CONICET), Universidade Nacional de Salta (UNSa), Salta, Argentina.

Neste livro, estamos especialmente interessados em dois recursos. O primeiro é o lítio produzido a partir da salmoura das salinas de grande altitude (*salares*) nas montanhas dos Andes, resultante de processos biogeofísicos. A salmoura requer vários estágios de extração e processamento, começando com a extração através de furos em *salares*, seguida pela evaporação e remoção de sais indesejados, magnésio, sulfatos e boro (STERBA *et al.*, 2019). O lítio está entre vários minerais e metais que terão uma demanda “imensa” pela economia emergente de baixo carbono, de 43 MT em 2017 para 415 MT em 2050, devido à composição de baterias em veículos elétricos e armazenamento de eletricidade em grande escala (SOVACOOOL *et al.*, 2020). Mais de dois terços das reservas exploráveis de lítio do mundo estão localizados nos salares da Argentina, Bolívia e Chile, em áreas de grande altitude, ambientalmente sensíveis e, em muitos locais, nas proximidades de povos indígenas e dos recursos que eles reivindicam (GÖBEL, 2003; FORNILLO, 2019; OBSERVATORIO, 2021).

O outro recurso é o vento que se move sobre a água (*offshore*) e o continente (*onshore*) do Nordeste do Brasil, resultado do aquecimento desigual da terra e do mar e da força de Coriolis da rotação da Terra. Esse recurso é intermitente no espaço e no tempo e, como as turbinas eólicas (meios para capturar esse recurso e convertê-lo em eletricidade) residem nos níveis inferiores da camada limite planetária, surgem inúmeros desafios, conforme Veers *et al.* (2019, p. 1) explicou: “avaliação dos efeitos atmosféricos nas usinas eólicas... [é] extremamente difícil.”

Ambos são recursos heterogêneos, altamente variáveis no espaço (e no tempo, no caso do vento); ainda assim, o lítio e o vento são elementos-chave dos sistemas de energia descarbonizados ou com emissão zero (DAVIS *et al.*, 2018), essenciais para evitar cenários de mudança climática que excedam dois graus Celsius de aquecimento (OTTO, 2020).

## O que é governança?

Embora o termo “governança” tenha sido amplamente usado por quase vinte anos nos círculos acadêmicos e políticos, ele tem significados diferentes e até contraditórios (IRIBARNEGARAY; SEGHEZZO, 2012). Governança se refere aos processos de tomada de decisão pelos quais a sociedade define os problemas e os meios para resolvê-los. O Governo ou o Estado é claramente essencial na maioria dos processos de governança, mas a governança deve ser diferenciada de “governo”, como uma gestão centralizada da autoridade, e também de “governar” como um esforço proposital para controlar ou administrar a sociedade (KEMP *et al.*, 2005).

A governança pode ser considerada um *continuum* entre os extremos do estado e da sociedade, cada um com a capacidade de determinar os meios e objetivos das políticas (JORDAN *et al.*, 2005). Em um sistema centrado no estado, o governo determinaria os meios e os objetivos. Em um sistema centrado na sociedade ou governança extrema, a sociedade determinaria os meios e objetivos das políticas.



Pode-se imaginar híbridos, nos quais a sociedade determina os objetivos, mas o estado determina os meios, ou vice-versa.

Uma visão normativa da governança é a ideia de “boa governança”, popularizada pela afirmação do Banco Mundial (1992; 2007) de que os Estados devem minimizar seu tamanho e promover a estabilidade econômica e financeira, partindo do pressuposto de que essas características do estado são desejáveis. Esse conceito de boa governança está carregado de conotações neoliberais, encorajando uma maior concentração de poder em poucos atores econômicos e políticos e uma redução drástica na capacidade de controle das agências estatais (HORTON, [2012](#)).

Outras ideias de governança enfatizam os valores, normas e princípios que sustentam a tomada de decisão e destacam o papel central dos indivíduos e suas atitudes e comportamentos pessoais na origem dos processos de governança (BARRY, [1999](#); DOBSON, [2007](#)). Com base na teoria democrática e abraçando o pluralismo político, as teorias contemporâneas de governança também enfatizam as perspectivas sociopolíticas em várias escalas como a base da interação entre diferentes tipos de atores interessados em resolver problemas sociais (HOPPE, [2010](#)).

O estudo empírico da governança tem várias abordagens, que incluem a noção de Ostrom ([2009](#)) do subsistema de governança em um sistema socioecológico, a governança interativa e a “estrutura analítica da governança” (GAF – *Governance Analytical Framework*) (HUFTY, [2011](#)), entre outras. A governança interativa foi definida como “o conjunto de interações instigadas para resolver problemas sociais e criar oportunidades, incluindo a formulação e aplicação de princípios que orientam essas interações e o cuidado com as instituições que as capacitam ou controlam” (KOOIMAN; JENTOFT, [2009](#), p. 820). As interações e relações de poder entre atores institucionais e individuais estão no centro da ideia de governança interativa, assim como os processos dinâmicos pelos quais as escolhas são feitas.

O GAF considera a governança como um fato social que merece estudo ou como uma categoria de fatos sociais envolvidos nos processos de interação e tomada de decisão entre os atores envolvidos em um problema coletivo que leva à criação, reforço ou reprodução de normas e instituições sociais (HUFTY, [2011](#)). O GAF pode ser resumido como a interação entre cinco categorias analíticas: problemas, atores, pontos nodais (ou espaços de interação), normas e processos. Assim como a governança interativa, o GAF enfatiza os processos de tomada de decisão como causa e consequência da geração de normas sociais destinadas a resolver problemas, criar oportunidades e facilitar as relações humanas.

## O que é governança ambiental?

A governança ambiental inclui os meios e objetivos que os atores utilizam em diversos arranjos institucionais, com relações desiguais de poder, entre Estado, mercado e atores sociais, para cumprir metas de distribuição de acesso aos recursos

ambientais em territórios definidos. Bridge e Perreault (2009, p. 492) definem governança ambiental como “o reflexo e a projeção do poder econômico e político por meio de decisões sobre o *design*, a manipulação e o controle” dos recursos ambientais. As ações dos atores são geralmente influenciadas por processos globais e quase sempre dependem de um trabalho discursivo significativo para enquadrar e justificar objetivos e meios. A governança ambiental inclui atores sociais, compostos por grupos comunitários, organizações não governamentais, comunidades epistêmicas ou de conhecimento, geralmente formadas por cientistas, e meios de comunicação, além de atores estatais que operam em diversas escalas espaciais (municípios, estados e territórios nacionais). Notavelmente, a influência dos atores sociais nos processos de governança é altamente variável.

As análises da governança ambiental incluem diversas disciplinas (sociologia, antropologia, geografia e ciência política) e várias definições aparentemente semelhantes ou quase idênticas entre si. Os estudos de governança também implementam vários tipos de projetos de pesquisa, desde estudos de caso qualitativos locais até análises de processos de governança ambiental global. Em resumo, é um campo amplo, difícil de caracterizar.

Uma abordagem simples para a governança ambiental é distinguir entre as visões que priorizam o papel do poder nas tomadas de decisões e as visões que priorizam as formas particulares pelas quais os atores estão conectados na tomada de decisões. Thaler *et al.* (2019, p. 62) distinguem entre estudos de economia política e institucionalista. A pesquisa institucionalista sobre governança, em sua opinião, concentra-se nos “requisitos de *design* institucional para a governança sustentável de recursos de uso comum”. A abordagem institucionalista refere-se ao conceito desenvolvido por Lemos e Agrawal (2006), que identificaram as formas com base na escala cruzada e híbrida (internacional ou global, descentralizada), com foco no mercado e no indivíduo. A governança híbrida inclui co-gestão, parcerias público-privadas e parcerias sociais-privadas. O conceito de governança de Lemos e Agrawal (2006) também traz a vantagem de ser ilustrado num triângulo simples, vinculando estado, mercado (setor privado ou empresarial) e sociedade civil, que nos ajuda na interpretação do caso cearense, abordado no final deste capítulo.

A abordagem institucionalista oferece uma definição descritiva de governança ambiental e identifica estratégias “híbridas emergentes” e “governança flexível”, geralmente chamadas de “governança multiparceira”, que ligam estado, mercado e sociedade na tentativa de superar a incapacidade de um único ator para enfrentar as complexidades dos problemas ambientais (LEMOS; AGRAWAL, 2009, p. 69). Uma definição institucional semelhante vem de Jacobi e Sulaiman (2016, p. 126), que definem governança incluindo “arranjos institucionais que potencializam o engajamento individual e comunitário, estendendo a participação pública na tomada de decisão e implementação das ações”. A dinâmica resultante “envolve interação entre pessoas e grupos, troca de

conhecimentos, ambiente de confiança, reciprocidade, cooperação e trabalho em rede, experimentação, inovação e aprendizagem constante, compartilhada e retroalimentada”.

Essas definições não variam de maneiras substantivas com as definições alternativas de governança. Por exemplo, Wilder *et al.* (2020, p. 190) definem “governança adaptativa” como uma “abordagem interativa e dinâmica que responde a condições de incerteza e complexidade”. “Governança policêntrica” é definida como “várias autoridades governamentais em diferentes escalas que não mantêm uma relação hierárquica entre si, mas estão engajadas na auto-organização e ajuste mútuo” (MORRISON *et al.*, 2019, p. 1). Uma interpretação da economia política da governança ambiental interpreta a governança ambiental não como a governança “da natureza”, mas como uma governança “através da natureza” ou, em outras palavras, como “o reflexo e a projeção de poder econômico e político por meio de decisões sobre o desenho, manipulação e controle de processos sócio-naturais” (BRIDGE; PERREAU, 2009, p. 492). Thaler *et al.* (2019, p. 62) colocam isso em uma visão de economia política de governança que “[ênfatisa] novas formas de fechamento e mercantilização e a reconfiguração de estruturas regulatórias como elementos da neoliberalização da governança ambiental”. Para Castro *et al.* (2016, p. 6), governança ambiental é o “processo de formulação e contestação de imagens e *designs*, e implementação de procedimentos e práticas que moldam o acesso, controle e uso dos recursos naturais entre diferentes atores”.

No modo de autogovernança, popularizado pelo Banco Mundial na década de 1990, apareceu uma visão normativa da governança que enfatizava:

Um pequeno papel dos estados nacionais e a dependência principalmente de mecanismos baseados no mercado, como privatização, corporações autodesenvolvidas, guias de conduta, por exemplo, responsabilidade social corporativa (CSR – Corporate Social Responsibility) e mecanismos voluntários (esquemas de certificação e compensação). (Banco Mundial 1992; 2007).

Para Castro *et al.* (2016, p. 6), a abordagem institucionalista é sinônimo do que eles chamam “modo de autogovernança”, preocupada com o estudo de “sistemas de governança local moldados por meio da ação coletiva para regular o acesso e o uso dos recursos naturais”. Eles também descrevem um “modo de governança participativa” que visava “aprofundar a democracia e a cidadania dos novos governos latino-americanos”, enraizado em “discursos de justiça social, equidade e redução da pobreza, participação de organizações da sociedade civil”. Desse modo, a governança “é baseada em parcerias entre atores relevantes para definir metas e projetar e implementar iniciativas” e pode incluir co-gestão e multissetoriais e instituições multiescala. Nessa visão, a governança ambiental participativa ocorre “em um espaço político contestado, onde diferentes atores lutam para fortalecer suas posições” (p. 7).

A “Governança ambiental popular [*grassroots*]” (HOROWITZ; WATTS, 2017, p. 11) é dividida em partes, onde a base (*grassroots*) é a “ação por um grupo vagamente

definido e fluido de pessoas abordando uma questão localmente relevante por meio de processos ‘essencialmente democráticos’”, embora os autores notem a complexidade do termo *grassroots* devido a organizações de fachada verde (*astroturf*) que são “controladas por corporações ou governos contra os quais grupos de base genuínos estão lutando”. A governança ambiental é definida como “a tomada de decisão, por atores estatais e não estatais, sobre a gestão e distribuição dos recursos naturais e seus serviços ecológicos associados, bem como dos danos ambientais” (HOROWITZ; WATTS, 2017, p. 13). Esses autores enfatizam a micropolítica na governança ambiental popular ou *grassroots*, deixando para Andrews e McCarthy (2017, p. 190) a definição de micropolítica como a “formação de coalizões de proprietários de terras”, em relação a uma região produtora de gás de xisto no nordeste dos EUA, com atenção especial à forma como esses grupos negociaram com as empresas de gás em relação aos contratos de arrendamento necessários para obter acesso ao gás natural detido em rocha de xisto. Assim, a abordagem “micropolítica” preocupa-se com ações e discursos dentro das comunidades, enfocando as origens, discursos, redes e ações de diversos grupos preocupados com um recurso energético.

Com algumas definições da governança ambiental sintetizadas, podemos seguir para algumas abordagens e aplicações. Existem, pelo menos, três abordagens de governança relacionadas às questões econômicas, políticas e institucionais. A primeira abordagem poderíamos chamar de “discurso na governança” que destaca a importância das construções e discursos sociais na política ambiental e na tomada de decisões. Hajer e Versteeg (2005, p. 178-80) enfatizam que a análise do discurso ambiental promove a ideia da “natureza como contestada”, reconhecendo que os discursos são “precursores dos resultados das políticas” e entendendo como os discursos limitam as opções das políticas.

Uma segunda abordagem enfatiza a política que a governança produz. Por exemplo, Thaler *et al.* (2019, p. 60) sugerem que a abordagem “seguir a política” se concentra nas múltiplas escalas espaciais de experimentação e adoção de políticas. Essa pesquisa sobre “mobilidades de políticas” (*policy mobilities*) argumenta que as políticas raramente se difundem em um cenário institucional inerte, mas, em vez disso, as políticas se mobilizam e mudam através das fronteiras políticas, impulsionadas por especialistas e seletivamente apropriadas pelos formuladores de políticas (PECK; THEODORE, 2010, 2012). Por exemplo, Fry e Brannstrom (2017) mostraram como as características complexas da perfuração urbana para gás natural no norte do Texas, EUA, incentivaram a mobilidade política entre os governos municipais até que “poços polêmicos” focalizaram a atenção em questões econômicas, sociais e ambientais específicas. Outras aplicações de teorias de políticas, que se enquadram nessa abordagem política, foram resumidas por Ruseva *et al.* (2019).

Hufty (2011, p. 405) apresenta uma terceira abordagem (Quadro 1), que interpreta a governança como “um fato social” que “não é normativo nem prescritivo”, mas sim “um fenômeno observável”. A ênfase de Hufty em “normas sociais” é um pouco diferente da de outros estudiosos de governança. Ele as define como legais,

costumeiras ou informais, e abrangendo meta-normas (princípios), normas constitutivas (roteiros organizacionais ou institucionais) e normas regulatórias (regras que delineiam a conduta). O GAF, desenvolvido com base em experiências de governança ambiental na América Latina, possui grande potencial para compreender e explicar os processos de governança nessa região. O GAF propõe um método para a observação e análise de processos de governança com base em critérios de uma ontologia realista, uma abordagem interdisciplinar, um processo de pesquisa reflexivo e a capacidade de ser comparativo, generalizável e operacionalizado.

**Quadro 1 - Ferramentas analíticas na estrutura analítica de governança**

<b>Estrutura analítica de governança</b>	<b>Suposições, exemplos ou desafios</b>
Definição do problema	Os problemas são construções sociais. Os pesquisadores devem aceitar os problemas definidos pelos atores?
Compreendendo normas sociais	As normas são legais, costumeiras ou informais; existem meta-normas, normas constitutivas e normas regulatórias.
Diferenciando atores	Identificação de atores; avaliação da influência dos atores; interações entre os atores.
Investigando os pontos nodais	Espaços físicos ou virtuais de interação.
Analisando os processos	Atores interagem em pontos nodais ao longo do tempo.

Fonte: Hufty (2011).

As relações de poder também são fundamentais para o GAF, embora as lutas pelo poder entre as diferentes partes interessadas sobre uma questão específica nem sempre sejam igualmente relevantes. Para fins de governança, todos os tipos de poder (coercitivo, utilitário e normativo) podem ser relevantes. O poder “normativo” ou “social” parece especialmente pertinente, em particular quando os atributos simbólicos desse tipo de poder se relacionam com (a geração de) normas formais ou informais que conduzem à construção de um círculo virtuoso (ou vicioso) em direção a sistemas de gestão mais sustentáveis (ou insustentáveis). De acordo com o GAF, uma análise cuidadosa do contexto histórico, social e político é importante para identificar os atores, poderosos ou não, e para descrever os tipos específicos de práticas de governança que ocorrem em um determinado lugar. Para explorar algumas das lutas de poder geradas na interface entre as questões sociais e ambientais, e examinar as ideias e discursos apoiados por diferentes atores quando confrontados com uma determinada decisão política, o GAF recorre a abordagens metodológicas como a ecologia política (PEET; WATTS, 1996; ROBBINS, 2012).

Ao combinar a ideia de governança de Hufty (2011) resumida no GAF com uma abordagem de sustentabilidade discutida em Seghezzeo (2009), Iribarnegaray e Seghezzeo (2012, p. 2927) apresentaram uma nova definição da ideia de “governança para sustentabilidade”. Eles a definiram como:

Um processo de tomada de decisão interativo e adaptativo pelo qual cidadãos individuais, instituições e outros atores sociais discutem aberta e democraticamente sua situação, problemas e ideias e influenciam a evolução de longo prazo da sociedade, gerando e gerenciando planos e estratégias destinadas a garantir a distribuição equitativa de recursos, respeitar os direitos humanos e a diversidade cultural e proteger a natureza.

## Abordagens de economia política para governança de energia

Trabalhos emergentes sobre economia política geográfica para transição energética e descarbonização (HUBER; MCCARTHY, 2017; MCCARTHY, 2015; PEARSE, 2021; BRIDGE; GAILING, 2020) sugerem várias novas áreas de pesquisa para uma compreensão mais profunda sobre a governança da descarbonização. Por exemplo, Bridge e Gailing (2020) observam que os sistemas de energia são tipicamente entendidos como tecnologia, infraestrutura e instituições (políticas); entretanto, a aplicação da economia política geográfica a categorias espaciais de paisagem, território e lugar gera várias questões que enriquecem nossa compreensão dos sistemas de energia (Quadro 2). A suposição básica aqui é que as transições de energia são “processos de criação de espaço”. Um parque eólico, por exemplo, tem o papel de “reproduzir as relações de poder econômico e político”, além de produzir elétrons e exibir a forma espacial (no Capítulo 6, a Mariana Traldi mostra em detalhes esse processo de acumulação). Com relação à governança, Bridge e Gailing (2020, p. 1042) argumentam que “os locais, escalas e espacialidades dos sistemas de energia são os principais locais contemporâneos de luta”.

**Quadro 2 - Aplicação da economia política geográfica às categorias espaciais**

<b>Categoria espacial</b>	<b>Questões sobre política econômica geográfica</b>
Paisagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O que são processos de construção de infraestrutura e recursos?</li> <li>- Quais são os processos de investimento e desinvestimento em recursos e infraestruturas energéticas?</li> </ul>
Território	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O que são processos de territorialização (por exemplo, fazer fronteiras e definir/delimitar espaços)?</li> <li>- Como o poder social e/ou político está organizado espacialmente por meio de sistemas de energia?</li> </ul>

Lugar	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Como o lugar informa ou produz identidade e significado em relação à captura e transformação de energia?</li> <li>- Como o local informa a inovação e a criação de caminhos?</li> <li>- Como o local informa as interações, políticas e práticas?</li> </ul>
-------	---

Fonte: Bridge e Gailing (2020).

Uma abordagem de economia política diferente para a governança da transição energética é oferecida no estudo comparativo de Hochstetler (2021) da África do Sul e do Brasil. Sua análise implanta quatro elementos de economia política (Quadro 3) como um meio de “analisar o *status quo* múltiplo e coalizões reformistas que se formam em torno da energia eólica e solar... essas coalizões são fundamentadas em uma base generalizável subjacente em interesses e instituições... os resultados... são trabalhados de maneiras dependentes do caminho (*path dependent ways*) fora das economias políticas de energia distintas nas economias nacionais” (p. 14). Para Hochstetler, “a energia eólica e solar são fundamentais para as estratégias de mitigação das mudanças climáticas” e, portanto, estão em conflito com a geração de energia baseada em hidrocarbonetos. Ela vê os dois lados dessa questão como organizados em coalizões com parceiros no estado, empresas e atores sociais. No que diz respeito à política industrial, acredita-se que a ação sobre energia eólica e solar leve a uma “espiral verde” na qual coalizões de indústrias envolvidas em fabricantes de energia eólica e solar, em aliança com sindicatos e fabricantes de peças, pressionam o Estado por um apoio contínuo. Hochstetler também considera o custo e a distribuição de eletricidade, que podem ser particularmente relevantes para países de renda média. Finalmente, ela inclui uma análise de custos e benefícios para as comunidades que abrigam os projetos de energia eólica e solar. De modo geral, a transição energética “convoca atores e disputas” nessas quatro áreas de política, que “interagem com as características mais conjunturais do país e as lutas da coalizão para produzir a dinâmica real de cada economia política [nacional]” (p. 221).

É relevante destacar que a noção de economia política abordada por Hochstetler (2021) não é a mesma da Traldi (Capítulo 6). Traldi destaca “as estratégias utilizadas pelos capitalistas... na busca pela aceleração do processo de acumulação de capital e pela elevação da sua taxa de lucro” no setor eólico, enquanto Hochstetler (2021, p. 8) prioriza os interesses privados e públicos na construção de políticas energéticas.

### Quadro 3 - Abordagem da economia política para descarbonização por meio da geração de energia eólica e solar

Tema político	Interesses	Atores estaduais	Atores sociais
Mudanças Climáticas	- Interesses futuros amplos e difusos - Custos concentrados no setor de hidrocarbonetos	- Meio Ambiente, Energia e Ministérios das Relações Exteriores	- ONG buscando descarbonização - Indústrias de hidrocarbonetos
Política Industrial	- Inovação, emprego e crescimento econômico	- Desenvolvimento e Ministérios de Energia - Instituições de finanças	- Associações industriais e empresas - Instituições não-estatais
Política Social	- Custos para os consumidores - Custos para as companhias de energia	- Serviços públicos e regulatórios	- Consumidores industriais e domésticos
Política Local	- Custos e benefícios para as comunidades anfitriãs	- Ministérios de Meio Ambiente e Planejamento - Agências de licenciamento	- Comunidades anfitriãs - Ativistas ambientais

Fonte: Hochstetler (2021).

## Aplicação da governança ambiental às energias renováveis na América do Sul

Sugerimos iniciar a aplicação dessas abordagens começando pela redefinição do problema. Devemos notar que as práticas discursivas e de enquadramento que definem os problemas são altamente relevantes. No que diz respeito ao GAF, devemos perguntar sobre as normas sociais que sustentem os arranjos institucionais. Isso nos leva a um domínio complexo que é específico do local e do país; é dependente do conhecimento detalhado da paisagem institucional em que a extração e a infraestrutura de energias renováveis estão inseridas. Considerando o GAF, estamos interessados em normas sociais, mas em um sentido institucionalista, estamos interessados em regras formais ou informais que orientam e restringem comportamentos que podem resultar em ações relacionadas à descarbonização.

As outras tarefas analíticas seriam a necessidade de diferenciar os atores, identificar os pontos nodais e determinar os processos de interações dos atores. Se a governança é um “fato social”, então as pessoas e as organizações desempenham papéis na definição,

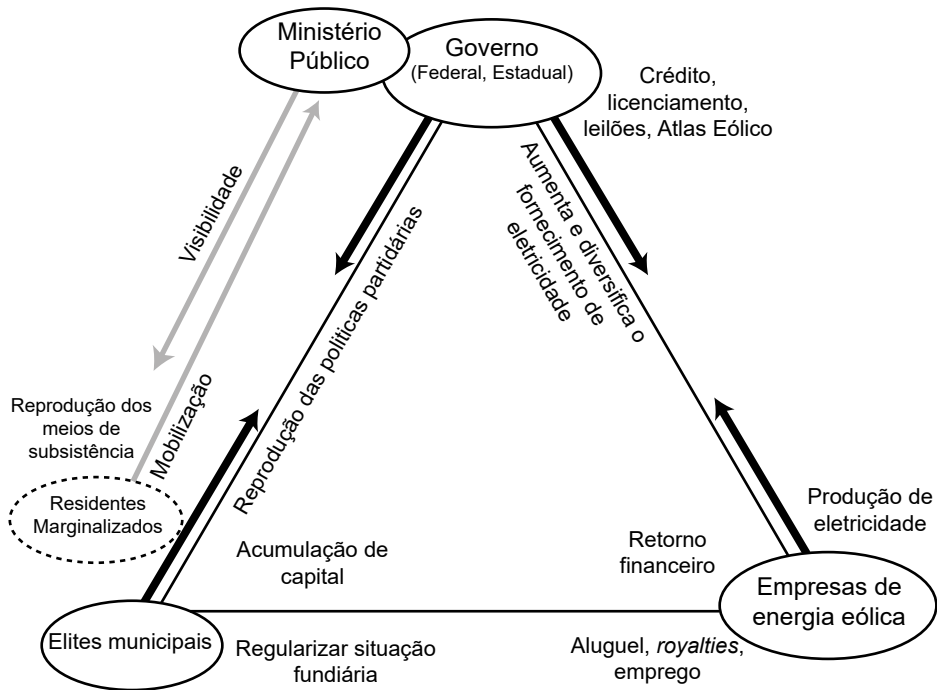


organização, debate e promoção desses fatos sociais que compõem a governança. Com os atores identificados, podemos observar os locais nos quais os atores interagem, como conferências de negócios e audiências públicas. O entendimento do processo dessas interações ajuda a esclarecer as hierarquias do poder e da informação entre os autores.

### Governança da energia eólica no Ceará

Nossa análise preliminar da governança dos parques eólicos do Ceará sugere processos emergentes de governança, que mostramos por meio da visão de governança de Lemos e Agrawal (2006) (Figura 1).

**Figura 1 - Sistema de governança da energia eólica no litoral cearense, baseado no conceito de governança de Lemos e Agrawal (2006) e seguindo conceitos da ecologia política**



As empresas de energia eólica impulsionam eletricidade e as elites municipais e estaduais lucram, unilateralmente e de forma concentrada, com a instalação e a operação dos parques eólicos, por meio de recebimentos de aluguéis (muitas vezes a partir de processos escusos e ilegais de aquisição de terras da União) e pagamentos (sobre a geração elétrica de cada torre eólica), como identificamos em publicações anteriores (BRANNSTROM *et al.*, 2017; GORAYEB *et al.*, 2018).

As empresas no contexto brasileiro são grandes (BAYER, [2018](#)) e representam um “reposicionamento de atores empresariais” já influentes na energia e infraestrutura do Brasil (SOARES *et al.*, [2021](#), p. 6). É relevante para a governança o fato de que o Brasil usou a política eólica para promover a industrialização por meio de requisitos de conteúdo nacional em componentes de turbinas eólicas, em vez de encorajar modelos institucionais que favorecessem os parques eólicos para que fossem a propriedade da comunidade. O sistema de leilão e outras opções institucionais favoreceram as grandes empresas. Como resultado, “as escolhas da comunidade estão situadas dentro de marcos regulatórios que desencorajaram a propriedade comunitária” dos parques eólicos (HOCHSTETLER, [2021](#), p. 181).

Destacamos três processos dentro desse esquema de governança. Primeiro, o governo federal cria créditos, oferece leilões e disponibiliza informações para fomentar a geração da energia eólica, justificando suas ações pela diversificação da oferta de energia elétrica. Esse diálogo é dirigido às empresas de energia eólica, nacionais e internacionais, que implantam parques eólicos para gerar energia elétrica, procurando um retorno no capital investido. Os parques eólicos geram aluguéis para os proprietários que têm os contratos de arrendamento, pois as empresas procuram arrendar terrenos em vez de comprar. As empresas oferecem discursos otimistas sobre a geração de empregos nos parques eólicos. Existem relatos de que as empresas pagam *royalties* e arrendamentos aos proprietários (SOBRINHO *et al.*, [2022](#); BRANNSTROM *et al.*, [2022](#)), porém não está muito claro a questão de aluguéis para as estradas, as subestações e outras infraestruturas necessárias.

As empresas de energia eólica produzem eletricidade e as elites municipais e estaduais lucram, unilateralmente e de forma concentrada, com a instalação e a operação dos parques eólicos, por meio de recebimentos de aluguéis (muitas vezes a partir de processos escusos e ilegais de aquisição de terras da União) e *royalties* (sobre a geração elétrica de cada torre eólica, por mês). Essas elites, por sua vez, criam títulos para os parques eólicos se instalarem, procurando acumular mais capital. Os residentes marginalizados e invisibilizados, que habitam secularmente terrenos da União e desenvolvem modos de vida com base na agricultura familiar, pesca artesanal e extrativismo, dependem dos recursos naturais para reproduzir os seus meios de subsistência, e se mobilizam para chamar a atenção do Ministério Público. A atuação do Ministério Público pode, mas nem sempre ocorre, criar visibilidade aos invisibilizados e atuar como “mediador” entre o poder público, as elites, dispostas a acumular capital por meio de processos de apropriação por espoliação, e as populações locais que tentam manter sua sobrevivência no território (MEIRELES *et al.*, [2013](#); GORAYEB *et al.*, [2016](#)). Vale ressaltar que, muitas vezes, o poder público e as elites municipais e estaduais se confundem em um só papel, com representantes políticos usando a “máquina” pública e o arcabouço legal para visibilizar projetos de interesses privados (ARAÚJO *et al.*, [2020](#)).

Hochstetler (2021, p. 207) descobriu, a partir de reportagens e mídia social, que 25% dos 600 parques eólicos do Brasil enfrentavam algum tipo de mobilização de oposição, principalmente na região Nordeste. As mobilizações envolviam membros da comunidade anfitriã mobilizados por meio de “diversos aliados” dentro de uma estrutura de oportunidades políticas, incluindo atores judiciais, organizações não governamentais, mídia e autoridades eleitas. A origem dos conflitos pode ser localizada no fato de que, ao nível de comunidade, há uma grande divergência entre as elites municipais e os residentes marginalizados ou “invisibilizados”, na visão de Leroy e Meireles (2013). As elites, sejam donos de comércio, fazendeiros, imobiliárias ou representantes eleitos, negociam com políticos que sabem informar os detalhes do empreendimento bem antes dos outros residentes. Essas elites procuram os terrenos necessários, por meios lícitos e ilícitos, para serem oferecidos às empresas de energia eólica. As elites também facilitam o licenciamento ambiental, emitindo declarações favoráveis e conduzindo as audiências públicas, se acontecerem, com pessoas favoráveis ao empreendimento (ARAÚJO *et al.*, 2020; GORAYEB; BRANNSTROM, 2020; GORAYEB *et al.*, 2018). Os residentes marginalizados ou “invisibilizados” sentem-se ameaçados pelo fato de o empreendimento comprometer totalmente ou parcialmente os seus meios de subsistência, devido ao bloqueio de acesso a dunas, mangue ou mar (BROWN, 2011; MEIRELES *et al.*, 2013; CHAVES *et al.*, 2017). Os residentes “invisibilizados” não têm apoio nas vias políticas eleitorais, mas sim através de outros grupos, como líderes de igreja, sindicatos e movimentos sociais que, por sua vez, têm respaldo jurídico-legal no Ministério Público, pelo Promotor Público responsável. A mobilização política acontece de formas variadas, sempre procurando maneiras para gerar visibilidade às ameaças aos meios de subsistência oriundas do parque eólico. Porém, o Ministério Público não tem mecanismos para alterar a política fundamental que iniciou o empreendimento.

Contudo, devido à necessidade de grandes extensões de terra para a produção de energia eólica, quando os parques eólicos são instalados em áreas com insegurança fundiária, a elite local, sempre em articulação com os órgãos do estado e com as elites regionais, tende a desenvolver ações fraudulentas e corruptas, criando títulos de terra “regularizados” por meios ilícitos ou subjugando e destituindo propriedades de pequenos agricultores com titulação, mas que não possuem poder de barganha, consultoria apropriada e ciência dos valores de compra e venda de seus imóveis, negociando-os muito abaixo do valor de mercado. Como mostram Santana e Silva (2021), analisando uma área rural de Pernambuco, a presença de parques eólicos pode causar mudanças sociais.

Se analisarmos o crescimento na produção de energia eólica brasileira, reparamos que a partir de 2001 as empresas priorizaram a instalação dos parques eólicos no litoral nordestino e no interior baiano, aproveitando áreas onde predominam a insegurança fundiária, ou seja, onde é possível obter grandes extensões de terra

por um preço abaixo do mercado. Também destacamos como os governos federal e estadual autorizam subsídios e concedem licenças ambientais aos parques eólicos, além de fornecerem dados técnicos essenciais (velocidade e direção dos ventos) com o uso do Atlas Eólico (AMARANTE *et al.*, 2001) para aumentar o fornecimento de energia elétrica no país.

### *Governança do lítio na América do Sul*

No caso da extração de lítio na América do Sul, podemos fazer algumas observações a partir da análise inicial dos processos de governança. Uma conclusão preliminar refere-se às características físico-químicas (materialidade) do lítio. As características do lítio “complicam os esforços para posicioná-lo como uma mercadoria banal do mercado”, de acordo com Barandiarán (2019, p. 386), enquanto Sánchez-López (2019, p. 1332) descreveu o lítio na planície de sal de Uyuni boliviana como uma “mercadoria intrincada” por causa de suas “características físico-químicas particulares” devido à concentração de magnésio e às condições meteorológicas. Bustos-Gallardo *et al.* (2021, p. 183) mostram que a extração de lítio está “incompletamente capitalizada” porque “depende muito significativamente dos processos hidrogeológicos de formação de salmoura abaixo da superfície e da eficiência das taxas de evaporação do ambiente” presentes em bacias fechadas de alta altitude das terras altas dos Andes no Chile, Argentina e Bolívia. Essas características criam três contradições ecológicas: (1) a extração da salmoura de lítio requer água, mas os processos de bombeamento e evaporação minam as condições da salmoura de lítio, degradando, portanto, a produção futura desse mineral; (2) a intensa insolação reduz o custo de produção de lítio, mas a confiança na climatologia “introduz risco e incerteza na taxa de produção”; e (3) o bombeamento deve se expandir espacialmente para aumentar a produção, mas “a expansão do bombeamento muda a densidade da salmoura e coloca as reservas de lítio em risco” (BUSTOS-GALLARDO *et al.*, 2021, p. 183-85).

Nos três países do “triângulo do lítio” (Chile, Bolívia e Argentina), diferentes ideologias orientam a governança (DORN; RUIZ PEYRÉ, 2020).

No Chile, a política de extração de lítio inclui seu status de “estratégico” com papel estatal significativo que coloca a tomada de decisões no poder executivo do governo, que desenvolveu parcerias público-privadas. Para Jerez *et al.* (2021, p. 5), esse acordo de governança para o lítio no Chile “tem estado cheio de conflitos e reclamações”, incluindo “fraude ao tesouro, meio ambiente, danos, práticas anti-sindicais, quebra de contratos com a CORFO [Corporación de Fomento de la Producción, empresa estatal do Chile responsável pela produção de lítio] e exportação ilegal de salmoura.” A abordagem neoliberal geral do estado chileno para a mineração não foi totalmente aplicada ao lítio, já que o governo criou o espaço para um “papel ativo” no lítio e não nacionalizou completamente sua produção, mas sim o regime de Pinochet

“abriu um espaço de manobra equilibrado no modelo político-econômico neoliberal e deu caráter nacional ao lítio” (BUSTOS-GALLARDO *et al.*, 2021, p. 182).

A Bolívia passou a nacionalizar o lítio e outras atividades de mineração, mas os empreendimentos comerciais, que dependem de parcerias entre o estado boliviano e empresas estrangeiras, ainda não estão operacionais.

Na Argentina, não existe uma política nacional abrangente, já que as províncias individuais possuem e têm o direito de explorar seus recursos naturais após uma emenda constitucional em 1994 e, portanto, podem negociar diretamente com empresas nacionais e estrangeiras. Os governos de Salta e Catamarca “facilitam” abertamente os investimentos de mineradoras privadas de lítio, enquanto Jujuy declarou o lítio como “estratégico” e pretende usar projetos de lítio para agregar valor econômico local (DORN; RUIZ PEYRÉ, 2020, p. 72). De acordo com esses autores (p. 76), mais de 60 projetos estão atualmente em fase de “exploração avançada” para mineração em 23 locais na Argentina, principalmente na província de Salta. Do total, no entanto, apenas dois projetos iniciaram a produção comercial plena. A governança pró-exportação indiscutivelmente “cede o controle territorial às corporações internacionais” que extraem lítio e falham em promulgar “proteção ambiental ou preservar economias ou culturas tradicionais”, apesar de repetidas afirmações em contrário, por funcionários públicos (DORN; RUIZ PEYRÉ, 2020, p. 81).

De acordo com outro trabalho, pode-se dizer que as assimetrias de poder entre os atores nos salares argentinos são significativas e que são necessários processos de tomada de decisão mais inclusivos para que a transição para a eletromobilidade seja compatível com o desenvolvimento sustentável e a justiça social (ESCOSTEGUY *et al.*, 2021).

Identificamos preocupações de justiça expressas em diferentes tipos de documentos relacionados à produção de lítio. A análise de dados qualitativos revelou a prevalência de quatro tipos diferentes de injustiças em nível local, que refletem as relações de poder subjacentes entre atores poderosos em diferentes escalas. Essas descobertas indicam que uma transição justa para a eletromobilidade precisa começar com processos de tomada de decisão mais inclusivos nos locais de extração de lítio (ESCOSTEGUY *et al.*, 2021).

Resultados semelhantes foram relatados no Chile, onde Jerez *et al.* (2021, p. 9) argumentam que a extração de lítio superexplora a água escassa, nega uma compreensão hidrológica da salmoura de lítio e sua importância para as funções do ecossistema e falha em reconhecer os pontos de vista das comunidades indígenas sobre a importância das salinas, levando a “injustiças hídricas.”

Por fim, no nível discursivo, Voskoboynik e Andreucci (2021, p. 15) oferecem interpretações de materiais produzidos por estados e empresas. Eles argumentam que as elites usam a extração de lítio como um “veículo para o desenvolvimento e a emancipação nacional” associado a “futuros inclusivos, prósperos, de zero-carbono

e pós-petróleo”, que são ideias usadas para justificar os investimentos em lítio e obscurecer os encargos socioambientais da sua extração.

### Comparação entre o lítio e o vento

O lítio e a energia eólica são essenciais para sistemas de energia descarbonizados ou com emissão zero (DAVIS *et al.*, 2018). Podemos oferecer várias conclusões comparativas preliminares (Quadro 4). Como recursos naturais, o lítio e o vento oferecem diferentes características materiais que têm sido gerenciadas pelos governos de maneiras diferentes, mas uma característica comum é que as pessoas residem nas proximidades dos locais sobre os quais a energia eólica flui e a salmoura de lítio se acumula. A participação dessas comunidades anfitriãs nos processos de tomada de decisão deve ser uma preocupação importante para os estudiosos da governança; além disso, a distribuição de benefícios e subprodutos negativos também deve ser uma preocupação crítica para acadêmicos interessados em descarbonização socialmente justa e sistemas de energia com emissão zero, como mostramos no [Capítulo 11](#).

**Quadro 4 - Comparação entre os principais conceitos de governança ambiental com relação ao lítio na Argentina e os parques eólicos no Brasil. CSR: Corporate Social Responsibility (Responsabilidade Social Corporativa)**

Governança Ambiental	Lítio/Argentina	Eólica/Brasil
Recurso Natural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A evaporação da salmoura para o lítio requer alta insolação para custos de produção reduzidos.</li> <li>- As salinas são estatais, mas os processos de concessão não são transparentes.</li> <li>- A exploração raramente acaba em produção, levando à especulação financeira.</li> <li>- O lítio é frequentemente associado a outros elementos valiosos que não aparecem nas declarações financeiras e fiscais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A energia eólica cinética requer acesso à terra ou ao mar para ser capturada.</li> <li>- A grilagem (fraudes fundiárias) facilita o acesso às terras para os parques eólicos.</li> <li>- As comunidades impactadas pelos parques eólicos subsistem dos recursos naturais marinhos e continentais.</li> </ul>
Poder	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O acúmulo de capital do lítio raramente ocorre próximo aos locais de extração.</li> <li>- Política e interesses econômicos direcionam esse setor, com pouca influência dos habitantes locais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Assimetrias de poder entre as comunidades e as elites políticas resultam no acúmulo do capital com as elites.</li> <li>- Empresas “laranja” e a corrupção facilitam a implantação dos parques eólicos.</li> <li>- As comunidades anfitriãs não têm poder para exigir mais informações sobre os projetos propostos.</li> </ul>

Governança Ambiental	Lítio/Argentina	Eólica/Brasil
Relações sociais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Existem redes de relação complexas na região que complicam as negociações entre comunidades locais e órgãos estaduais e nacionais, aumentando os riscos de cooptação e manipulação.</li> <li>- As empresas transnacionais exercem forte pressão sobre os líderes locais para que aceitem projetos de mineração por meio de departamentos socioambientais cada vez mais organizados e profissionalizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comunidades recebem apoio do Ministério Público e das instituições governamentais, não-governamentais e religiosas.</li> <li>- As negociações ocorrem entre as elites políticas, firmas de consultorias e empresários.</li> </ul>
Discursos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O discurso oficial é que o setor de lítio ajudará a “desenvolver” a região e trará dinheiro necessário para tirar as economias nacionais e estaduais da estagnação.</li> <li>- As comunidades são geralmente divididas em sua aceitação/rejeição dos projetos de lítio, geralmente usando o discurso dos benefícios do emprego.</li> <li>- Os projetos de lítio são frequentemente promovidos como iniciativas verdes e sustentáveis orientados para mitigar as mudanças climáticas, estigmatizando aqueles que se opõem a eles como sendo antiprogressistas ou míopes.</li> <li>- Apesar de todas as exportações de lítio até agora envolverem produtos com valor agregado relativamente baixos, novos projetos estão sendo vendidos como o primeiro elo de uma futura cadeia industrial baseada no conhecimento que beneficiará enormemente as economias locais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os discursos sobre “energia limpa e sustentável” são produzidos e reproduzidos pelas empresas, o Governo e as elites políticas.</li> <li>- Comunidades impactadas têm opiniões variadas sobre os benefícios e as desvantagens dos parques eólicos.</li> <li>- As elites usam o discurso dos benefícios de emprego para aumentarem o apoio das comunidades.</li> </ul>
Instituições	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os investimentos de empresas transnacionais dependem dos mercados globais.</li> <li>- As agências estaduais são fracas.</li> <li>- Os incentivos estaduais incluem subsídios e isenções fiscais.</li> <li>- As empresas participam de iniciativas de CSR* para substituir o Estado, mas os investimentos são escassos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pouco conhecimento da estrutura da indústria de energia eólica.</li> <li>- Fraca transparência dos contratos de arrendamento/aluguéis.</li> <li>- Ausência do pagamento de <i>royalties</i>.</li> <li>- Marco legal para parques eólicos <i>off-shore</i> em andamento.</li> </ul>

Fonte: De autoria própria.

Também parece que, no que diz respeito à relação de poder, a acumulação de capital proveniente do vento e do lítio ocorre longe do local de extração. Como Jerez *et al.* (2021, p. 2), notam, “um aumento no extrativismo de lítio contribui para agravar

a predação da água do Salar e gera crescentes fraturas etnoculturais nas comunidades indígenas ... a eletromobilidade, promovida pela nova economia verde e suas políticas de redução de CO<sub>2</sub> no Norte Global, cria uma sombra colonial.” Bustos-Gallardo *et al.* (2021) mostram que o processamento de lítio ocorre em locais distantes da fonte de salmoura de lítio. Com relação ao vento, ainda não sabemos quais são os principais nós e locais de acumulação, apesar de termos alguns resultados oriundos de uma abordagem da economia política, como Mariana Traldi destaca no Capítulo 6. Fica claro que existem grandes assimetrias de energia entre as comunidades anfitriãs, que lutam para obter informações sobre projetos eólicos, e as elites (ARAÚJO *et al.*, 2020; SANTANA; SILVA, 2021). Outros temas emergentes, como parques eólicos *offshore* e hidrogênio verde, destacados nos Capítulos 14 e 15, também merecem pesquisas com abordagens da governança.

Em termos de relações sociais, há evidências de negociações entre comunidades e funcionários judiciais e organizações não governamentais, mas não necessariamente com operadores de parques eólicos. Como observa Hochstetler (2021, p. 212), “benefícios concretos” para as comunidades anfitriãs obtidos por meio de negociações com desenvolvedores de parques eólicos “são, na melhor das hipóteses, imprevisíveis e podem ser mínimos” no Brasil. Promotores de parques eólicos têm feito reivindicações exageradas de emprego para membros da comunidade anfitriã de parques eólicos (DANTAS *et al.*, 2019; FRATE *et al.*, 2019).

As dimensões discursivas também merecem comparação, pois em ambos os casos são comuns referências a aspectos positivos: o vento é renovável e sustentável, enquanto o lítio é fundamental para um futuro de eletromobilidade de baixo carbono. Tanto o lítio como o vento ajudam o mundo a cumprir os compromissos com as mudanças climáticas. Ambos também são promovidos por estados e atores da elite como promotores de desenvolvimento econômico por meio do aumento do emprego e da atividade econômica. Discursos verdes também são usados por empresas e agências estaduais para dividir a sociedade civil e como uma ferramenta de negociação com comunidades locais destituídas de poder e, muitas vezes, especialmente desconectadas, aumentando os riscos de cooptação e manipulação de grupos vulneráveis sob a égide de relações mutuamente benéficas específicas ao local (HOLDO, 2019).

## Observações finais

Ainda temos que desenvolver análises abrangentes de governança do vento e do lítio, mas identificamos a base teórica em várias literaturas de governança para as próximas etapas. Uma análise preliminar indica formas emergentes de governança no Brasil e na Argentina que mostram como as comunidades, empresas e o estado estão conectados em relações diversas e desiguais de poder, conhecimento e influência. Uma estrutura comparativa emergente para analisar a governança do vento e do lítio aponta



para a importância de compreender como as instituições permitem o acesso de certos grupos à energia eólica e salmoura de lítio, ao mesmo tempo que limita a participação da maioria das comunidades anfitriãs na tomada de decisão, minimizando seu acesso aos benefícios materiais da rede de produção de lítio, mas, ao mesmo tempo, fazendo pouco para prevenir ou reduzir os impactos socioambientais e proteger os serviços ecossistêmicos e as culturas relevantes.

Pesquisas futuras podem ter como objetivo determinar, por meio da análise de redes sociais e outros métodos qualitativos e quantitativos, as relações sociais ao longo das cadeias produtivas do lítio e do vento e identificar os atores sociais relevantes. Trabalhos futuros também podem determinar elementos de reconhecimento, justiça participativa e distributiva nas relações entre as comunidades anfitriãs e os projetos eólicos e de lítio.

Este capítulo fundamentou-se em casos específicos de energia eólica e extração de lítio, mas acreditamos que análises semelhantes também poderiam ser feitas para outros casos de aplicação de tecnologias e processos de energia renovável no Sul global, no que diz respeito a locais (lugar, paisagem e territorialidade), insumos necessários (metais, mão-de-obra e informações), infraestrutura (linhas de transmissão ou subestações) e instituições (políticas, regulamentos).

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao suporte do projeto CAPES/Programa de Cooperação Brasil Sul – Sul (COOPBRASS), Edital n. 5 de 2019, Proc. 88881.368924/2019-01 “Energia renovável e Descarbonização na América do Sul: desafios da Energia Eólica/BR e do Lítio/AR”, e ao CAPES/PRINT Proc. 88887.312019/2018-00 “Integrated socio-environmental technologies and methods for territorial sustainability: alternatives for local communities in the context of climate change”. Também agradecem ao Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas (CONICET) da Argentina, à Universidade Nacional de Salta (UNSa) e à Rede Suíça de Estudos Internacionais (SNIS) (Projeto LÍTIO).

## Referências

- AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M.; ZACK, J. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, 2001.
- ARAÚJO, J. C. H.; SOUZA, W. F.; MEIRELES, A. J. A.; BRANNSTROM, C. Sustainability challenges of wind power deployment in coastal Ceará state, Brazil. **Sustainability**, v. 12, n. 14, p. 5562, 2020.
- BANCO MUNDIAL. **Governance and Development**; World Bank: Washington, USA, 2007.
- BANCO MUNDIAL. **Equity and Development**, World Development Report; World Bank: Washington, USA, 2005.

- BARANDIARÁN, J. Lithium and development imaginaries in Chile, Argentina and Bolivia. **World Development**, v. 113, p. 381-391, 2019.
- BARRY, J. Rethinking green politics. **Nature, Virtue and Progress**. Sage Publications: London, UK, 1999.
- BAYER, B. Experience with auctions for wind power in Brazil, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, n. 2, p. 2644-2658, 2018.
- BRIDGE, G.; GALLING, L. New energy spaces: Towards a geographical political economy of energy transition. **Economy and Space A**, v. 52, n. 6, p. 037-1050, 2020
- BRANNSTROM, C.; GORAYEB, A.; SOUZA, W. A.; LEITE, N. S.; CHAVES, L. O.; GUIMARÃES, R.; GÊ, D. R. F. Perspectivas geográficas nas transformações do litoral brasileiro pela energia eólica. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 63, p. 3-28, 2018.
- BRANNSTROM, C.; GORAYEB, A.; MENDES, J. S.; LOUREIRO, C. V.; MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V.; FREITAS, A. L. R.; OLIVEIRA, R. F. Is Brazilian wind power development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 62-71, 2017.
- BRANNSTROM, C.; LEITE, N. S.; LAVOIE, A.; GORAYEB, A. What explains the community acceptance of wind energy? Exploring benefits, consultation, and livelihoods in coastal Brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 83, p.102344, 2022.
- BRIDGE, G.; PERREAULT, T. Environmental governance. *In*: CASTREE, N.; DEMERITT, D.; LIVERMAN, D.; RHOADS, B. (ed.), **A Companion to Environmental Geography**. Malden: Wiley-Blackwell, 2009, p. 475-497.
- BROWN, K. B. Wind power in northeastern Brazil: Local burdens, regional benefits and growing opposition. **Climate and Development**, v. 3, n. 4, p. 344-360, 2011.
- BUSTOS-GALLARDO, B.; BRIDGE, G.; PRIETO, M. Harvesting Lithium: water, brine and the industrial dynamics of production in the Salar de Atacama. **Geoforum**, n. 119, p. 177-189, 2021.
- CASTRO, F.; HOGENBOOM, B.; BAUD, M. Introduction: Environment and Society in Contemporary Latin America. *In*: CASTRO, F.; HOGENBOOM, B.; BAUD, M. (ed.) **Environmental Governance in Latin America**. Basingstoke: Palgrave Macmillan, p. 1-125, 2016.
- CHAVES, L.; BRANNSTROM, C.; SILVA E. V. Energia eólica e a criação de conflitos: Ocupação dos espaços de lazer em uma comunidade no nordeste do Brasil. **Revista Sociedade e Território**, v. 29, n. 2, p. 46-69, 2017.
- DANTAS, E. J. A.; ROSA, L. P.; SILVA, N. F.; PEREIRA, M. G. Wind Power on the Brazilian Northeast Coast, from the Whiff of Hope to Turbulent Convergence: The Case of the Galinhos Wind Farms. **Sustainability**, v. 11, n. 14, p. 3802, 2019.
- DAVIS, S. J. *et al.* Net-zero emissions energy systems. **Science**, v. 360, n. 2018, p. eaas9793, 2018.
- DOBSON, A. Environmental citizenship: towards sustainable development. **Sustainable Development**, n. 15, p. 276-285, 2007.
- DORN, F. M.; RUIZ PEYRÉ, F. Lithium as a strategic resource: Geopolitics, industrialization, and mining in Argentina. **Journal of Latin American Geography**, v. 19, n. 4, p. 68-90, out. 2020.
- ESCOSTEGUY, M.; DÍAZ PAZ, W. F.; IRIBARNEGARAY, M. A.; CLAVIJO, A.; ORTEGA INSAURRALDE, C.; STERN, H.; VENENCIA, C. D.; BRANNSTROM, C.; HUFTY, M.; SEGHEZZO, L. Will electro-mobility encourage injustices? The case of lithium production in the Argentine

Puna. *In*: NADESAN, M. H.; PASQUALETTI, M. J.; KEAHEY, J. (ed.). **Democratizing energy: insecurities, risks, transitions**. Elsevier, 2021 (no prelo).

FORNILLO, B. (ed.). **Litio en Sudamérica**. Buenos Aires: CLACSO, 2019.

FRATE, C. A.; BRANNSTROM, C.; MORAIS, M. V. G.; CALDEIRA-PIRES, A. A. Procedural and distributive justice inform subjectivity regarding wind power: A case from Rio Grande do Norte, Brazil. **Energy Policy**, n. 132, p. 185-195, 2019.

FRY, M.; BRANNSTROM, C. Emergent patterns and processes in urban hydrocarbon governance. **Energy Policy**, n. 111, p. 383-393, 2017.

GÖBEL, B. Minería del litio en la Puna de Atacama: Interdependencias transregionales y conflictos locales. **Iberoamericana**, v. 13, n. 49, p. 135-149, 2013.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A. J. A. **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil**. Fortaleza: Edições UFC, 2019.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MENDES, J. S.; MEIRELES, A. J. A. Wind power gone bad: Critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. **Energy Research and Social Science**, v. 40, p. 82-88, 2018.

HAJER, M.; VERSTEEG, W. A decade of discourse analysis of environmental politics: Achievements, challenges, perspectives. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 7, n. 3, p. 175-184, 2005.

HOCHSTETLER, K. **Political Economies of Energy Transition: Wind and Solar Power in Brazil and South Africa**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2021.

HOLDO, M. Cooptation and non-cooptation: elite strategies in response to social protest, **Social Movement Studies**, v. 18, n. 4, p. 444-462, 2019.

HOPPE, R. **The Governance of Problems: Puzling, Powering, Participation**. The Policy Press: Bristol, UK, 2010.

HOROWITZ, L. S.; WATTS, M. J. Introduction: Engaging with industry and governing the environment from the grassroots. *In*: HOROWITZ, L. S.; WATTS, M. J. (ed.) **Grassroots Environmental Governance: community engagements with industry**. New York: Routledge, 2017. p. 1-30.

HORTON, L. Is World Bank “good governance” good for the poor? Central American experiences. **Comparative Sociology**, n. 11, p. 1-28, 2012.

HUBER, M. T.; MCCARTHY, J. Beyond the subterranean energy regime? Fuel, land use and the production of space. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 42, n. 4, p. 655-668, 2017.

HUFTY, M. Investigating policy processes: The Governance Analytical Framework (GAF). *In*: WIESMANN, U.; HURNI, H. (ed.). **Research for Sustainable Development: Foundations, Experiences, and Perspectives**. Perspectives of the Swiss National Centre of Competence in Research (NCCR) North-South, University of Bern, Bern, Switzerland: Geographica Bernensia, v. 6, 2011. p. 403-424.

IRIBARNEGARAY, M. A.; SEGHEZZO, L. Governance, sustainability and decision making in water and sanitation management systems. **Sustainability**, v. 4, n. 11, p. 2922-2945, 2012.

JACOBI, P. R.; SULAIMAN, S. N. Governança ambiental urbana em face das mudanças climáticas. **Revista USP**, n. 109, p. 133-142, abr./mai./jun. 2016.

- JEREZ, B.; GARCÉS, I.; TORRES, R. Lithium extractivism and water injustices in the Salar de Atacama, Chile: The colonial shadow of green electromobility, **Political Geography**, v. 87, p. 102382, 2021.
- JORDAN, A.; WURZEL, R. K. W.; ZITO, A. The rise of 'new' policy instruments in comparative perspective: Has governance eclipsed government? **Political Studies**, v. 53, p. 477-496, 2005.
- KEMP, R.; PARTO, S.; GIBSON, R. Governance for sustainable development: moving from theory to practice. **International Journal of Sustainable Development**, v. 8, p. 12-30, 2005.
- KOOIMAN, J.; JENTOFT, S. Meta-governance: values, norms and principles, and the making of hard choices. **Public Administration**, v. 87, n. 4, p. 818-836, 2009.
- LEMONS, M. C.; AGRAWAL, A. Environmental governance. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 31, p. 297-325, 2006.
- LEROY, J. P.; MEIRELES, J. Povos indígenas e comunidades tradicionais: Os visados territórios dos invisíveis. In: PORTO, M. F.; PACHECO, T.; LEROY, J. P. (ed.). **Injustiça ambiental e saúde no Brasil: O mapa de conflitos**. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2013. p. 115-131.
- MCCARTHY, J. A socioecological fix to capitalist crisis and climate change? The possibilities and limits of renewable energy. **Environment and Planning**, v. 47, p. 2485-2502, 2015.
- MEIRELES, A. J. A.; GORAYEB, A.; SILVA, D. R. F.; LIMA, G. S. Socio-environmental impacts of wind farms on the traditional communities of the western coast of Ceará, in the Brazilian Northeast. **Journal of Coastal Research**, n. 65, p. 81-86, 2013.
- MORRISON, T. H.; ADGER, W. N.; BROWN, K.; LEMOS, M.C.; HUITEMA, D.; PHELPS, J.; EVANS, L.; COHEN, P.; SONG, A. M.; TURNER, R.; QUINN, T.; HUGHES, T. P. The black box of power in polycentric environmental governance, **Global Environmental Change**, v. 57, p. 101934, 2019.
- OBSERVATORIO PLURINACIONAL DE SALARES ANDINOS (ed.). **Salares Andinos: Ecología de saberes por la protección de nuestros salares y humedales**, Fundación Tantí, 2021.
- OSTROM, E. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. **Science**, v. 325, n. 5939, p. 419-422, 2009.
- PEARSE, R. Theorising the political economy of energy transformations: Agency, structure, space, process. **New Political Economy**, v. 26, n. 6, p. 951-963, 2021.
- PECK, J.; THEODORE, N. Mobilizing policy: Models, methods, and mutations. **Geoforum**, v. 41, n. 2, p. 169-174, 2010.
- PECK, J.; THEODORE, N. Follow the policy: A distended case approach. **Environment and Planning A**, v. 44, n. 1, p. 21-30, 2012.
- PEET, R.; WATTS, M., (ed.). **Liberation Ecologies. Environment, Development, Social Movements**; Routledge: London, UK, 1996.
- ROBBINS, P. **Political ecology: A critical introduction** (2nd. ed.). Malden, MA: Wiley-Blackwell (Critical introductions to geography), 2012.
- RUSEVA, T.; FOSTER, M.; ARNOLD, G.; SIDDIKI, S.; YORK, A.; PUDNEY, R.; CHEN, Z. Applying Policy Process Theories to Environmental Governance Research: Themes and New Directions. **Policy Studies Journal**, v. 47, n. S1, 2019.
- SANCHEZ-LOPEZ, M. D. From a white desert to the largest world deposit of lithium: Symbolic meanings and materialities of the Uyuni Salt Flat in Bolivia. **Antipode**, v. 51, n. 4, p. 1318-1339, 2019.

- SANTANA, A. O.; SILVA, T. A. A. Produção de energia eólica em Pernambuco e a injustiça ambiental sobre comunidades rurais. **Revista Katálysis**, v. 24, n. 1, p. 245-254, 2021.
- SOARES, I. N.; GAVA, R.; OLIVEIRA, J. A. P. Political strategies in energy transitions: Exploring power dynamics, repertoires of interest groups and wind energy pathways in Brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 76, p. 102076, 2021.
- SOBRINHO JUNIOR, M. F.; RAMIREZ HERNANDEZ, M. C.; ALBANO AMORA, S. S.; COSTA DE MORAIS, E. R. Perception of environmental impacts of wind farms in agricultural areas of Northeast Brazil. **Energies**, v. 15, n. 1, p. 101, 2022.
- SOVACOOOL, B. K.; ALI, S. H.; BAZILIAN, M.; RADLEY, B.; NEMERY, B.; OKATZ, J.; MULVANEY, D. Sustainable minerals and metals for a low-carbon future. **Science**, v. 367, n. 6476, p. 30-33, 2020.
- STERBA, J.; KRZEMIEŃ, A.; FERNÁNDEZ, P. R.; GARCÍA-MIRANDA, C. E.; VALVERDE, G. F. Lithium mining: Accelerating the transition to sustainable energy. **Resources Policy**, v. 62, p. 416-426, 2019.
- THALER, G. M.; VIANA, C.; TONI, F. From frontier governance to governance frontier: The political geography of Brazil's Amazon transition. **World Development**, v. 114, p. 59-72, 2019.
- VOSKOBOYNIK, D. M.; ANDREUCCI, D. Greening extractivism: Environmental discourses and resource governance in the 'Lithium Triangle'. **Environment and Planning E: Nature and Space**, 2021.
- WILDER, M. O.; VARADY, R. G.; GERLAK, A. K.; MUMME, S. P.; FLESSA, K. W.; ZUNIGATERAN, A. A.; SCOTT, C. A.; PABLOS, N. P.; MEGDAL, S. B. Hydrodiplomacy and adaptive governance at the U.S.-Mexico border: 75 years of tradition and innovation in transboundary water management. **Environmental Science & Policy**, v. 112, p. 189-202, 2020.
- WORLD BANK. **Governance and Development**. World Bank: Washington, USA, 2007.
- WORLD BANK. **Equity and Development**. World Development Report; World Bank: Washington, USA, 2005.

## CAPÍTULO 2

# ANÁLISE DE REDES SOCIAIS (ARS) COMO FERRAMENTA DE ESTUDO E GESTÃO DE PROCESSOS DE DESCARBONIZAÇÃO

---

Melisa Escosteguy<sup>1</sup>

Carlos Ortega Insaurralde<sup>1</sup>

Lucas Seghezso<sup>1</sup>

### Resumo

A Análise de Redes Sociais (ARS) é uma metodologia quali-quantitativa utilizada para analisar diferentes tipos de interações entre atores. Através de métodos formais, permite investigar a estrutura social, partindo da premissa de que a vida social é produzida, em parte, por meio das relações sociais e dos padrões criados por essas relações. A ARS tem sido amplamente utilizada para abordar a governança dos recursos naturais e, em muitos casos, tem sido aplicada em conjunto com outros métodos, tanto qualitativos como quantitativos. Nos últimos anos, pesquisas têm sido realizadas usando a ARS para estudar questões relacionadas a sistemas energéticos e transições energéticas sustentáveis. O presente estudo apresenta alguns conceitos e ferramentas da ARS e fornece exemplos de suas diferentes aplicações em estudos relacionados a mudanças climáticas, governança de recursos naturais e processos de descarbonização. Por fim, é proposta uma contribuição ao estudo da produção de lítio na Argentina.

**Palavras-chave:** Análise de redes sociais. Descarbonização. Justiça energética. Transição energética.

### Introdução

As mudanças climáticas e a busca pela sustentabilidade energética têm gerado uma discussão global sobre a necessidade de transições para fontes de energia mais sustentáveis ou zero carbono (GIELEN *et al.*, [2019](#)). Embora essas transições possam

---

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas em Energia não Convencional (INENCO), Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas (CONICET), Universidade Nacional de Salta (UNSa), Salta, Argentina. [meliescosteguy@gmail.com](mailto:meliescosteguy@gmail.com)

parecer positivas à primeira vista, há evidências de que podem criar novas injustiças e vulnerabilidades (SOVACOOOL *et al.*, 2019; SOVACOOOL, 2021; ESCOSTEGUY *et al.*, 2022, no prelo). É por isso que a ideia de transições justas ganha cada vez mais importância, o que aponta para a necessidade de que essas sejam o mais equitativas possíveis, garantindo trabalho decente, inclusão social, erradicação da pobreza e proteção ambiental (ZOGRAFOS e ROBBINS, 2020).

As ciências sociais podem contribuir para uma descarbonização socialmente justa por meio da análise de riscos, inovações tecnológicas, hierarquias sociais e gestão e regulação de sistemas energéticos (STERN *et al.*, 2016). Nesse contexto, o estudo empírico dos papéis dos atores e das redes sociais que determinam as escolhas e a tomada de decisão é particularmente importante. A Análise de Redes Sociais (ARS) é um método potencialmente adequado para essa tarefa, pois fornece um diagnóstico robusto das posições dos atores e suas relações, ajudando a determinar os pontos de alavancagem para transformar os sistemas energéticos, ao mesmo tempo em que permite identificar os atores marginalizados dos processos distributivos e de tomada de decisões. Em combinação com o referencial teórico da justiça energética (MCCAULEY *et al.*, 2019; SOVACOOOL *et al.*, 2019), a ARS pode ser uma ferramenta descritiva e analítica útil para o estudo e gestão dos processos de descarbonização, visando atingir os objetivos envolvidos na ideia de transições justas e sustentáveis.

A perspectiva das redes sociais agrupa teorias, modelos e aplicações expressas em conceitos ou processos relacionais (WASSERMAN; FAUST, 1994). A ARS, em particular, é uma metodologia quali-quantitativa baseada no conceito de rede social e utilizada para analisar diferentes tipos de interações entre atores ou agentes (SCOTT, 1988). Consiste na análise de sistemas de relações sociais representados por meio de redes (CARRINGTON; SCOTT, 2011). Por meio de métodos formais, fornece um modelo útil da estrutura social, partindo da premissa de que a vida social é produzida, em parte, através das relações sociais e dos padrões por elas criados (MARIN; WELLMAN, 2011). A ARS utiliza dados relacionais, ou seja, informações sobre os contatos, vínculos, conexões, atribuições a grupos e encontros que relacionam um agente a outro, sendo essas relações propriedades dos sistemas de agentes (SCOTT, 2000). Dentre os princípios básicos da ARS (WASSERMAN; FAUST, 1994), pode-se citar que: (1) os atores e suas ações são considerados interdependentes; (2) os vínculos são canais de transferência ou fluxo dos recursos; (3) a estrutura da rede estabelece oportunidades ou limites para a ação individual; e (4) as estruturas são padrões duradouros de relações entre atores.

A gama de aplicações da ARS está em constante crescimento (FREEMAN, 2004; SCOTT; CARRINGTON, 2011) e suas aplicações ambientais e energéticas começaram a surgir, particularmente em torno dos conceitos de governança e “cogestão adaptativa” de recursos naturais, onde os efeitos das redes sociais sobre os papéis e a ação coletiva das partes interessadas (*stakeholders*) são fatores importantes (BODIN; CRONA, 2009; PRELL *et al.*, 2009).

Neste capítulo, será apresentada a proposta metodológica da ARS e discutido o papel dessa metodologia em estudos que visem promover uma transição energética justa, usando como exemplo a rede global de produção de lítio na Argentina. Primeiramente, são apresentadas algumas definições e ferramentas metodológicas. Em seguida, são fornecidos exemplos de diferentes aplicações da ARS em estudos relacionados a mudanças climáticas, governança de recursos naturais e processos de descarbonização. Por fim, discute-se como a ARS pode contribuir para o estudo da produção de lítio na Argentina.

## **Conceitos e ferramentas para análise de dados relacionais por meio da ARS**

### *Representação dos dados relacionais*

A ARS surge da combinação de uma série de métodos que se concentram no estudo de aspectos relacionais da estrutura social e que dependem da disponibilidade de informações relacionais (SCOTT, 2000). Para representar dados relacionais, a ARS utiliza duas ferramentas da matemática: gráficos e matrizes (HANNEMAN; RIDDLE, 2011). Os gráficos que representam as redes sociais são compostos por um conjunto de vértices, também chamados de nós ou atores, e um conjunto de arestas, também chamadas de vínculos ou relações, que conectam pares de vértices (BORGATTI *et al.*, 2018). No caso de relações assimétricas, essas são representadas por setas unidirecionais (arcos), enquanto que para dados simétricos, as relações são representadas apenas por uma linha. A maioria dos gráficos de rede são desenhados em um eixo X-Y, a localização dos nós é arbitrária e pode ser organizada dependendo do que se deseja exibir. Para fornecer informações sobre o tipo de ator representado por cada nó, são utilizadas diferentes cores e/ou tamanhos. Os nós podem ser diferenciados qualitativamente com base em seus atributos (gênero, escala em que atuam) – geralmente representados por cores –, e também quantitativamente com base no cálculo de algumas medidas que descrevem sua posição na rede – mais relações, maior tamanho, por exemplo. As arestas ou relações entre atores também podem ter atributos e também podem ser representados com cores e tamanhos diferentes para expressar o tipo ou força da relação (HANNEMAN; RIDDLE, 2011). Os gráficos são uma forma simples e eficaz de representar redes e, no caso de redes pequenas, podem dar uma ideia geral sobre as características de toda a rede.

Ao analisar redes muito grandes ou quando se busca uma descrição formal das propriedades da rede, é necessário converter as informações relacionais em números. Para isso, as informações podem ser representadas por meio de matrizes de diferentes tipos (HANNEMAN; RIDDLE, 2011). Vetores são matrizes que possuem apenas uma dimensão; na ARS, os vetores são usados para apresentar informações sobre os atributos dos atores. Todos os atores envolvidos na rede geralmente aparecem nas



linhas e os atributos na coluna seguinte. Matrizes quadradas ou de adjacência são matrizes com o mesmo número de linhas e colunas: em ambas aparece uma lista dos mesmos atores. Esse tipo de matriz é usado para descrever conexões entre cada par de atores, sendo a matriz mais utilizada em ARS. Geralmente, é uma matriz binária, onde os números 1 e 0 são usados quando há ou não relação, respectivamente. Essas matrizes podem ser simétricas (se A está ligado ao B, então logicamente B tem que estar ligado ao A) ou assimétricas ou direcionadas (se existe uma relação entre A e B, mas não entre B e A). Nesse caso, e por convenção, a direção de leitura das relações vai das linhas para as colunas: os atores dispostos nas linhas são os que enviam as relações, enquanto que os atores nas colunas as recebem (BORGATTI *et al.*, 2018). As matrizes múltiplas são usadas para representar diferentes tipos de relações. Embora seja recomendado o uso de matrizes separadas para cada tipo de relação, existem duas abordagens (redução e combinação) que permitem unificar vários tipos de relações em uma única matriz (BORGATTI *et al.*, 2018a).

### **Tipos de rede e definição de limites**

Dependendo dos dados disponíveis e do objetivo do estudo, diferentes tipos de redes podem ser desenvolvidos. Há três tipos de rede classificadas de acordo com a natureza e quantidade dos conjuntos de atores envolvidos. As redes de um modo (*one-mode networks*) são aquelas que consideram um único conjunto de atores – todos da mesma natureza (alunos do ensino médio ou organizações) – e suas relações. As redes de dois modos (*two-mode networks*) são compostas por dois conjuntos de atores de natureza diferente (estudantes e organizações, por exemplo) e pelas relações que os conectam. Dentro desse tipo de rede também existem redes de afiliação (*affiliation networks*), em que um conjunto é representado por atores e o outro por eventos, e as relações são estabelecidas apenas entre eventos e diferentes subconjuntos de atores (WASSERMAN; FAUST, 1994).

Paralelamente aos tipos de rede há duas abordagens para estudar uma rede. A abordagem *whole network* analisa a rede como um todo, é uma perspectiva “top down” que nos permite observar e medir aspectos de redes sociais completas e prever algumas de suas dinâmicas (HANNEMAN; RIDDLE, 2011). Dado que para o estudo de alguns problemas ou casos particulares pode ser importante focar em atores individuais e suas conexões, surge a abordagem *ego-networks*, uma perspectiva “bottom up”. As *ego-networks* compreendem um conjunto de nós conectados a um nó principal, chamado “ego”, e todas as relações que existem entre eles (HANNEMAN; RIDDLE, 2005). Essa abordagem é útil para comparar estruturas em torno de diferentes egos e para analisar como determinados atores sociais se encaixam em uma rede de relações.

Juntamente com a definição do tipo de rede e a abordagem para analisá-la, é importante estabelecer os limites da rede a ser estudada. Traçar os limites de uma rede que não parece ser naturalmente demarcada é um problema recorrente. Diante disso,

duas estratégias têm sido propostas: a realista e a nominalista. A estratégia realista propõe tomar o ponto de vista dos atores envolvidos; uma rede é um fato social desde que seja conscientemente vivenciada como tal pelos atores que a compõem; enquanto que na estratégia nominalista a rede parte dos propósitos do pesquisador, o limite é estabelecido de acordo com o referencial do observador (e não dos participantes) (EMIRBAYER, 1997). De acordo com essa segunda estratégia, quando grupos naturalmente definidos não estão sendo estudados, os limites da rede são estabelecidos a partir da pergunta da pesquisa (BORGATTI *et al.*, 2018a).

### *Obtenção de dados relacionais*

A seleção do método a ser utilizado para obter informações relacionais também pode implicar em alguns problemas na medida em que as relações sociais são produzidas a partir das definições geradas pelos membros do grupo sobre determinada situação ou contexto (SCOTT, 2000). A seleção do instrumento de coleta dependerá, em última instância, das características do grupo, da rede que está sendo analisada, dos tipos de relações a serem estudadas, da pergunta da pesquisa (BORGATTI *et al.*, 2018) e, se houver, das informações já disponíveis. Entre as técnicas mais utilizadas para a coleta de dados estão os questionários ou pesquisas, entrevistas, observação e trabalho em arquivo (WASSERMAN; FAUST, 1994).

Os questionários são um dos instrumentos mais comuns, principalmente quando os atores analisados são pessoas. Geralmente incluem perguntas sobre as relações que o entrevistado tem com outros atores e são muito úteis para obter informações sobre toda a rede. Diferentes técnicas podem ser usadas para perguntar sobre relações. Uma possibilidade é fornecer ao entrevistado uma lista de atores (*roster*) e pedir para que ele informe se possui vínculos com eles. Para construir a lista, o pesquisador deve saber quem são os atores envolvidos na rede antes de começar a coletar as informações. Outra opção é a utilização da técnica de *free recall*, na qual o entrevistado é solicitado a mencionar diretamente os atores com os quais se relaciona em função de alguma relação em particular. Dessa forma, são os entrevistados que fornecem uma lista de nomes. Embora as listas de atores sirvam para simplificar o questionário e evitar que os informantes esqueçam de citar alguns atores, elas têm como desvantagem a necessidade de delimitar e conhecer a rede com antecedência e, se a rede for muito grande, a pesquisa pode ser muito extensa e cansativa para os participantes (BORGATTI *et al.*, 2018a).

Por sua vez, os métodos de recordação (*recall methods*) são úteis para investigar pequenas redes ou *ego-networks*, mas é necessário que os entrevistados recordem e preencham todas as relações do questionário e que o pesquisador assegure que coincidam os atores que podem ser mencionados com nomes diferentes (MARSDEN, 2011). Ao usar os *recall methods*, pode-se fazer uma pergunta muito ampla, por meio da qual o entrevistado menciona o número de atores que ele lembra ou considera conveniente, ou pode ser solicitado que ele liste um certo número de atores. É muito comum nesse

método utilizar a técnica de bola de neve (*snowball*), através da qual os informantes são selecionados à medida que são mencionados por um ou mais *egos*. Quando a intensidade ou força da relação é necessária, os entrevistados podem ser solicitados a classificar, priorizar ou atribuir um valor à relação (BORGATTI *et al.*, 2018a).

As entrevistas também podem servir para a coleta de informações relacionais. As entrevistas em profundidade ou semiestruturadas são utilizadas quando não é possível realizar uma pesquisa e, como essa última, podem ser realizadas presencialmente ou remotamente. Borgatti *et al.* (2018a) afirmam que a realização de um trabalho etnográfico prévio à coleta de informações é importante para explorar os tipos de relações existentes e os termos apropriados para a elaboração dos questionários. Também propõem que, uma vez formulados, devem ser testados para garantir que aqueles que irão responder entendam claramente o significado da pergunta. Para esses autores, o trabalho etnográfico também é útil no final do estudo para testar os resultados e verificar se eles são válidos do ponto de vista dos atores envolvidos. Essa prática de realizar a etnografia no início e no final do trabalho é definida pelos autores como sanduíche etnográfico. A observação é outra forma de obter dados relacionais e é muito eficaz para coletar informações sobre pequenos grupos que têm interações frequentes face a face, ou quando os atores envolvidos não podem responder a questionários ou entrevistas (WASSERMAN; FAUST, 1994).

Fontes históricas e trabalhos de arquivo têm sido utilizados para o estudo das redes sociais. As fontes selecionadas para coletar os dados devem conter informações relacionais que possam ser convertidas em redes (BORGATTI *et al.*, 2018a). Algumas dessas fontes são inerentemente relacionais (arquivos de casamento ou registros de transações), enquanto que em outros casos as interações podem ser identificadas a partir de fontes menos estruturadas, codificando narrativas ou registros escritos para encontrar nomes de diferentes atores, eventos e locais. Uma vantagem das fontes históricas é sua natureza longitudinal que permite que as redes sejam estudadas ao longo do tempo. Semelhante ao uso de fontes históricas, fontes online também podem ser usadas. Muitos trabalhos usam fontes secundárias, como artigos publicados em jornais, artigos científicos ou estatísticas para construir a rede. Nesses casos, ferramentas como a codificação são muito valiosas para organizar dados que, a princípio, não estão dispostos de forma relacional.

### *Conceitos e medidas para analisar redes sociais*

A ARS fornece uma série de ferramentas, conceitos e medidas (ou cálculos) que permitem analisar quantitativamente a estrutura da rede, a posição dos atores, a existência de subgrupos e a intensidade das relações, entre outros. Essas ferramentas podem ser aplicadas ao nível de toda a rede, atores ou relações e podem ser complementadas com abordagens qualitativas que ajudem a entender melhor a estrutura.

## Medidas de toda a rede

Para começar a analisar a rede, consideram-se dois conceitos muito simples: tamanho e densidade. O tamanho da rede é medido contando o número de nós presentes: em uma rede há sempre  $k * k^{-1}$  pares ordenados de atores, onde  $k$  é o número de atores. A densidade de uma rede binária é simplesmente a proporção de todas as relações possíveis que estão realmente presentes, ou seja, a soma das relações existentes dividida pelo número de vínculos possíveis. O tamanho e a densidade fornecem uma primeira visão sobre a estrutura da rede; no entanto, o que realmente importa é saber como as relações são estruturadas. Para isso, existem índices que mostram vários aspectos das conexões: acessibilidade, conectividade, distância, reciprocidade, transitividade e *clustering* (HANNEMAN; RIDDLE, 2011).

No que diz respeito à acessibilidade, diz-se que um ator é acessível ou alcançável por outro se houver um conjunto de relações que os conecte, independentemente de existirem outros nós entre o ator de origem e o de destino. Quando os dados são direcionados, é possível que o nó A possa alcançar o B, mas que o nó B não possa acessar A. Quando os dados são simétricos, entretanto, cada par de atores é alcançável entre si, ou não. O conceito de acessibilidade também permite identificar se há divisões ou subpopulações na rede (atores que não podem acessar a outros). A conectividade refere-se aos caminhos que existem para conectar dois atores; esses atores têm alta conectividade se houver diferentes maneiras de o sinal enviado por um deles chegar ao outro. A medida de conectividade de ponto (*point connectivity*) mede o número de nós que devem ser removidos da rede para que um ator fique inacessível para outro e é útil para entender aspectos como dependência e vulnerabilidade na rede. A distância, ou distância geodésica, refere-se à distância do caminho entre dois atores; se dois atores são adjacentes, então a distância entre eles é 1, pois um único passo é necessário para que um sinal (informação, recursos etc.) passe de um para o outro. Para dados binários, a distância geodésica é o número de relações no caminho mais curto possível para um ator alcançar outro.

Quando a informação direcionada é analisada, também é possível abordar a reciprocidade das relações. As menores estruturas sociais existentes em uma rede são conhecidas como díades: as relações entre dois atores. Existem três tipos de díades: nula (quando não há relação), em uma direção ou em ambas as direções. Até que ponto uma rede é caracterizada por relações recíprocas ou díades ajuda a entender o grau de coesão da rede. Focando nas díades, pode-se obter uma taxa de reciprocidade investigando a proporção de pares de atores que mantêm relações recíprocas entre si. Por outro lado, se o foco estiver nas relações, é possível descobrir qual porcentagem de todos os vínculos possíveis fazem parte de estruturas recíprocas e qual porcentagem do número total de vínculos reais participa das relações recíprocas. Costuma-se supor que as redes que têm predominância de relações nulas ou recíprocas são mais estáveis do

que aquelas que têm muitas conexões assimétricas, uma vez que relações hierárquicas podem aparecer nessas últimas. Quando são consideradas as tríades, ou seja, trios de atores, pode-se analisar a transitividade: uma tríade é transitiva quando se espera que A esteja relacionado com B, e B esteja relacionado com C, então, A está relacionado com C. Na ARS muitas vezes se deduz que as redes que têm muita transitividade tendem a ter uma estrutura grumosa, contendo nós de nós que estão todos inter-relacionados (BORGATTI *et al.*, 2018a).

Normalmente, em redes muito grandes, há uma proporção significativa de todas as relações altamente agrupadas (*clustered*) em grupos menores. Para calcular o grau em que uma rede não direcionada possui áreas de alta e baixa densidade, pode-se usar o chamado coeficiente de agrupamento (*clustering coefficient*). Essa medida calcula primeiramente o coeficiente de agrupamento individual, a densidade de vínculos na rede ego de cada nó (ou seja, a densidade de vínculos entre os nós conectados a um determinado nó) e, em seguida, calcula a média desse valor em todos os nós para obter o coeficiente de agrupamento geral. Para calcular esse coeficiente, também pode ser usada uma medida ponderada (*weighted overall clustering coefficient*) (BORGATTI *et al.*, 2018a). Considerando toda a rede, é possível analisar as conexões que existem entre os grupos e se existem subpopulações definidas por atributos compartilhados ou contextos semelhantes. Existem medidas como densidade de blocos – para investigar os padrões de interação dentro de blocos e entre blocos de nós do mesmo tipo – e conceitos como clique, clã, plex, componente, facção para analisar como as redes são estruturadas com base em grupos [uma discussão completa sobre essas ferramentas pode ser encontrada em Hanneman e Riddle (2011)].

### *Medidas para nós ou atores*

Uma das ferramentas mais utilizadas para análise em nível de ator é a centralidade, propriedade referente à posição dos nós em uma rede que, mais do que uma única medida, é uma família de conceitos (BORGATTI *et al.*, 2018a). A centralidade pode ser definida em primeira instância como a importância estrutural de um nó para a rede. No entanto, existem diferentes maneiras pelas quais um nó pode ser importante: porque recebe de forma mais rápida a informação que circula, porque pode difundir a informação rapidamente ou porque garante que a informação chegue aos atores que de outra forma ficariam sem comunicação etc. Essas diferentes formas de importância deram origem a diferentes medidas de centralidade e a diferentes abordagens ou procedimentos para calculá-las.

Alguns autores sugerem que existe uma relação entre centralidade e poder (HANNEMAN; RIDDLE, 2011). O poder pode ser considerado como uma propriedade fundamental das estruturas sociais. Embora não haja muito consenso sobre como defini-lo, um pressuposto comum da abordagem de rede social é que o poder é relacional (BORGATTI *et al.*, 2018a), ou seja, é o resultado de diferentes padrões

de interação. Nesse caso, os atores que são mais centrais em uma rede podem ser mais influentes e poderosos. Vários trabalhos adaptaram diferentes medidas de centralidade para analisar o poder, porém, até que ponto a centralidade é um indicador de poder ainda é uma questão de debate. De qualquer forma, a centralidade é fundamental para contribuir com o estudo de como os atores participam de uma rede e como isso leva a limites ou oportunidades para cada um deles. É comum supor que aqueles atores com menos limitações e mais oportunidades estão em posições mais favoráveis. A centralidade é a abordagem mais comum para entender as causas ou fontes das vantagens e desvantagens de um ator. Aqui mencionaremos apenas as medidas de centralidade que aparecem com mais frequência na literatura.

A *degree centrality* é uma das medidas mais simples de centralidade, pois calcula o número de relações que um ator possui. Em uma rede direcionada, é possível distinguir entre centralidade *in-degree* e *out-degree*, levando em consideração o número de relações que um ator recebe e o número de relações que ele envia, respectivamente. Dessas medidas podem derivar algumas ideias sobre prestígio e influência: um ator que recebe muitas relações pode ser definido como prestigioso e aquele que envia muitas relações pode ser considerado influente. Um dos problemas dessa ferramenta é que ela considera todos os contatos de um ator como equivalentes ou similares. Nos casos em que é útil analisar as conexões de um ator com outros atores bem conectados, utiliza-se a medida *eigenvector centrality*. Essa calcula a centralidade de um ator em relação à soma das centralidades dos atores com os quais ele se conecta, primeiro são contados os vínculos dos atores e depois contados novamente, ponderando cada contato pelo seu grau de centralidade (BORGATTI; BRASS, 2014). Se a rede que estamos analisando for direcionada, há uma variação para analisar essa medida, conhecida como centralidade *beta*, a qual é descrita em detalhes em Bonacich e Lloyd (2001) e Borgatti *et al.* (2018a).

Outra desvantagem da *degree centrality* é que ela leva em conta apenas as relações imediatas de um ator (HANNEMAN; RIDDLE, 2011). Quando também é necessário conhecer a centralidade a partir das conexões indiretas com todos os atores da rede, outra medida é aplicada, a centralidade de proximidade (*closeness centrality*). Esse cálculo se refere à propriedade de estar a uma curta distância de todos os outros nós da rede. Por “distância” entendemos aqui o número de nós ou atores que existem no caminho mais curto entre dois nós. Em sua forma mais simples, a centralidade de proximidade soma as distâncias de um nó a todos os outros (BORGATTI; BRASS, 2014). Outra medida que examina os caminhos mais curtos é a centralidade de intermediação (*betweenness centrality*), a contagem do número de vezes que um determinado nó é encontrado no caminho mais curto entre dois outros nós (FREEMAN, 1979). Assim, essa medida de um ator sobre os melhores caminhos entre outros pares de nós atinge seu valor máximo quando o nó analisado está ao longo de cada caminho mais curto entre cada par de nós. Por esse motivo,

essa medida pode ser interpretada como o potencial de controle que um nó possui sobre os fluxos da rede.

### *Medidas para as relações*

No nível de relação, há também algumas ferramentas que servem para se ter uma ideia geral sobre os vínculos que estruturam a rede. Um dos parâmetros que geralmente é levado em consideração é a intensidade da relação. Essa ferramenta é principalmente uma propriedade visual, pois não pode ser quantificada. Alguns autores propõem que possa ser analisada a partir de uma análise qualitativa, em que seis dimensões podem ser consideradas: alcance, frequência, duração, controle, confiança e investimento no entendimento mútuo (NOOTEBOOM; GILSING, [2004](#)).

### *Softwares utilizados*

Geralmente, alguns softwares são usados para trabalhar com dados relacionais. Como os programas que existem para esse fim são muitos, aqui descreveremos apenas os três mais utilizados: UCINET, Pajek e Gephi [para uma revisão mais completa ver Huisman e van Dujin ([2011](#))].

UCINET 6 é um pacote completo para a análise de dados de redes sociais. Usado principalmente em ciências sociais para analisar dados sociométricos, permite trabalhar com redes muito grandes e contém um número significativo de métodos para sua análise. Dentre eles, podemos citar diversas rotinas analíticas usadas para a detecção de subgrupos, calcular diferentes medidas de centralidade, trabalhar com *ego-networks* e para a análise de *clusters*, equivalência e modelos centro-periferia (HUISMAN; VAN DUJIN, [2011](#)). O UCINET aceita um grande número de dados e formatos de arquivo, facilitando seu carregamento e exportação de dados (BORGATTI *et al.*, [2018b](#)). O programa é instalado juntamente com o NetDraw, um programa complementar para visualização de rede. O NetDraw possui propriedades avançadas para o desenvolvimento de gráficos e permite atribuir características a nós e linhas, baseando-se em elementos como cor, tamanho e forma dos símbolos usados para representar nós e linhas (BORGATTI *et al.*, [2018b](#)).

O Pajek é um pacote de software Windows disponível gratuitamente que permite a análise e visualização de redes sociais muito grandes (BATAGELJ; MRVAR, [2010](#)). Algumas de suas principais vantagens incluem a capacidade de reduzir redes com um grande número de atores em redes menores que podem ser analisadas por métodos mais sofisticados, a presença de ferramentas de visualização muito poderosas (visualizações 2D e 3D) e a possibilidade de aplicar uma seleção de algoritmos de rede muito eficientes (HUISMAN; VAN DUJIN, [2011](#)). De acordo com seus desenvolvedores (BATAGELJ; MRVAR, [2010](#)), Pajek é essencialmente uma coleção de procedimentos baseados em seis tipos de dados: rede, partição, *cluster*, vetor, permutação e hierarquia.

Apesar de não possuir rotinas para realizar análises estatísticas, existe a opção de baixar o R ou SPSS a partir do Pajek. Informações mais detalhadas sobre o programa podem ser encontradas em Mrvar e Batagelj (2016) e no curso *Exploratory Social Network Analysis With Pajek* (NOOY *et al.*, 2018).

O Gephi é um *software* gratuito para Windows, Linux e Mac OS X que fornece ferramentas interativas de exploração e visualização de rede. Ele permite que analistas de dados relacionais revelem intuitivamente padrões e tendências nas redes analisadas, combinando diferentes funções para explorar, analisar, espacializar, filtrar, agrupar, manipular e exportar todos os tipos de gráficos. Esse programa permite trabalhar com redes muito grandes (cerca de 20.000 nós) e exibir gráficos muito amplos em tempo real.

## **Possíveis contribuições da ARS para o estudo dos processos de descarbonização e produção de lítio na Argentina**

Nos últimos anos, houve um aumento no número de pesquisas com ARS para estudar questões relacionadas a mudanças climáticas, governança de recursos naturais e processos de descarbonização. Saber como esses estudos aplicam a abordagem de rede social é fundamental para explorar como a ARS pode ser usada em pesquisas futuras. Esta seção apresenta alguns exemplos de publicações sobre o tema que foram selecionadas a partir da busca de artigos científicos no buscador *Science Direct*. Como resultado da busca, foram obtidos 81 artigos.

Considerando-se as ferramentas e medidas detalhadas na seção anterior, o [Quadro 1](#) apresenta alguns dos resultados da busca, selecionados e classificados de acordo com os tópicos, método de coleta de informações, medidas calculadas e software utilizado. Em geral, há uma produção considerável de estudos que utilizam a ARS aplicando diferentes abordagens teóricas e, muito frequentemente, em combinação com outros métodos. Há uma tendência de coletar dados relacionais de bancos de dados online e calcular medidas de centralidade. Essa última pode estar relacionada com a ideia de que os atores mais centrais são os mais influentes, por isso devem ser considerados na análise da gestão das transições. Vale ressaltar que muitos dos estudos sistematizados propõem uma série de recomendações ou sugestões para melhorar e tornar as transições mais efetivas.



**Quadro 1 - Artigos selecionados, ordenados por tema, método de coleta de dados, medidas e software utilizado**

<b>TEMAS</b>	Inovação tecnológica		Aaldering <i>et al.</i> (2019); de Paulo <i>et al.</i> (2020); Li <i>et al.</i> (2018); Minas <i>et al.</i> (2020); Scherrer <i>et al.</i> (2020)
	Governança ambiental		DiGregorio <i>et al.</i> (2019); Kratzer (2018); Pisani <i>et al.</i> (2020)
	Mitigação das mudanças climáticas		Ortega Díaz e Gutiérrez (2018); Williams <i>et al.</i> (2015); Yla-Anttila <i>et al.</i> (2018).
	Transição energética		Buth <i>et al.</i> (2019); Danzi <i>et al.</i> (2019); Falcone <i>et al.</i> (2018); Hacking e Flynn (2016); Kharanagh <i>et al.</i> (2019)
	Conflito		Whishart (2019)
<b>COLETA DE DADOS</b>	Bancos de dados online		Aaldering <i>et al.</i> (2019); de Paulo <i>et al.</i> (2020); Li <i>et al.</i> (2018); Williams <i>et al.</i> (2015)
	Pesquisas e questionários		Sun <i>et al.</i> (2015)
	Entrevistas		Kratzer <i>et al.</i> (2018)
	Fontes secundárias		Wishart (2019)
	Métodos mistos	Dados secundários + entrevistas ou pesquisas	Daher <i>et al.</i> (2020); Di Gregorio <i>et al.</i> (2019); Falcone <i>et al.</i> (2018); Hacking e Flynn (2016); Ortega Díaz e Gutiérrez (2018); Scherrer <i>et al.</i> (2020); Yla-Antilla <i>et al.</i> (2018)
		Entrevistas ou pesquisas + desenho de rede	Buth <i>et al.</i> (2019); Minas <i>et al.</i> (2020)
Bancos de dados + entrevistas ou pesquisas		Danzi <i>et al.</i> (2019); Mander <i>et al.</i> (2017)	
<b>MEDIDAS</b>	Centralidade		Aaldering <i>et al.</i> (2019); Danzi <i>et al.</i> (2019); Falcone <i>et al.</i> (2018); Hacking e Flynn (2016); Scherrer <i>et al.</i> (2020); Sun <i>et al.</i> (2015)
	Medidas de rede (forma, densidade, hierarquia, afinidade) + centralidade		Di Gregorio <i>et al.</i> (2019); Mander <i>et al.</i> (2017); Minas <i>et al.</i> (2020)
	Modelo de bloco, modularidade e <i>clustering</i> (sempre combinadas com outros cálculos)		de Paulo <i>et al.</i> (2020); Li <i>et al.</i> (2018); Pisani <i>et al.</i> (2020); Wishart (2019)
	Nível de rede + nível de nó + nível de ator		Buth <i>et al.</i> (2019); Daher <i>et al.</i> (2020)

<b>SOFTWARE</b>	UCINET	Daher <i>et al.</i> (2020); Falcone <i>et al.</i> (2018); Hacking e Flynn, 2016; Mander <i>et al.</i> (2017); Pisani <i>et al.</i> (2020); Wishart (2019)
	Gephi	Aaldering <i>et al.</i> (2019); de Paulo <i>et al.</i> (2020); Kratzer (2018); Li <i>et al.</i> (2018); Minas <i>et al.</i> (2020); Pisani <i>et al.</i> (2020); Williams <i>et al.</i> (2015); Wishart (2019)
	Pajek	Di Gregorio <i>et al.</i> (2019)

\* Referências bibliográficas ver anexo.

Fonte: De autoria própria.

No momento da redação deste capítulo, os autores fizeram progressos na aplicação da ARS em combinação com a estrutura de justiça energética para o estudo da ecologia política da rede de produção de lítio na Argentina. O lítio tornou-se um elemento chave para os processos de descarbonização devido à sua capacidade de armazenar energia de fontes renováveis e pela sua utilização em veículos elétricos. O objetivo geral da pesquisa foi analisar como o poder e os impactos socioambientais se distribuem nessa rede produtiva.

Na primeira fase deste estudo foram descritas e analisadas as injustiças produzidas pela extração de lítio na Puna argentina (ESCOSTEGUY *et al.*, 2022, no prelo). Na segunda fase, os atores ligados à rede de produção de lítio foram identificados por meio de documentação secundária (relatórios de empresas e do governo, artigos jornalísticos e artigos acadêmicos) e registros de campo. Os atores selecionados incluíram 44 comunidades locais, 12 instituições municipais, 24 instituições estaduais, 13 instituições nacionais e 20 empresas. Uma vez identificados os atores, foi feito um diagrama que incluiu todos os atores da rede, o qual serviu para elaborar algumas hipóteses sobre as possíveis relações entre os atores e a natureza dessas relações. Assim, esse diagrama serviu para situar os atores na escala em que atuam e para desenhar um instrumento relacional de coleta de dados.

Em uma terceira fase, então, foi desenvolvido um questionário para investigar as relações entre os atores. Entre os eixos abordados pelo questionário estão a influência percebida, as relações entre os atores, a avaliação das relações, as percepções sobre a produção de lítio e os fatores que podem afetar sua participação na rede de produção (Quadro 2). Uma lista completa de todos os atores identificados foi incluída no questionário para facilitar a resposta dos entrevistados.

## Quadro 2 - Principais eixos e questões do questionário

Influência percebida	Quanta influência você acha que tem na tomada de decisões sobre a produção de lítio?
Relação entre atores	Conheceu ou contactou alguma das seguintes instituições? Em caso afirmativo, indique (a) a frequência das reuniões ou contatos, (b) se a troca de informações foi possível e (c) se o relacionamento permitiu a colaboração na tomada de decisões.
Valor das relações	Com quais atores você acha que a interação foi mais e menos eficiente?
Percepções sobre o lítio	Você acha que a produção de lítio vai gerar desenvolvimento local? Nesse caso, como você imagina esse desenvolvimento?
Fatores que podem afetar negativamente	Quais desses fatores podem afetar sua organização? (a) falta de informação, (b) quadro jurídico incompleto, (c) situação econômica nacional, (d) impactos ambientais, (e) impactos sociais, (f) conflitos, (g) outros.

Fonte: De autoria própria.

O principal objetivo da ARS é descrever a rede de produção de lítio, ou seja, apontar a posição dos atores envolvidos, como eles se relacionam entre si e quais perspectivas eles têm sobre a produção de lítio. Algumas medidas de toda a rede e de centralidade serão fundamentais como ponto de partida para estudar a ecologia política do lítio na Argentina. Com essa análise quantitativa das relações, tentar-se-á gerar algumas questões de pesquisa que visem investigar o significado que os atores atribuem a essas relações.

Dessa forma, numa quarta fase, será fundamental combinar a ARS com outras metodologias como a etnografia. Isso permitirá compreender as implicações da distribuição dos atores pela rede e como as injustiças e assimetrias de poder são configuradas, percebidas e resistidas dentro da rede de produção de lítio. Espera-se também poder fornecer recomendações normativas que contribuam para o desenvolvimento de políticas públicas, para a incorporação das comunidades locais nas tomadas de decisão e para uma melhor gestão do recurso.

## Conclusão

Neste capítulo, foi apresentado o método da ARS, comentando sua origem e suas aplicações mais frequentes. Também foi desenvolvida uma apresentação resumida dos conceitos e ferramentas utilizadas pela ARS para analisar a estrutura social. Muitos desses conceitos são usados para abordar as redes de relações que apoiam, promovem ou restringem os processos de descarbonização. Após uma revisão de cerca de 81 artigos científicos, sistematizaram-se as informações mais relevantes, apresentando

alguns exemplos úteis para futuras pesquisas sobre o tema. Por fim, explorou-se a maneira pela qual a ARS pode ser aplicada no caso da produção de lítio na Argentina.

O crescente número de estudos de redes sociais ligados às transições sustentáveis reflete o reconhecimento do potencial de considerar não apenas seus aspectos técnicos, mas também aqueles ligados ao poder social, à economia, à cultura e aos discursos. Há o reconhecimento da utilidade das ciências sociais, juntamente com as ciências biofísicas e as engenharias, para lidar com os problemas práticos que emergem nos processos de transição e nas políticas públicas voltadas para governar os sistemas energéticos e reduzir os impactos das mudanças climáticas. As relações entre os *stakeholders* e as redes que afetam positiva ou negativamente os processos de governança e gestão dos recursos naturais e sistemas energéticos são apresentadas como focos-chave de pesquisa. Consequentemente, as potencialidades descritivas e analíticas das redes sociais, ligadas à perspectiva do cenário da justiça energética, surgem como ferramentas teóricas e metodológicas particularmente relevantes para o estudo e gestão dos processos de descarbonização e dos objetivos englobados na ideia de transições justas e sustentáveis.

## Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem pelo apoio das seguintes instituições: Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Técnica (CONICET) da Argentina, Universidade Nacional de Salta (UNSa), Departamento de Geografia da Universidade do Texas A&M, Rede Suíça de Estudos Internacionais (SNIS) (Projeto “LÍTIO”), CAPES-PVE/BRASIL Proc. 88881.068108/2014-01 (Projeto “Impactos da Energia Eólica no Litoral do Nordeste”) e PRONEM FUNCAP/CNPq Proc. PNE 0112-00068.01.00/16 (Projeto “Análise socioambiental da implantação de parques eólicos no Nordeste: perspectivas para a sustentabilidade da geração de energia renovável no Brasil”). Também agradecemos às comunidades locais que nos acolheram e, em particular, àqueles que nos cederam seu tempo e conversaram conosco.

## Referências

- BODIN, Ö.; CRONA, B. I. The role of social networks in natural resource governance: What relational patterns make a difference? **Global Environmental Change**, v. 19, n. 3, p. 366-374, 2009.
- BONACICH, P.; LLOYD, P. Eigenvector-like measures of centrality for asymmetric relations. **Social Networks**, n. 23, p. 191-201, 2001.
- BORGATI, S. P.; EVERETT, M. G.; JOHNSON J. C. **Analysing Social Networks**. SAGE Publications Ltd., 2018a.
- BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; FREEMAN L. C. UCINET. *In*: ALHAJJ, R.; ROKNE, J., **Encyclopedia of Social Network Analysis and Mining**, p. 3243-3249. Nueva York: Springer, 2018b.

- BORGATTI, S. P.; BRASS, D. Centrality: Concepts and Measures. *In*: Borgatti, S. P.; Brass D. (ed.), **Social Networks at Work**, 2020. p. 9-22.
- CARRINGTON, P. J.; SCOTT, J. Introduction. *In*: SCOTT, J.; CARRINGTON, P. J., **The SAGE Handbook of Social Network Analysis**, Londres: SAGE Publications Ltd. 2011. p. 1-8.
- DE NOOY, W.; MRVAR, A. Y.; BATAGELJ, V. **Exploratory Social Network Analysis with Pajek**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.
- EMIRBAYER, M. Manifesto for a relational sociology. **American Journal of Sociology**, v. 103, n. 2, p. 281-317, 1997.
- ESCOSTEGUY, M.; DÍAZ PAZ, W. F.; IRIBARNEGARAY, M. A.; CLAVIJO, A.; ORTEGA INSAURALDE, C.; STERN, H.; VENENCIA, C. D.; BRANNSTROM, C.; HUFTY, M.; SEGHEZZO, L. Will electro-mobility encourage injustices? The case of lithium production in the Argentine Puna. *In*: NADESAN, M. H.; PASQUALETTI, M. J.; KEAHEY, J. (ed.). **Democratizing energy: imaginaries, transitions, risks**. Arizona State University, 2022. No prelo.
- FREEMAN, L. C. Centrality in social networks: Conceptual clarification. **Social Networks**, v. 1, n. 3 p. 215-239, 1979.
- FREEMAN, L. C. **The development of Social Network Analysis**. A study in the sociology of science. Vancouver: Empirical Press, 2004.
- FREEMAN, L. C. The development of Social Network Analysis- with an emphasis on recent events. *In*: SCOTT, J.; CARRINGTON, P. J. **The SAGE Handbook of Social Network Analysis**. Londres: SAGE Publications Ltd., 2011. p. 26-39.
- GIELEN, D.; BOSHELL, F.; SAYGIN, D.; BAZILIAN, M. D.; WAGNER, N.; GORINI, R. The role of renewable energy in the global energy transformation. **Energy Strategy Reviews**, v. 24, p. 38-50, 2019.
- HANNEMAN, R.; RIDDLE, M., **Introduction to Social Network Methods**. Riverside: University of California, 2005. Disponível em: <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext/>. Acesso em: 15 fev. 2021.
- HANNEMAN, R.; RIDDLE, M. A brief introduction to analyzing social network data. *In*: SCOTT, J.; CARRINGTON P. J. **The SAGE Handbook of Social Network Analysis**. Londres: SAGE Publications Ltd. 2011. p. 331-339.
- HUISMAN, M.; VAN DUIJN, M. A. J. A Reader's Guide to SNA Software. *In*: SCOTT, J.; CARRINGTON P. J., **The SAGE Handbook of Social Network Analysis**. Londres: SAGE Publications Ltd. 2011. p. 578-600
- MARSDEN, P. V. Survey Methods for Network Data. *In*: SCOTT, J.; CARRINGTON P. J., **The SAGE Handbook of Social Network Analysis**. 371-388. Londres: SAGE Publications Ltd, 2011.
- MCCAULEY, D.; RAMASAR, V.; HEFFRON, R. J.; SOVACOO, B. K.; MEBRATU, D.; MUNDACA, L. Energy justice in the transition to low carbon energy systems: Exploring key themes in interdisciplinary research. **Applied Energy**, v. 233, p. 916-921, 2019.
- MRVAR, A.; BATAGELJ, V. Analysis and visualization of large networks with program package Pajek. **Complex Adapt Systems Modeling**, v. 4, p. 6, 2016.
- NOOTEBOOM, B.; GILSING, V. Density and strength of ties in innovation networks: a competence and governance view. **ERIM Report series Research in management**, 2004.

- PRELL, C.; HUBACEK, K.; REED, M. Stakeholder Analysis and Social Network Analysis in Natural Resource Management. **Society & Natural Resources**, v. 22, n. 6, p. 501-518, 2009.
- SCOTT, J. Social Network Analysis. **Sociology**, v. 22, n. 1, p. 109-127, 1988.
- SCOTT, J. Software Review: A Toolkit for Social Network Analysis. **Acta Sociologica**, v. 39, n. 2, p. 211-216, 1996.
- SCOTT, J. Social Network Analysis. **A Handbook**. Londres: SAGE Publications Ltd, 2000.
- SOVACOOOL, B. K. Who are the victims of low-carbon transitions? Towards a political ecology of climate change mitigation. **Energy Research & Social Science**, v. 73, p.101916, 2021.
- SOVACOOOL, B. K.; BURKE, M.; BAKER, L.; KUMAR KOTIKALAPUDI, C.; WLOKAS, H. New frontiers and conceptual frameworks for energy justice. **Energy Policy**, v. 105, p. 677-691, 2017.
- SOVACOOOL, B. K.; MARTISKAINEN, M.; HOOK, A.; BAKER, L. Decarbonization and its discontents: A critical energy justice perspective on four low-carbon transitions. **Climatic Change**, v. 155, n. 4, p. 581-619, 2019.
- SOVACOOOL, B. K.; RYAN, S. E.; STERN, P. C.; JANDA, K.; ROCHLIN, G.; SPRENG, D.; PASQUALETTI, M. J.; WILHITE, H.; LUTZENHISER, L. Integrating social science in energy research. **Energy Research & Social Science**, v. 6, p. 95-99, 2015.
- STERN, P. C.; SOVACOOOL, B.K.; DIETZ, T. Towards a science of climate and energy choices. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 6, p. 547-555, 2016.
- WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social Network Analysis**. Methods and applications. Nueva York: Cambridge University Press, 1994.
- WELLMAN, B.; MARIN, A. Social Network Analysis: An introduction. *In*: SCOTT, J.; CARRINGTON P. J., **The SAGE Handbook of Social Network Analysis**. Londres: SAGE Publications Ltd, 2011. p. 11-25.
- ZOGRAFOS, C.; ROBBINS, P. Green Sacrifice Zones, or Why a Green New Deal Cannot Ignore the Cost Shifts of Just Transitions. **One Earth**, v. 3, n. 5, p. 543-546, 2020.

## Referências de softwares

- Gephi: BASTIAN, M.; HEYMANN, S.; JACOMY, M. Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks. **Third International AAAI Conference on Weblogs and Social Media**. v. 3, n. 1, 2009.
- NetDraw: BORGATTI, S. P. **NetDraw: Graph Visualization Software**. Harvard: Analytic Technologies, 2002.
- Pajek: BATAGELJ, V.; MRVAR, A. **Pajek - Package for Large Networks**. Ljubljana: University of Ljubljana, 2010.
- UCINET: BORGATTI, S. P.; EVERETT, M. G.; FREEMAN, L. C. **Ucinet for Windows**: Software for Social Network Analysis. Harvard, MA: Analytic Technologies, 2002.

## Anexo: Referências - Quadro 1

- AALDERING, L. J., LEKER, J.; SONG, C. H. Analysis of technological knowledge stock and prediction of its future development potential: The case of lithium-ion batteries. **Journal of Cleaner Production**, v. 223, p. 301-311, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.174>

- BUTH, M. C.; WIECZOREK, A. J.; VERBONG, G. P. J. The promise of peer-to-peer trading? The potential impact of blockchain on the actor configuration in the Dutch electricity system. **Energy Research & Social Science**, v. 53, p. 194-205, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.02.021>
- DAHER, B.; HANNIBAL, B.; MOHTAR, R. H.; PORTNEY, K. Toward understanding the convergence of researcher and stakeholder perspectives related to water-energy-food (WEF) challenges: The case of San Antonio, Texas. **Environmental Science & Policy**, v. 104, p. 20-35, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.10.020>.
- DANZI, C.; TESTA, G.; STELLA, G.; FOTI, V. T.; TIMPANARO, G. Potential and location of an anaerobic digestion plant using prickly pear biomass in semi-arid Mediterranean environment. **Journal of Cleaner Production**, v. 249, p. 119396, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119396>.
- DE PAULO, A. F.; PORTO, G. S. Evolution of collaborative networks of solar energy applied technologies. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 310-320, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.344>.
- DI GREGORIO, M.; FATORELLI, L.; PAAVOLA, J.; LOCATELLI, B.; PRAMOVA, E.; NURROCHMAT, D. R.; MAY, P. H.; BROCKHAUS, M.; SARI, I. M.; KUSUMADEWI, S. D. Multi-level governance and power in climate change policy networks. **Global Environmental Change**, v. 54, p. 64-77, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.10.003>.
- FALCONE, P. M.; LOPOLITO, A.; SICA, E. The networking dynamics of the Italian biofuel industry in time of crisis: Finding an effective instrument mix for fostering a sustainable energy transition. **Energy Policy**, v. 112, p. 334-348, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.10.036>
- HACKING, N.; FLYNN, A. Networks, power and knowledge in the planning system: A case study of energy from waste. **Progress in Planning**, v. 113, p. 1-37, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.progress.2015.12.001>.
- KHARANAGH, S. G.; BANIHABIB, M. E.; JAVADI, S. An MCDM-based social network analysis of water governance to determine actors' power in water-food-energy nexus. **Journal of Hidrology**, v. 581, p. 124382, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124382>.
- KRATZER, A. Biosphere reserves as model regions for sustainability transitions? Insights into the peripheral mountain area Grosses Walsertal (Austria). **Applied Geography**, v. 90, p. 321-330, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2017.04.003>.
- LI, H. X.; PATEL, D.; AL-HUSSEIN, M.; YU, H.; GÜL, M. Stakeholder studies and the social networks of NetZero energy homes (NZEHS). **Sustainable Cities and Society**, v. 38, p. 9-17, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.12.014>.
- MANDER, S.; CUNNINGHAM, R.; LEVER, L.; GOUGH, C. Comparing Online and Offline Knowledge Networks of Carbon Capture and Storage. **Energy Procedia**, v. 114, p. 7326-7332, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1863>.
- MINAS, A. M.; MANDER, S.; MCLACHLAN, C. How can we engage farmers in bioenergy development? Building a social innovation strategy for rice straw bioenergy in the Philippines and Vietnam. **Energy Research & Social Science**, v. 70, p. 101717, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101717>.
- ORTEGA DÍAZ, A.; GUTIÉRREZ, E. C. Competing actors in the climate change arena in Mexico: A network analysis. **Journal of Environmental Management**, v. 215, p. 239-247, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.056>.

- PISANI, E.; ANDRIOLLO, E.; MASIERO, M.; SECCO, L. Intermediary organisations in collaborative environmental governance: Evidence of the EU-funded LIFE sub-programme for the environment (LIFE-ENV). **Heliyon**, v. 6, n. 7, p. e04251, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04251>.
- SCHERRER, A.; PLÖTZ, P.; VAN LAERHOVEN, F. Power from above? Assessing actor-related barriers to the implementation of trolley truck technology in Germany. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 34, p. 221-236, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.01.005>.
- SUN, H.; ZHANG, Y.; WANG, Y.; LI, L.; SHENG, Y. A social stakeholder support assessment of low-carbon transport policy based on multi-actor multi-criteria analysis: The case of Tianjin. **Transport Policy**, v. 41, p. 103-116, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.01.006>.
- WILLIAMS, H. T. P.; MCMURRAY, J. R.; KURZ, T.; LAMBERT, H. F. Network analysis reveals open forums and echo chambers in social media discussions of climate change. **Global Environmental Change**, v. 32, p. 126-138, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.03.006>.
- WISHART, R. Class capacities and climate politics: Coal and conflict in the United States energy policy-planning network. **Energy Research & Social Science**, v. 48, p. 151-165, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.09.005>.
- YLÄ-ANTTILA, T.; GRONOW, A.; STODDART, M. C. J.; BROADBENT, J.; SCHNEIDER, V.; TINDALL, D. B. Climate change policy networks: Why and how to compare them across countries. **Energy Research & Social Science**, v. 45, p. 258-265, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.06.020>.



## CAPÍTULO 3

# DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL PARTICIPATIVO E CARTOGRAFIA SOCIAL NA AVALIAÇÃO DE IMPACTOS DA ENERGIA EÓLICA

---

Thomaz Xavier<sup>1</sup>

Adryane Gorayeb<sup>1</sup>

Christian Brannstrom<sup>1, 2</sup>

### Resumo

Existem relatos de diferentes impactos socioambientais envolvendo populações que residem próximas a empreendimentos de produção de energia eólica. Nesse sentido, é relevante estabelecer metodologias qualitativas que analisem os impactos sociais e ambientais da implementação de parques eólicos, em nível comunitário, a partir das percepções dos moradores que residem próximos a esses empreendimentos. Aqui demonstramos a possibilidade de atuação do Diagnóstico Socioambiental Participativo (DSAP) por meio do uso da SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças) e de mapas sociais. Dentre os dados que podem ser adquiridos e que já foram registrados em estudos anteriores, destacam-se: áreas com interesse cultural, simbólico e econômico em locais próximos aos parques eólicos; pontos de pesca e áreas agricultáveis; rotas de saídas e retornos das embarcações artesanais, no caso de parques eólicos *offshore*; bloqueios de caminhos utilizados historicamente pelos habitantes, fechamento de acessos a lagoas utilizadas para lazer e pesca, no caso de parques eólicos *onshore*. É nítida a relevância do DSAP para a compreensão dos impactos em nível comunitário e o emprego de metodologias participativas pode colaborar para o estabelecimento de projetos mais alinhados à realidade socioambiental local. Ressalta-se que as informações apresentadas nos mapas sociais e nas matrizes SWOT, assim como nas demais abordagens participativas, exibem limitações que devem ser reconhecidas. Os resultados transmitem a opinião geoespacial de uma parcela da sociedade e, devido a isso, há possibilidade, mesmo que mínima, dos procedimentos adotados providenciarem dados não válidos

---

1 Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil. [thomwillian@gmail.com](mailto:thomwillian@gmail.com)

2 Texas A&M University (TAMU), College Station, Estados Unidos.

e não confiáveis, com o rigor esperado, por se tratar de um fenômeno social, o qual depende de diferentes processos.

**Palavras-chave:** Cartografia social. Justiça. Impactos socioambientais. Matrizes SWOT. Energia eólica.

## Introdução

As abordagens socioambientais voltadas à descarbonização precisam de metodologias participativas para que possamos caminhar para uma descarbonização justa, que não implique em despossessão de comunidades próximas à infraestrutura energética necessária (SOVACOOOL *et al.*, 2021). Porém, no contexto brasileiro, são incipientes os trabalhos que abordam essas metodologias qualitativas no cenário eólico-energético. Dessa forma, este capítulo procura (1) suprir a necessidade de avanços em estudos brasileiros sobre metodologias participativas que destaquem os potenciais impactos socioambientais diretos e indiretos de empreendimentos eólicos, visando a produção de dados para a correta definição da área do projeto; (2) destacar o reconhecimento de quais serão as possíveis interferências no cotidiano de comunidades anfitriãs; e (3) desenvolver metodologias de produção de dados socioambientais, mirando no fornecimento de conhecimento que subsidie o desenvolvimento equitativo do setor eólico brasileiro. Especificamente, demonstramos a possibilidade de atuação do Diagnóstico Socioambiental Participativo (DSAP) por meio do uso da SWOT (Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças) e de mapas sociais. O trabalho aqui proposto procurou aliar o uso da Cartografia Social com matrizes de prioridade como proposta metodológica do DSAP previsto no Termo de Referência (TR) padrão para licenciamento ambiental específico para projetos eólicos marítimos (IBAMA, 2020).

É relevante indicar estratégias de desenvolvimento sustentável da matriz eólica nacional (*onshore* e *offshore*) que podem ser adotadas e que sejam fundamentadas em paradigmas de equidade social. Neste capítulo sugerimos uma abordagem qualitativa de pesquisa através da metodologia proposta (DSAP), como forma de identificar as principais características e necessidades das comunidades anfitriãs dos parques eólicos e incorporar às rotinas de planejamento e operação desses empreendimentos. É importante ressaltar que, na literatura brasileira, bem como internacional, existem poucos trabalhos que abordem essas metodologias na análise de impactos socioambientais de projetos de energia renovável. Citamos como estudo preliminar a publicação do capítulo de Xavier, Gorayeb e Brannstrom (2020), no livro Geografia Marinha: Oceano e Costas na Perspectiva de Geógrafos, e o Capítulo 16 desta obra.

## Diagnóstico Socioambiental Participativo (DSAP)

As pessoas têm o direito de serem envolvidas nas tomadas de decisão de intervenções planejadas que irão afetar suas vidas. O conhecimento e as experiências locais são valiosos, podendo ser usados para melhorar tais intervenções (VANCLAY, 2003;

PUZATCHENKO, [2006](#)). A centralidade do processo deve girar entorno da preocupação com os efeitos no cotidiano daqueles que terão suas atividades comuns modificadas, sendo o próprio conhecimento local o meio para contornar/minimizar as negatividades e, principalmente, potencializar os benefícios (REILLY; O'HAGAN; DALTON, [2016](#)).

Vanclay *et al.* ([2015](#)) reforçam que o uso de abordagens e métodos participativos, além de providenciar melhores entendimentos dos valores, conhecimentos e experiências locais, promovem: (a) oportunidade para validação de dados; (b) ajuda para as comunidades impactadas entenderem a intervenção planejada e suas implicações, auxiliando-as no planejamento das mudanças para se adaptarem mais facilmente e lidarem com os prováveis impactos; (c) possibilidade de subsídios para resolver os conflitos sobre uso dos recursos; (d) auxílio na melhoria do *design* do projeto e ganho de apoio comunitário para os objetivos do projeto e sua implementação (isto é, uma “licença social para operar”), evitando assim a ação de protestos contra o projeto, desgastes psicológicos movidos pelo estresse etc. Entende-se que tal licença não deve ser interpretada como um ato permissivo simplório. Entretanto, com o uso de metodologias adequadas de participação, deve ser compreendida como meio para promover a real inclusão dos moradores locais, o que pressupõe firmar acordos, quando possível, no suporte aos anseios das comunidades. Está incluso, nesse contexto, a abertura de espaços para diálogos durante todo o processo. Além disso, os procedimentos participativos não devem ser entendidos como meio completo para solucionar todas as problemáticas associadas, mas, como “processo diferenciado de relacionamento humano, (...) de construção participada de conhecimento entre agentes externos e grupos sociais impactados por um empreendimento” (GOMES, [2001](#), p. 67).

Por isso, entende-se que diagnósticos participativos podem ser mais fortemente aproveitados para que promovam um robusto reconhecimento da realidade local. As ferramentas participativas tornam-se, então, meios pelos quais as populações potencialmente afetadas podem ser engajadas, demonstrando capacidade de articulação, ao contrário dos processos não participativos, que acabam segregando as comunidades locais (FARIA; SILVA, [2017](#)). As pessoas tendem a demonstrar maior aceitabilidade pelos projetos, cujas ações os envolvem desde as etapas iniciais (concepção do projeto) até as fases de monitoramento, ou ainda, durante a retirada do empreendimento – descomissionamento – quando esse existe (KVAM, [2018](#)).

Ao mesmo tempo, o processo de aceitação não deve ser reduzido apenas a metodologias de convencimento das comunidades locais, pelo contrário, carece da utilização dos meios que se fizerem necessários para efetiva comunicação para que assim as populações possam saber o que realmente está por vir.

No que se refere aos países em desenvolvimento, como o Brasil, antecipar os impactos por meio de processos participativos trata-se, segundo Ab'Saber ([2006](#)), de um instrumento para: revelar condições autossuficientes no reconhecimento do território; indicar a força da pressão social sobre o bom uso dos instrumentos legais,

visando garantir a qualidade ambiental e o ordenamento territorial; e avaliar o potencial das legislações disponíveis, com a possibilidade de aplicação em casos práticos.

Segundo Sánchez (2013), algumas abordagens complementares têm sido empregadas para definir questões relevantes nos processos de estudos de impactos, são elas: a importância que os recursos naturais ou culturais e a vulnerabilidade que as comunidades humanas potencialmente atingidas apresentam, a experiência profissional dos analistas e a opinião do público e o conhecimento local. Nesse sentido, o autor relata que “a opinião do público precisa ser coletada mediante técnicas adequadas e ser ‘traduzida’ ou transformada em orientações [...]” (SÁNCHEZ, 2013, p. 168). Entretanto, na prática, modelos de inserção social não têm sido conduzidos de forma eficiente (HANNA *et al.*, 2014; FARIA; SILVA, 2017; KVAM, 2018).

No que tange ao uso de matrizes qualitativas para diagnósticos participativos, são, principalmente, empregadas em análises ligadas às questões territoriais e no estudo de fatores socioambientais. Verdejo (2006) apresentou o Diagnóstico Rural Participativo (DRP) com o objetivo de assegurar a participação dos beneficiários da Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (Pnater) em todas as fases de seu desenvolvimento. Guimarães, Lourenço e Lourenço (2007), ofereceram um guia metodológico para aplicação de diagnósticos participativos objetivando identificar as restrições e oportunidades para o desenvolvimento de sistemas de produção rural.

No que se refere à utilização de diagnósticos participativos em conjunto com a elaboração de cartografias participativas, como as aqui pleiteadas, Meireles e Gorayeb (2014) relatam sua utilização em experiências relacionadas a estratégias metodológicas para elaboração de mapas sociais pelas comunidades atingidas por obras projetadas para a Copa 2014, em Fortaleza.

O diagnóstico socioambiental participativo surge no contexto da Instrução Normativa n. 2 de 27 de março de 2012 (BRASIL, 2012). O Guia para Elaboração dos Programas de Educação Ambiental no Licenciamento Ambiental Federal – GEPEA-LAF (BRASIL, 2019) informa que o DSAP apresenta resultados sistematizados, a partir da aplicação de um conjunto de procedimentos metodológicos participativos com capacidade de coletar e propiciar a análise de dados primários entre grupos, indivíduos e segmentos sociais, no âmbito da área de influência do empreendimento, cuja identificação é realizada nos estudos ambientais. Além disso, é citado que o DSAP deve ser apto a “atualizações e/ou adequações, sempre que considerado necessário pelo empreendedor ou quando solicitado pelo órgão licenciador” (MMA, 2019, p. 13).

Segundo o GEPEA-LAF (MMA, 2019, p. 14), os principais objetivos do DSAP são:

- I. identificar e caracterizar problemas ambientais e conflitos que estejam, direta ou indiretamente, relacionados a impactos gerados por empreendimentos;

- II. identificar e caracterizar problemas ambientais e conflitos que não estejam relacionados a impactos do empreendimento;
- III. identificar e caracterizar potencialidades socioambientais encontradas nas localidades abrangidas pelo diagnóstico;
- IV. caracterizar os sujeitos prioritários da ação educativa e identificar ações e projetos de educação ambiental não formal na área de estudo;
- V. identificar os potenciais parceiros para o desenvolvimento do projeto.

Nesse contexto, visando a correta aplicação da legislação vigente no âmbito do LAF, o trabalho adaptou a análise SWOT (denominada de Matriz SWOT, ou simplesmente SWOT) como ferramenta auxiliar na construção do diagnóstico socioambiental participativo previsto no licenciamento de empreendimentos com considerável potencial degradador, como é o caso dos empreendimentos de energia.

## Matriz SWOT

A análise SWOT consiste em cruzar as informações em quatro eixos, a fim de obter um quadro que permita traçar estratégias importantes para o futuro de uma organização (CHIAVENATO, [2003](#)), isto é, uma matriz de prioridade. O termo SWOT refere-se às Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats*), respectivamente. Embora a literatura internacional atribua à Universidade de Stanford, o local de concepção dessa ferramenta é incerto (FRIESNER, [2011](#)). Em sua gênese, há pelo menos cinquenta anos, a ferramenta esteve, exclusivamente, ligada à gestão de corporações como mecanismo de diagnóstico empresarial, principalmente para construção de estratégias que visavam ações para melhoria dos processos das organizações (HELMS; NIXON, [2010](#)).

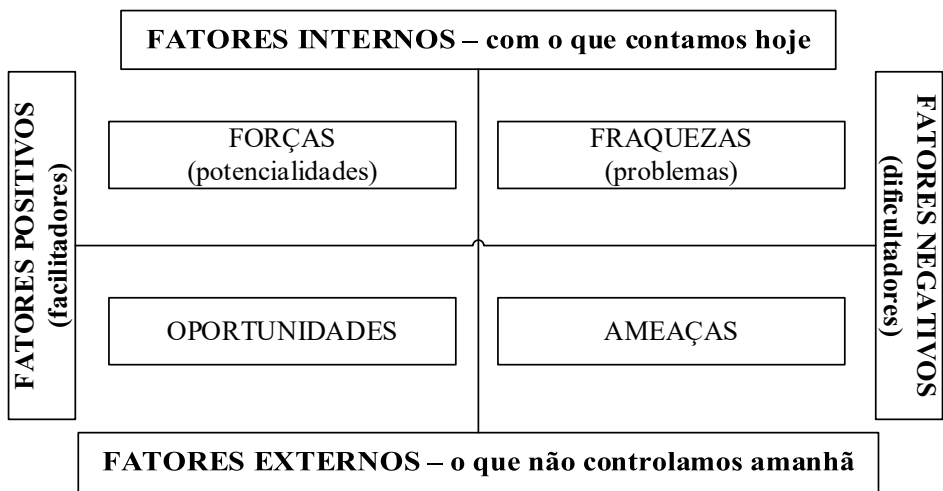
Os autores afirmam que “sua simplicidade e acrônimo atraente perpetua seu uso nos negócios e em outros setores, pois a ferramenta é usada para avaliar alternativas e situações de decisão complexa” (HELMS; NIXON, [2010](#), p. 216, tradução nossa).

Trata-se de uma ferramenta que possibilita a construção de indicadores internos e externos de forma rápida, a partir de uma tempestade de ideias acerca do organismo de análise. Tal organismo pode ser uma empresa, uma sociedade, uma comunidade, um determinado setor etc. Sua elaboração pode advir de formas coletivas/participativas ou de forma individual na perspectiva do pesquisador/elaborador (YAVUZ; BAYCAN, [2013](#)). De acordo com Buarque ([2002](#)), as informações produzidas por meio da SWOT podem auxiliar no preparo e estruturação dos dados qualitativos adquiridos, apontando onde a organização está agora e onde ela poderá chegar no futuro. Ainda segundo o autor, as ferramentas utilizadas como técnicas de planejamento, como

é o caso da SWOT, devem ser encaradas como meios que não esgotarão todos os elementos existentes, mas como componentes que darão apoio ao tratamento de informações preliminares, permitindo melhores direcionamentos.

Por se tratar de uma ferramenta que permite a compilação de ideias de forma participativa, os pontos positivos e negativos, internos e externos da SWOT trazem à tona reais perspectivas dos atores sociais envolvidos no processo (YAVUZ; BAYCAN, 2013). A [Figura 1](#) demonstra, de forma sucinta, as relações das informações produzidas pela SWOT.

**Figura 1 - Diagrama de afinidade das informações na perspectiva das Matrizes SWOT e suas relações com fatores internos e externos, positivos e negativos**



Fonte: Adaptado de Buarque (2002).

Os fatores internos estão diretamente ligados à estrutura do organismo analisado. Já os externos, dizem respeito aos elementos que não são inerentes a ele, mas que apresentam um mínimo de afinidade para sua configuração e dinâmica. Ao mesmo tempo, o diagrama de afinidade se divide entre fatores negativos e positivos. Segundo Buarque (2002), dependendo do contexto analisado, tais fatores destacarão os elementos que dificultam (negativos) ou facilitam (positivos) a busca pelo desenvolvimento do organismo em questão.

As forças (interno) e as oportunidades (externo) são fatores positivos. Nas forças são elencados, basicamente, os pontos que dão consistência à estrutura organizacional em questão. Ou seja, todas as possíveis razões que motivam sua existência. Já as oportunidades estão relacionadas com ações que potencialmente podem ampliar os ganhos do organismo em suas atuais e futuras direções, cuja iniciativa pertence a organizações/sujeitos externos.

Nos fatores negativos estão as fraquezas (interno) e ameaças (externo). Nas fraquezas, são elencados os problemas que comprometem a estrutura atual e que são, necessariamente, tangíveis ao organismo. Isto é, fatores que estão associados diretamente aos membros e estruturas internas. As ameaças, por sua vez, são todas as iniciativas que podem causar problemáticas a partir de organismos externos, comprometendo sua funcionalidade. As ameaças, normalmente, apresentam-se numa perspectiva futura, quer seja a curto ou longo prazos (BUARQUE, 2002).

No caso aqui analisado, ou seja, análise de potenciais impactos socioambientais, entende-se que a SWOT pode auxiliar na produção de informações sobre as comunidades próximas às áreas dos parques eólicos, indicando potenciais prioridades e questões a serem consideradas no âmbito da prospecção de impactos e na produção de evidências no uso dos territórios. Os fatores negativos podem convergir à ênfase de pontos frágeis aos potenciais impactos que as comunidades sofrerão com a inserção do projeto, possibilitando entender os domínios sinérgicos e mais sensíveis. Além disso, as ameaças podem proporcionar, de forma holística, a compreensão da possível cumulatividade de impactos negativos com outros riscos potenciais na escala local e regional. Já os fatores positivos, inclinam-se aos potenciais benefícios que poderão ser maximizados durante as diferentes fases dos projetos.

Nesse sentido, o proponente e o poder público, através dos reguladores e licenciadores, podem utilizar as informações obtidas pela matriz para promover decisões mais assertivas em diferentes áreas dos projetos de energia (VIEGAS; MONIZ; SANTOS, 2014). Um exemplo, alinhado com essa ideia, são as medidas compensatórias. A definição de modelos compensatórios, por meio de informações que imprimem os anseios das comunidades envolvidas, pode preencher as lacunas existentes na promoção de compensações que agreguem valor social direto (CAROLINO, 2017) e que, em certo nível, podem tangenciar com questões relativas à justiça distributiva.

### *Aplicações de matrizes SWOT em contextos socioambientais*

A aplicação da SWOT tem providenciado gestões eficazes em diferentes domínios socioambientais. Yavuz e Baycan (2013), utilizaram-na, em conjunto com AHP (*Analytic Hierarchy Process*), para encontrar, por meio das percepções dos habitantes locais, as melhores estratégias para a gestão da bacia hidrográfica do Lago Beysehir na Turquia. Segundo os autores, as ferramentas providenciaram: (1) apoio a opções de planejamento que encontram o ponto ideal entre o valor econômico e o valor ambiental; (2) possibilidade de desenvolvimento de diretrizes para colaboração eficaz entre os *stakeholders*, reduzindo assim os conflitos; (3) fornecimento de processo de tomada de decisão simples, transparente e rápido; e (5) provimento de insights sobre o que pode ser feito para aumentar a probabilidade de sucesso da gestão (YAVUZ; BAYCAN, 2013).

O trabalho de Bull et al. (2016) empregou a SWOT para avaliar a estrutura de aplicação de serviços ecossistêmicos, a partir da aplicação de questionário on-line com a rede de pesquisadores YESS (*Young Ecosystem Services Specialists*). Segundo os autores, a ferramenta foi capaz de indicar cinco áreas estratégicas para o desenvolvimento e implementação dos serviços ecossistêmicos.

Almasi, Milow e Zakaria (2018), ao agregar métodos quantitativos na análise da SWOT produzida, demonstraram um eficiente modelo multiparticipativo, resultando em 16 estratégias para a gestão de florestas de mangue em Carey Island (Pulau Carey, Malásia). Segundo os autores, a análise permitiu a definição de 4 estratégias “mais importantes”, cujos objetivos “estavam relacionados à capacitação, envolvimento e participação de *stakeholders* locais no processo de conservação da floresta” (p. 295, tradução nossa).

Ainda é possível encontrar, na literatura, o emprego dessa ferramenta na investigação sobre a aptidão das áreas de parques eólicos *offshore* para a atividade de aquicultura (MEE, 2006). Embora saiba-se que, empiricamente, a aquicultura tem características diferentes da pesca artesanal, tais informações possibilitam inferir, por exemplo, as possibilidades de interferência ou benefício da inserção do parque eólico sobre os peixes e a atividade pesqueira. Através da matriz SWOT disponibilizada a seguir (Quadro 1), é possível visualizar fatores relativos à capacidade de coexistência de ambas as atividades em um mesmo sítio. É importante destacar que, para sua construção, o autor, primeiramente, elaborou matrizes SWOT individuais para os parques eólicos *offshore* e para a aquicultura no Reino Unido (MEE, 2006). A investigação foi realizada em um período no qual a atividade eólica marítima se iniciava no contexto do Reino Unido. Embora haja particularidades intrínsecas à cada região, tal análise pode ser correlacionada com o atual momento da inserção dos parques eólicos *offshore* no Brasil.



**Quadro 1 - Matriz SWOT acerca da inserção da aquicultura em áreas de Parques Eólicos Offshore no Reino Unido**

<b>Strengths (Forças)</b>	<b>Weaknesses (Fraquezas)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- A maximização da produção da área unitária no mar é de interesse de qualquer nação;</li> <li>- Redução do impacto dos parques eólicos <i>offshore</i> na subsistência dos pescadores;</li> <li>- A falta de locais de aquicultura em águas costeiras cria uma necessidade de novos locais;</li> <li>- A sustentabilidade do parque eólico depende da coexistência com outros usuários lucrativos do mar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sem histórico anterior.</li> <li>- Um problema legislativo, já que a Coroa Britânica - proprietária do fundo do mar - proíbe qualquer outra atividade geradora de renda pelos parques eólicos na área arrendada.</li> <li>- O desenvolvimento de parque eólico é supervisionado por gestores <i>offshore</i> e gestores ambientais que não possuem conhecimentos de domínio específicos em aquicultura. Portanto, é difícil para eles entenderem que o equipamento de aquicultura não precisa interferir na operação do parque eólico.</li> <li>- O equipamento tradicional de aquicultura não é adequado para locais de parque eólico.</li> </ul>
<b>Opportunities (Oportunidades)</b>	<b>Threats (Ameaças)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exemplo de implementação da abordagem ecossistêmica e do ordenamento do território marinho (Projeto Piloto do Mar da Irlanda em 2004).</li> <li>- A receita do arrendamento da área dos parques eólicos pode ser aumentada.</li> <li>- Objeções da comunidade de pescadores ao desenvolvimento do parque eólico podem ser gerenciadas oferecendo emprego.</li> <li>- O planejamento do espaço marinho requer a coexistência de tantas atividades quanto possível dentro de um determinado espaço. A aquicultura em áreas de parque eólico é melhor do que a pesca, transporte ou extrações de agregados marinhos, que são atividades não estáticas e, portanto, perturbariam a operação segura do parque eólico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O conflito com a pesca, transporte marítimo e outros usuários lucrativos do mar é iminente, uma vez que a aquicultura seja permitida dentro dos parques eólicos.</li> <li>- Esse é um novo conceito que deve passar por testes semicomerciais antes que a produção comercial em grande escala possa ser realizada.</li> <li>- Há uma lacuna legal, pois, a Coroa Britânica não tem uma política para o planejamento espacial marinho (PEM) e outras atividades econômicas dentro dos locais de parque eólico. Isso afastará qualquer novo investidor.</li> <li>- Os financiadores exigem exemplos de aquicultura em tempo real em parque eólico antes de poderem financiar tais projetos.</li> </ul>

Fonte: Adaptado de MEE (2006)

Já no âmbito das comunidades pesqueiras, Viegas, Moniz e Santos (2014) afirmam que a aplicação da SWOT “fornece informações privilegiadas, [isto é] um pilar do pensamento estratégico: ‘concentrar-se nos pontos fortes, reconhecer as fraquezas, captar as oportunidades e proteger-se das ameaças’” (p. 258, tradução nossa). Os autores avaliaram a contribuição de pescadores artesanais de pequenas comunidades na costa do território português para gestão sustentável e integrada da zona costeira. Por meio de diálogos e entrevistas semiestruturadas, os autores elaboraram matrizes SWOT para dois grupos: pescadores artesanais (“*Artisanal Fishermen*”) e associativismo (“*Associativism*”).

A ferramenta foi capaz de demonstrar que os pescadores artesanais estavam passando por um momento turbulento no período em que a pesquisa foi realizada. Entre as conclusões, apontam que o uso da ferramenta propiciou a inclusão dos pescadores na gestão da zona costeira de Portugal, tornando-se um meio para reconhecer e evitar que problemas futuros ocorressem. O uso da SWOT demonstrou que a participação dos pescadores em associações locais possibilitava o exercício de maiores articulações com o poder público. O trabalho realizado demonstrou, ainda, a necessidade de desenvolver procedimentos ligados à matriz SWOT de uma forma que promova a constante atualização das informações obtidas, pois, segundo os autores, a dinâmica socioambiental existente na zona costeira sofre alterações constantes com o passar do tempo.

Por meio de oficinas, Cruz-González *et al.* (2018) utilizaram o DRP, com o auxílio de SWOT para analisar, a partir de gestões comunitárias lideradas por pescadores locais, a evolução da administração da coleta de ostras ao longo da costa de Nayarit, México. O uso da SWOT buscou avaliar fatores acerca de empresas privadas e indústrias pesqueiras da região. Além disso, utilizaram técnicas de mapeamento participativo, cujo material produziu informações complementares sobre as áreas mais importantes de coleta ao longo do ano para os pescadores participantes.

O uso da SWOT no universo aqui trabalhado, pode avançar na produção de conhecimentos avaliando seus fatores internos e externos para, então, analisar os potenciais impactos socioambientais de projetos eólico-energéticos. Busca-se, essencialmente, compreender se o referido método pode servir de modelo nesse processo, permitindo que seja empregado em situações correlatas. Além disso, o método tem a vantagem de simplicidade, baixo custo de aplicação, flexibilidade, capacidade de integrar informações e incentivar a colaboração de diferentes perspectivas da organização. Há de se destacar a existência de lacunas na literatura no que concerne ao emprego de tais metodologias quali-quantitativas no âmbito supracitado, tornando a pesquisa original.

## Mapeamento participativo

O conhecimento espacial é fator determinante no domínio dos indivíduos sobre o local onde vivem. Não somente em razão do fornecimento de informações sobre locais específicos, mas também em razão dos significados e experiências que as pessoas e comunidades têm com o espaço (AKBAR *et al.*, 2020). De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), a Cartografia não é apenas uma das ferramentas básicas do desenvolvimento econômico, mas é a primeira ferramenta a ser utilizada antes que outras possam ser trabalhadas (UN, 1949). A Cartografia Social (CS), através de procedimentos que definem limites e áreas apreciadas por quem a pratica, imprime conexões espaciais que, geralmente, não são consideradas por métodos comumente utilizados. Ou seja, reconstrói as tendências históricas das formas de manifestação das relações de produção e de reprodução social nas diferentes áreas, ocorrendo através da reconstrução de territórios e da apropriação dos recursos naturais disponíveis.

Nesse sentido, esse ramo cartográfico surge com a percepção de que os mapas influenciam na concepção da identidade socioespacial, como aponta Pickles (1999), apresentando um potencial de senso crítico desde sua ideia inicial. Para Gorayeb, Meireles e Silva (2015), o mapa não é somente o fim, sendo simultaneamente objetivo e produto. Torna-se também o início e o meio, sendo suas motivações, processos, etapas e representações, fundamentais na elaboração do processo.

Acselrad (2008) ressalta que a CS torna possível que grupos identifiquem elementos, entendam fenômenos e representem espacialmente sob as próprias percepções a realidade em que vivem. Os mapas sociais se tornaram, assim, instrumentos contemporâneos de mobilização por apresentarem uma alternativa no entendimento da realidade, da representação espacial e de condutas propositivas para o território. Ou seja, em “contextos territoriais conflituosos e processos localizados de organização de sujeitos de grupos sociais e étnicos” (ACSELRAD; COLI, 2008, p. 24).

Em essência, é praticada como contestação aos modelos hegemônicos, sendo uma concepção territorial na qual as relações de poder se transformam por meio da participação daqueles que habitam os territórios, cujo interesse coletivo se esforça para guiar políticas (ALBERDI, 2012), programas, planos e/ou projetos. Segundo Gorayeb, Meireles e Silva (2015), a CS, privilegia a constituição do conhecimento popular, simbólico e cultural sob os princípios do coletivo, permitindo que os diferentes grupos sociais expressem suas ambições e vontades. Além disso, promove eficiência no engajamento público no decorrer do processo de sua elaboração, em razão de ocorrer interações entre moradores locais, permitindo a potencialização das trocas de conhecimentos sobre o local onde vivem (ACSELRAD; COLI, 2008). Sobre esse aspecto, Acselrad (2008) afirma ter sido a participação na produção de mapas uma das principais razões para gênese desse campo cartográfico, pois permite que os sujeitos da representação tenham relação direta com o poder de cartografar. Assim, sua apropriação tem apresentado potencial para ocorrer em contextos de conflitos, impactos, demandas sociais e planejamentos participativos.

Destaca-se ainda que, foi devido à constante ampliação dos espaços e à diversificação das formas de representá-los que se constituiu o campo de representação da Cartografia Social (ACSELRAD, 2008). Nesse sentido, “é fato que possuir a informação geográfica significa não somente afirmar sua autoridade, mas também proteger as riquezas, cuidando [para] que ninguém mais dela se apodere (...)” (ACSELRAD, 2008, p. 10). Apoderar-se de um determinado espaço geográfico, ou mesmo da informação geográfica sobre um respectivo território, é aqui entendido como toda e qualquer forma com potencial perturbador sobre as necessidades e anseios daqueles que, histórica e originalmente, usufruem desse espaço. Dessa forma, as práticas de mapeamento participativo apoiadas na Cartografia Social legitimam os usos no território, providenciando sólidos argumentos contra tentativas de apropriações indevidas e/ou indesejadas.

Para Corbett *et al.* (2006), a produção cartográfica participativa pode advir por diferentes meios: cartografia efêmera; cartografia de escala; cartografia de esboço;

modelagem 3D; foto-mapas; sistemas multimídia; Sistema de Informação Geográfica (SIG) etc. Segundo os autores, compreende-se que o ato de esboçar, na Cartografia Social, significa imprimir as relações espaciais a partir das observações e/ou memória daqueles que as praticam; a cartografia de escala, bem como os foto-mapas, utilizam uma base cartográfica pré-estabelecida, a qual produz informações e dados de referências geográficas e escalas relativamente exatas, permitindo a comparação com outros mapas e a geração de dados georreferenciados. As cartografias de esboço e de escala, em conjunto ao SIG e às imagens de satélite (foto-mapas), foram adotadas como práticas cartográficas no decorrer da aplicação metodológica desta pesquisa, pressupondo que a união dessas técnicas pode permitir avanços na produção de informações espaciais no âmbito da análise dos potenciais impactos dos parques eólicos.

Para os avanços teórico-práticos almejados nesta pesquisa, torna-se relevante ressaltar que o arcabouço metodológico que fundamenta a produção da CS parte da Investigação-Ação-Participativa embasado no conceito de território (POPAYAN, 2005). A [Figura 2](#) apresenta as respectivas definições nesse modelo de pesquisa.

**Figura 2 - Organograma sobre as etapas da investigação-ação-participativa**



Fonte: Adaptado de Popayan (2005) e Costa *et al.* (2016).

Durante a produção cartográfica, cabe ao pesquisador atuar como agente facilitador no processo de articulação comunitária (HERLIHY; KNAPP, [2015](#); COSTA *et al.*, [2016](#)). A ação deve conduzir os participantes por meios que facilitem a construção dos esboços dos mapas. Ao mesmo tempo, é indispensável que, ao serem utilizados mapas com referências geográficas, seja, por um lado, dada a preferência à preparação de peças técnicas que facilitem o contato dos participantes com os produtos e, por outro, que não comprometa a soberania dos participantes sobre as informações fornecidas.

Herlihy e Knapp ([2015](#), p. 304-305, tradução nossa) afirmam que:

A metodologia de pesquisa participativa gira em torno das trocas dialéticas entre “representantes comunitários” e “pesquisadores participativos”. Representantes comunitários, chamados de “pesquisadores locais” e “especialistas em conhecimento local”, trazem seus próprios conhecimentos para o empreendimento e trabalham diretamente com os pesquisadores. Os pesquisadores participativos, chamados de “facilitador”, “assistente técnico” ou “investigadores”, ajudam os atores locais a articular seus objetivos em projetos de pesquisa apropriados. Eles devem reconhecer e respeitar as habilidades dos povos locais para produzir dados e compreensão da pesquisa. O ideal é que haja um entendimento recíproco entre os pesquisadores e os representantes da comunidade sobre as capacidades e limitações de cada um para projetar uma metodologia que use, mas não superestime, as habilidades e recursos disponíveis.

Há de se considerar a simbolização – símbolos que representam as relações territoriais a partir da percepção dos atores sociais – como meio pelo qual os atores locais expressarão suas identidades territoriais. Além de ser utilizado como meio para se opor às ações hegemônicas dos tomadores de decisão com cargas negativas e injustas, o mapeamento participativo, fundamentado na Cartografia Social, pode servir como instrumento de suporte à consolidação das dinâmicas existentes e materialização dos territórios (ACSELRAD; COLI, [2008](#); JOLIVEAU, [2008](#)).

## **Confiabilidade e validade da pesquisa qualitativa**

Para Morse *et al.* ([2002](#)), a natureza da verificação em pesquisas qualitativas segue o processo de checagem, confirmação, certificação e de ter certeza quanto aos dados adquiridos. Os autores informam que “a verificação se refere aos mecanismos utilizados durante o processo de pesquisa para contribuir de forma incremental para garantir confiabilidade e validade e, assim, o rigor de um estudo” (MORSE *et al.*, [2002](#), p 17, tradução nossa). Ainda nessa lógica, informam que:

A pesquisa qualitativa é interativa e não linear, de modo que um bom pesquisador qualitativo se move para frente e para trás entre *design* e a implementação para garantir congruência entre formulação de perguntas, literatura, recrutamento, estratégias de coleta de dados e

análise. Os dados são sistematicamente verificados, o foco é mantido, e o ajuste dos dados e o trabalho conceitual de análise e interpretação são monitorados e confirmados constantemente. As estratégias de verificação ajudam o pesquisador a identificar quando continuar, parar ou modificar o processo de pesquisa, a fim de alcançar confiabilidade e validade e garantir rigor. (MORSE *et al.*, 2002, p. 17, tradução nossa).

É entendido que a confiabilidade, “devido ao seu processo de contextualização e de flexibilização, se relaciona à consistência das articulações teóricas, metodológicas e empíricas propostas no estudo” (ULLRICH *et al.*, 2012, p. 22). A validade, por sua vez, ao ser compreendida como a qualidade inerente em que se encontram as informações para produção dos resultados esperados, no contexto da pesquisa qualitativa, pode ser definida a partir da lógica transacional conforme Cho e Trend (2006, p. 321), isto é, como:

Um processo interativo entre o pesquisador, o pesquisado e os dados coletados que visam atingir um nível relativamente mais alto de precisão e consenso por meio da revisitação de fatos, sentimentos, experiências e valores ou crenças coletados e interpretados.

Como maneira de oferecer uma síntese, o [Quadro 2](#) oferece ideias-chave para aplicação de confiabilidade e validade em pesquisas participativas, com perguntas relevantes que os pesquisadores devem responder durante o desenho metodológico da pesquisa, antes de ir ao campo.

**Quadro 2 - Síntese prática de confiabilidade e validade na pesquisa**

Confiabilidade		Validade	
Critério	Descrição e operacionalização do critério nas pesquisas qualitativas	Critério	Pergunta
Descrição detalhada	Descrição em profundidade das situações delimitadas. Descrição do recorte espaço-temporal de realização do estudo, bem como evidenciar as categorias de análises em discussão.	Credibilidade	Os resultados da pesquisa refletem a experiência dos participantes ou o contexto?
Tempo de permanência no campo	Permanência ao longo do tempo no campo, permitindo a captura das dinâmicas sociais de forma longitudinal e transversal.	Autenticidade	A representação exhibe preocupação com as diferenças de vozes entre os participantes?

Confiabilidade		Validade	
Critério	Descrição e operacionalização do critério nas pesquisas qualitativas	Critério	Pergunta
Saturação teórica	Busca dos autores no sentido de centralizar as discussões teóricas.	Crítica	O processo de pesquisa evidencia enfoques críticos?
Triangulação dos dados	Utilização de diferentes estratégias de coleta e de análise de dados.	Integridade	A pesquisa reflete recursivamente e repetitivamente sobre a validade do estudo?
Reprodução e avaliação das análises	Divulgação e avaliação das análises entre os pares.	Clareza	A pesquisa tem decisões metodológicas, interpretativa e vieses do pesquisador explícitos?
Transparência	Descrição detalhada de todos os procedimentos utilizados na pesquisa empírica e na construção teórica.	Vivacidade	As descrições densas são fiéis e retratadas com astúcia e clareza?
Limitação da pesquisa	Exposição das limitações da pesquisa.	Criatividade	O estudo tem uma maneira criativa de organizar, apresentar e analisar os dados?
Coerência	Coerência entre os dados empíricos e a teoria que está sendo construída.	Profundidade	Os resultados abordam de forma integral e saturada as questões do trabalho?
Exploração dos significados	Exploração dos significados e dos fenômenos relacionados ao campo onde o estudo é conduzido.	Congruência	O processo de pesquisa e os achados são congruentes? Os assuntos se ajustam entre si? Os resultados se ajustam ao contexto?
Reflexividade	Articulação das propostas de estudos à realidade social onde o mesmo é conduzido: reconhecer as diversas possibilidades teórico-empíricas de análise, e situar socio-historicamente as escolhas realizadas pelo pesquisador.	Sensitividade	A investigação foi sensível à cultura, aos contextos sociais e à natureza humana?

Fonte: Ullrich *et al.* (2012).

O [Quadro 3](#), a seguir, apresenta diferentes critérios que podem ser observados para garantir a confiabilidade e a validade nas pesquisas qualitativas. Segundo Ullrich *et al.* (2012), os critérios de confiabilidade tratam-se de aspectos a serem considerados de acordo com o delineamento metodológico adotado, não sendo necessária a consideração de todos os pontos listados. Na terceira coluna, refletimos sobre como a nossa equipe aplicou os critérios de confiabilidade e validade nos trabalhos de campo. Enfatizamos que há aplicação precisa de reflexão contínua dentro da equipe de pesquisadores.

No que tange aos critérios de validade, os autores demonstram que devem ser ponderados, na medida do possível, uma vez que providenciam orientação na elaboração dos trabalhos. Mais adiante, são explicitados os procedimentos adotados para gerar confiabilidade e garantir validade nos dados da pesquisa.

**Quadro 3 - Critérios de confiabilidade e de validade em pesquisas qualitativas, com aplicação à cartografia social e SWOT**

<b>Critério de confiabilidade</b>	<b>Critérios de validade</b>	<b>Aplicação à Cartografia Social e SWOT</b>
Descrição detalhada	Credibilidade	Criação de roteiro estruturado com perguntas de partida que norteiam o processo de levantamento de dados e <i>check list</i> com temas imprescindíveis que devem ser abordados durante o processo de construção dos mapas e das matrizes, inter-relacionando-os com as categorias de análise norteadoras da pesquisa. Exposição do recorte espaço-temporal analisado.
Tempo de permanência no campo	Autenticidade	Construção coletiva, com os representantes dos grupos focais, de calendário que identifique os melhores horários para reunir os pescadores (em geral, à tarde ou à noite, de segunda a sábado) e tempo de permanência nos encontros (cerca de três horas e trinta minutos, no máximo). Permitir a ampla participação dos diferentes grupos existentes no contexto territorial avaliado, possibilitando a aquisição de ideias plurais.
Saturação teórica	Crítica	Alinhamento da prática metodológica com as categorias de análises pretendidas. Busca pelo adensamento entre teoria e prática. Delinear quais são os enfoques críticos que podem ser providenciados a partir dos dados participativos adquiridos.
Triangulação dos dados	Integridade	Adição de metodologias complementares da pesquisa social, com gravação de voz, aquisição de imagens (fotografias e pequenos vídeos), e elaboração de diários de bordo, com o objetivo de orientar as transcrições das falas e enfatizar elementos imprescindíveis para o entendimento da realidade local. Repetição dos conteúdos (aplicação de um único <i>check list</i> padronizado com perguntas de partida idênticas) abordados durante a construção coletiva dos mapas e das matrizes.



<b>Critério de confiabilidade</b>	<b>Critérios de validade</b>	<b>Aplicação à Cartografia Social e SWOT</b>
Reprodução e avaliação das análises	Clareza	Implementação de procedimentos replicáveis. Utilização de ficha de campo pré-definida, mas que seja flexível para ajustes nas diferentes realidades locais. Garantir a execução de processos que providenciem a total coleta de informações dos participantes em suas múltiplas facetas.
Transparência	Vivacidade	Cumprimento das questões éticas da pesquisa, com (1) preparação de material de divulgação (escrito e em áudio) com ampla divulgação entre o grupo focal via <i>Whatsapp</i> , especialmente; (2) explicação preliminar dos objetivos da atividade que antecede cada reunião de trabalho, com abertura para questionamentos e dúvidas; (3) leitura, em voz alta, dos termos de livre consentimento e participação do público na pesquisa, ressaltando os possíveis riscos da atividade e legislação que normatiza os cumprimentos éticos na pesquisa brasileira envolvendo seres humanos do Conselho Nacional de Saúde (CNS).
Limitação da pesquisa	Criatividade	Esclarecimento ao grupo focal durante as descrições iniciais da atividade da pesquisa, o objetivo da reunião, eminentemente científico, e desvinculação da ação a qualquer suposto benefício futuro, como: garantias de permanência nos territórios; segurança jurídica no uso dos recursos naturais; vantagens durante as negociações de compensações ambientais etc. Capacidade de improvisação na aquisição de dados. Permitir que toda forma de produção de informação seja aceita e registrada.
Coerência	Profundidade	Alinhamento das atividades de campo com os objetivos teóricos da pesquisa expostos na metodologia do projeto. A aplicação do roteiro de campo auxilia na condução coerente da pesquisa e preserva a sistematização das reflexões teóricas, vinculadas aos dados adquiridos durante os trabalhos de campo. Verificar se ainda existem lacunas nos resultados providenciados.
Exploração dos significados	Congruência	Análise comparativa dos dados adquiridos, discussão com resultados de outros trabalhos acadêmicos e aprofundamento com informações técnicas adquiridas em instituições (governamentais e não governamentais) relevantes para a temática.

Critério de confiabilidade	Critérios de validade	Aplicação à Cartografia Social e SWOT
Reflexividade	Sensitividade	Inclusão de pesquisas e publicações recomendadas pelo próprio público participante das oficinas, assim como, recebimento de material imagético (fotos e vídeos) e dados complementares à pesquisa (como coordenadas de pontos de pesca, por exemplo) após as atividades presenciais, valorizando os dados adquiridos pelo público, e incorporando-os às análises. O avanço da educação formal no país, em seus diversos níveis, e a disseminação dos <i>smartphones</i> e do acesso à Internet, mesmo que intermitente, possibilitam que o pesquisador utilize produtos dos próprios participantes das atividades que refletem, de um modo mais genuíno, a percepção das pessoas sobre os aspectos territoriais, seus problemas e potencialidades. Ressalta-se a importância em citar corretamente essas contribuições nos mapas e nos textos, atribuindo as autorias e as datas de aquisição aos dados.

Fonte: Colunas 1 e 2, adaptado de Ullrich *et al.* (2012); coluna 3, de autoria própria.

Além da verificação, é interessante destacar aspectos éticos no fazer pesquisa, principalmente quando se envolve a assimilação do conhecimento local dos participantes envolvidos. No que se refere às técnicas participativas empregadas, julga-se imperativo considerar cinco princípios essenciais: acesso, propriedade, confiança, validação e aplicação. Segundo Verplanke *et al.* (2016), esses princípios estruturam uma lógica para abordagens participativas, que se inicia com o envolvimento prudente da comunidade e coleta do conhecimento local para garantir sua documentação e preservação.

Os princípios buscam garantir que o conhecimento local seja empregado em um bom uso para e pela comunidade e não permaneça ocioso em um repositório. Os autores discutem tais princípios no âmbito do PGIS, isto é, *Participatory Geographic Information Systems*. Nesse sentido, é entendido que se trata, apenas, de outra denominação para as técnicas de mapeamento participativo empregadas, permitindo ser relacionado com os procedimentos adotados. [Quadro 4](#) indica as questões que devem ser observadas ao utilizar técnicas de mapeamento participativo.

#### Quadro 4 - Princípios participativos no mapeamento

Princípios	Questões de...
Acesso	Preservação do conhecimento espacial local sobre as culturas; Fortalecimento da identidade local;
Propriedade	Geração ou consolidação do empoderamento; Inclusão das diferentes vozes em uma comunidade.
Confiança	Reconhecimento da autoria e legitimidade da propriedade do conhecimento espacial local; Segurança e preocupações ao utilizar ou disseminar o conhecimento espacial local adquirido.
Validação	O conhecimento produzido é relevante para as necessidades da população local; O conhecimento espacial local é possível de ser empregado e gerar informação;
Aplicação	Desenvolvimento da capacidade local.

Fonte: Adaptado de Verplanke *et al.* (2016).

Os autores informam ainda que, no âmbito dos princípios de acesso e de propriedade, os resultados devem ser acessíveis às comunidades, providenciar as percepções dos indivíduos – sentimentos, valores intangíveis e culturais –, ao passo que contribui para fortalecer e empoderar os comunitários. Ao se considerar ações éticas nesse processo, deve-se indagar-se se os dados produzidos têm potencial de causar prejuízos às comunidades, fornecendo a possibilidade de abstenção ou recusa em participar das atividades.

No que compete à confiança, é imperativo a criação de confiança mútua entre pesquisador e pesquisado para que seja evitada a criação de vieses de informação ou interpretação dos dados. Quanto maior a confiança mútua, maior a possibilidade de registro de percepções mais profundas. De igual modo, para que a validação seja efetiva, a confiança precisa existir, para que, durante os trabalhos de comprovação da informação gerada, não haja interpretações falseadas e/ou equivocadas.

Já o princípio da aplicação, necessita de que sejam realizadas sessões de treinamento dos participantes e incita maior complexidade na prática, uma vez que pode envolver aspectos intangíveis. Outro ponto é a dificuldade em se traduzir determinadas situações em legendas para o mapa. Assim, a aplicação, por parte da comunidade, pode ser embaraçosa, necessitando de maior esforço e demandando tempo para a capacitação dos participantes.

### Observações finais

A promoção de modelos participativos permite a socialização das características dos projetos de energia renovável, dando maior transparência às vantagens e aos riscos que suas implantações podem causar às comunidades anfitriãs. A construção dos cenários, de modo participativo, de instalação e operação dos empreendimentos passa por caminhos

que aproximam as comunidades da gestão dos territórios, do poder público e das decisões, dando caráter de maior legitimidade ao processo. A transição energética para fontes renováveis no Sul Global precisa não somente considerar as necessidades do mercado, mas também obedecer aos princípios do desenvolvimento sustentável e das justiça processual e distributiva, o que só será possível com a consideração de aspectos sociais intangíveis, como aqueles relacionados às demandas e necessidades das comunidades conforme as percepções dos seus próprios habitantes, em consonância com suas tradições, em termos de uso dos recursos naturais e dos diferentes prismas culturais. As metodologias participativas, como SWOT e cartografia social são ferramentas essenciais (porém não as únicas ferramentas) para alcançar os objetivos da descarbonização justa.

É entendido que a participação social deve desempenhar um papel vital na promoção e construção de um diálogo entre empresa, governo e sociedade, de forma honesta e transparente, o que remete a elementos de análise específicos. Por esse motivo, tornam-se interessantes ferramentas de investigação para aplicação das metodologias qualitativas aqui propostas. Para isso, estima-se que seja oportunizada a participação abrangente do governo, desenvolvedores, comunidades anfitriãs e outros órgãos, para resolver conflitos e promover o desenvolvimento das energias renováveis, sobretudo no contexto da “licença social” para operar (VANCLAY *et al.*, 2015).

Os principais processos para gerar confiabilidade nos dados qualitativos são: descrição detalhada; triangulação dos dados e exposição das limitações da pesquisa. A descrição detalhada está diretamente relacionada com a demonstração profunda das situações observadas durante a pesquisa. A triangulação de dados, a qual se refere à utilização de estratégias diferenciadas de coleta e análise de dados (FLICK, 1992), pode ser adotada conforme a visão de Kelle (2001), isto é, a produção de um retrato mais completo do fenômeno avaliado frente ao que seria adquirido através de um único método de aquisição de dados. Como já mencionado, a aquisição de dados por meio das técnicas da Cartografia Social pode ser agrupada com a elaboração das Matrizes SWOT. É entendido que os procedimentos adotados, em conjunto, providenciam ampla visão das inter-relações socioespaciais necessárias aos objetivos propostos. Já a exposição das limitações dos resultados, cuja consideração incide na compreensão dos percalços impostos pelos procedimentos, deve ser considerada como parte integrante das reflexões finais, visando, em um certo limite, providenciar reflexão sobre os mecanismos analíticos empregados.

Em relação à validação, e considerando a ideia de não linearidade nas pesquisas qualitativas, permitindo o retorno, quando necessário, às etapas investigativas (ULLRICH *et al.*, 2012), deve-se definir períodos de validação *in loco* com as comunidades estudadas. Essa estratégia visa gerar maior autenticidade nos dados, uma vez que possibilita a inserção de novas visões ao processo investigativo.

No que concerne à proposta de DSAP, as informações apresentadas nos mapas sociais e nas matrizes SWOT, assim como nas demais abordagens participativas,

exibem limitações que devem ser reconhecidas. Os mapas sociais produzidos, assim como outros mapas aplicados em diferentes campos do conhecimento, representam e transmitem a opinião geoespacial de parcela da sociedade, a qual participou do respectivo mapeamento. Outra importante característica a ser considerada, sobretudo para produção dos dados sociais, é a execução de constantes atualizações e segura comunicação com os moradores locais. O modelo proposto pode permitir a permanente verificação das nuances a que a sociedade está sujeita em seu processo evolutivo, uma vez que se trata de abordagem qualitativa com característica não linear (ULLRICH *et al.*, 2012). Entende-se que o DSAP executado expressa apenas o momento único no qual os dados foram produzidos.

Por fim, é relevante destacar que há possibilidade, mesmo que mínima, dos procedimentos adotados providenciarem dados não válidos e não confiáveis com o rigor esperado por se tratar de um fenômeno social, o qual depende de diferentes processos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao suporte do projeto CAPES/Programa de Cooperação Brasil Sul – Sul (COOPBRASS) Edital n. 5 de 2019, Proc. 88881.368924/2019-01 “Energia renovável e Descarbonização na América do Sul: desafios da Energia Eólica/BR e do Lítio/AR” e ao CAPES/PRINT Proc. 88887.312019/2018-00: Integrated socio-environmental technologies and methods for territorial sustainability: alternatives for local communities in the context of climate change.

## Referências

- AB’SABER, A. N. Bases Conceituais e Papel do Conhecimento na Previsão de Impactos. *In*: AB’SABER, A. N.; MÜLLER-PLANTENBERG, C. (org.) **Previsões de Impactos: O Estudo de Impacto Ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha.** 2. ed. São Paulo. Editora Universidade de São Paulo, 2006. p. 27-49.
- ACSELRAD, H. (org.). Cartografias sociais e território. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento urbano e Regional, 2008. 167 p.
- AKBAR, A. *et al.* Spatial knowledge: A potential to enhance public participation? **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 12, p. 5025, 2020.
- ALBERDI, R. **Aportes de la cartografía social al desarrollo sustentable: un enfoque desde el territorio.** 2012. 16 p.
- ALMASI, M.; MILOW, P.; ZAKARIA, R. M. Participatory mangrove forest management in the Carey Island, Malaysia. **Ukrainian Journal of Ecology**, v. 8, n. 3, p. 293-303, 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº 2, de 27 de março de 2012.** Estabelece as bases técnicas para programas de educação ambiental apresentados como medidas mitigadoras ou compensatórias, em cumprimento às condicionantes das licenças ambientais emitidas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/download/sala-de-imprensa/marcas-e-manuais/in-no-2-27-de-marco-de-2012-ibama.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2021

- BRASIL. IBAMA - **Guia para Elaboração dos Programas de Educação Ambiental no Licenciamento Ambiental Federal** – GEPEA-LAF, 2019. Disponível em: <http://ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/publicacoes/2019-Ibama-Guia-para-Elaboracao-dos-Programas-de-EA-no-LAF-.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2021
- BUARQUE, S. C. **Construindo o desenvolvimento local sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 177 p.
- BULL, J. W. *et al.* Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats: A *SWOT* analysis of the ecosystem services framework. **Ecosystem Services**, v. 17, p. 99–111, 2016.
- CAROLINO, A. K. O lugar do Social na Avaliação de Impacto Ambiental: regulação pública de grandes projetos e desafios para o planejamento regional. XVII Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional. **Anais [...]** São Paulo: 2017. p. 1-20. Disponível em: [http://anpur.org.br/xviienanpur/principal/publicacoes/XVII.ENANPUR\\_Anais/ST\\_Sesseos\\_Tematicas/ST%204/ST%204.1/ST%204.1-04.pdf](http://anpur.org.br/xviienanpur/principal/publicacoes/XVII.ENANPUR_Anais/ST_Sesseos_Tematicas/ST%204/ST%204.1/ST%204.1-04.pdf). Acesso em: 25 abr. 2019.
- CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 634 p. ISBN: 978-8535213485
- CHO, J.; TRENT, A. Validity in qualitative research revisited. **Qualitative Research**, v. 6, n. 3, p. 319-340, Aug. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1468794106065006>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- CORBETT, J.; RAMBALDI, G.; KYEM, P.; WEINER, D.; OLSON, R.; MUCHEMI, J.; MCCALL, M.; CHAMBERS, R. Overview: Mapping for Change - the emergence of a new practice. *In*: RAMBALDI, G.; CHAMBERS, R.; MCCALL, M.; FOX, J. (ed.). **Participatory Learning and Action**. [s. l.] International Institute for Environment and Development (IIED), 2006. p. 13–20.
- COSTA, N. O. **Cartografia Social: instrumento de luta e resistência no enfrentamento dos problemas socioambientais na reserva extrativista da prainha do canto verde, Beberibe – Ceará**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2016.
- CRUZ-GONZÁLEZ, F. J.; PATIÑO-VALENCIA, J. L.; LUNA-RAYA, M. C.; CISNEROS-MONTEMAYOR, A. M. Self-empowerment and successful co-management in an artisanal fishing community: Santa Cruz de Miramar, Mexico. **Ocean and Coastal Management**, v. 154, p. 96-102, 2018.
- FARIA, G. C.; SILVA, F. M. Participação pública no processo de avaliação de impacto ambiental no estado do Espírito Santo. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 43, p. 139–151, 2017.
- FERREIRA, A. C.; CARLOS, L.; BLASQUES, M. Avaliações a Respeito da Evolução das Capacidades Contratada e Instada e dos Custos da Energia Eólica no Brasil: Do PROINFA aos Leilões de Energia. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 5, n. 1, p. 82–91, 2014.
- FLICK, U. Triangulation Revisited: Strategy of Validation or Alternative? **Journal for the Theory of Social Behaviour**, v. 22, n. 2, p. 175–197, jun. 1992. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1468-5914.1992.tb00215.x>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- FRIESNER, T. **History of SWOT Analysis**. 2011. Disponível em: <https://www.marketingteacher.com/history-of-SWOT-analysis/>. Acesso em: 17 abr. 2019.
- GOMES, M. A. O. Diagnóstico Rápido Participativo (DRP): uma ferramenta de ação e aprendizagem coletiva. *In*: BROSE, M. (org.) **Metodologia participativa: uma introdução a 29 instrumentos**. 2. ed. Porto Alegre: Tomo Editorial, 2001. p. 67-80.

- GORAYEB, A.; MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V. Princípios básicos de Cartografia e Construção de Mapas Sociais. In: GORAYEB, A.; MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V. **Cartografia Social e Cidadania: experiências de mapeamento participativo dos territórios de comunidades urbanas e rurais**. Fortaleza: Expressão Gráfica, 2015.
- GUIMARÃES, R. R.; LOURENÇO, J. N. P.; LOURENÇO, F. S. **Métodos e técnicas de diagnóstico participativo em sistemas de uso da terra**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2007.
- HANNA, P.; VANCLAY, F.; LANGDON, E. J.; ARTS, J. Improving the effectiveness of impact assessment pertaining to Indigenous peoples in the Brazilian environmental licensing procedure. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 46, p. 58–67, 1 abr. 2014.
- HELMS, M. M.; NIXON, J. **Exploring SWOT analysis – where are we now?** A review of academic research from the last decade, *Journal of Strategy and Management*, v. 3 n. 3, p. 215-251, 2010.
- HERLIHY, P. H.; KNAPP, G. Maps of, by, and for the Peoples of Latin America. **Human Organization**, v. 62, n. 4, p. 303–314, 2015.
- HIRSCHBERG, S. Greenhouse gas emission reduction options: Modeling and implications. **Energy**, v. 30, n. 11-12, p. 2025–2041, 2005.
- IBAMA. **TERMO DE REFERÊNCIA**: Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental EIA/RIMA, Tipologia: COMPLEXOS EÓLICOS MARÍTIMOS (*OFFSHORE*). Nov. 2020. Disponível em: [https://www.ibama.gov.br/phocodownload/licenciamento/publicacoes/2020-11-TR\\_CEM.pdf](https://www.ibama.gov.br/phocodownload/licenciamento/publicacoes/2020-11-TR_CEM.pdf). Acesso em: 29 jan. 2020.
- JOLIVEAU, T. O lugar do mapa nas abordagens participativas. In: ACSELRAD, H. (org.). **Cartografias sociais e território**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa e Planejamento urbano e Regional, 2008. p. 13-43.
- KELLE, U. Sociological Explanations between Micro and Macro and the Integration of Qualitative and Quantitative Methods, *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, v. 2, n. 1, p. 1-22, 2001.
- KVAM, R. **Avaliação de impacto social: Como integrar questões sociais a projetos de desenvolvimento**. Washington, D.C.: Banco Interamericano de Desenvolvimento - BID. 2018, 152p. Disponível em: <https://publications.iadb.org/pt/avaliacao-de-impacto-social-como-integrar-questoes-sociais-projetos-de-desenvolvimento>. Acesso em: 02 abr. 2019.
- MEIRELES, A. J. A.; GORAYEB, A. **A cartografia social vem se consolidando como instrumento de defesa de direitos**. 09 fev. 2014. Disponível em: <http://www.mobilizadores.org.br/entrevistas/cartografia-social-vem-se-consolidando-com-instrumento-de-defesa-de-direitos/>. Acesso em: 24 nov. 2018.
- MEE, L. **Complementary Benefits of Alternative Energy: Suitability of Offshore Wind Farms as Aquaculture Sites Inshore Fisheries and Aquaculture Technology Innovation and Development**. v. 44, n. abr., p. 36, 2006. Disponível em: [https://www.seafish.org/media/Publications/10517\\_Seafish\\_aquaculture\\_windfarms.pdf](https://www.seafish.org/media/Publications/10517_Seafish_aquaculture_windfarms.pdf). Acesso em: 24 nov. 2018.
- MORSE, J. M.; BARRETT, M.; MAYAN, M.; OLSON, K.; SPIERS, J. Verification Strategies for Establishing Reliability and Validity in Qualitative Research. **International Journal of Qualitative Methods**, v. 1, n. 2, p. 13–22, 30 jun. 2002. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/160940690200100202>. Acesso em: 24 nov. 2018.
- PICKLES, J. Review Article: Social and Cultural Cartographies and the Spatial Turn in Social Theory. **Journal of Historical Geography**, v. 25, n. 1, p. 93–98, jan. 1999. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0305748898901037>. Acesso em: 24 nov. 2018.

- POPAYAN – ASOCIACIÓN DE PROYETOS COMUNITARIOS. **Territorio y Cartografía Social**. 2005. 9p. Disponível em: [http://www.iunma.edu.ar/doc/MB/lic ts mat bibliografico/TRABAJO%20SOCIAL%20Y%20POL%C3%8DTICAS%20SOCIALES/Modulo\\_0\\_Territorio.pdf](http://www.iunma.edu.ar/doc/MB/lic ts mat bibliografico/TRABAJO%20SOCIAL%20Y%20POL%C3%8DTICAS%20SOCIALES/Modulo_0_Territorio.pdf). Acesso em: 05 jun 2019.
- PUZATCHENKO, I. G. Pressupostos para a avaliação das ações antrópicas sobre o meio ambiente. *In*: AB'SABER, A. N.; MÜLLER-PLANTENBERG, C. (org.) **Previsões de Impactos: O Estudo de Impacto Ambiental no Leste, Oeste e Sul. Experiências no Brasil, na Rússia e na Alemanha**. 2. ed. São Paulo. Editora Universidade de São Paulo, 2006. p. 205-211
- REILLY, K.; O'HAGAN, A. M.; DALTON, G. Moving from consultation to participation: A case study of the involvement of fishermen in decisions relating to marine renewable energy projects on the island of Ireland. **Ocean and Coastal Management**, v. 134, p. 30-40, 2016
- SÁNCHEZ, L. E **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 583 p.
- SIMS, R. E. H.; ROGNER, H. H.; GREGORY, K. Carbon emission and mitigation cost comparisons between fossil fuel, nuclear and renewable energy resources for electricity generation. **Energy Policy**, v. 31, n. 13, p. 1315-1326, 2003.
- SOVACOOOL, B. K.; TURNHEIM, B.; HOOK, A.; BROCK, A.; MARTISKAINEN, M. Dispossessed by decarbonisation: Reducing vulnerability, injustice, and inequality in the lived experience of low-carbon pathways, *World Development*, v. 137, p. 105116, 2021.
- TRAPP, G. S.; RODRIGUES, L. H. Avaliação do custo sistêmico total da geração de energia eólica em face da substituição das fontes hidrelétrica e termoeletrica considerando as externalidades socioeconômicas e ambientais. **Gest. Prod.** v. 23, n. 3, p. 556-569, 2016.
- ULLRICH, D. R.; OLIVEIRA, J. S.; BASSO, K.; VISENTINI, M. S. Reflexões teóricas sobre confiabilidade e validade em pesquisas qualitativas: em direção à reflexividade analítica. **Análise**, Porto Alegre, v. 23, n. 1, p. 19-30, jan./abr. 2012
- UN - UNITED NATIONS. **Modern cartography: base maps for world needs**. Lake Success, New York: UN, Department of Social Affairs. 1949, 130p. Disponível em: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015015212338&view=1up&seq=22>. Acesso em: 22 jun. 2021.
- VANCLAY, F.; ESTEVES, A. M.; AUCAMP, I.; FRANKS, D. M. **Social Impact Assessment: Guidance for assessing and managing the social impacts of projects**. [s. l.] Internacional Association for Impact Assessment, 2015.
- VERPLANKE, J.; MCCALL, M. K.; UBERHUAGA, C. ; RAMBALDI, G.; HAKLAY, M. A Shared Perspective for PGIS and VGI. **Cartographic Journal**, v. 53, n. 4, p. 308–317, 2 out. 2016. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00087041.2016.1227552>. Acesso em: 22 jun. 2021.
- VIEGAS, M. D. C.; MONIZ, A. B.; SANTOS, P. T. Artisanal Fishermen Contribution for the Integrated and Sustainable Coastal Management – Application of Strategic SWOT Analysis. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 120, p. 257–267, mar. 2014.
- XAVIER, T.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Energia eólica *offshore* e pesca artesanal: impactos e desafios na costa oeste do Ceará, Brasil. *In*: Dieter Muehe Flavia Moraes Lins-de-Barros , Lidriana de Souza Pinheiro.. (org.). Geografia marinha [livro eletrônico]: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos. 1ed. Rio de Janeiro: Caroline Fontelles Ternes, 2020, v. 1, p. 608-631. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1kC53ZLBkjbR1HDJc0LyTdfBgNUYH7NCZ/view>. Acesso em: 22 jun. 2021.
- YAVUZ, F.; BAYCAN, T. Use of SWOT and analytic hierarchy process integration as a participatory decision making tool in watershed management. **Procedia Technology**, v. 8, 134-143, 2013.



## CAPÍTULO 4

# A METODOLOGIA Q PARA ANÁLISE QUALIQUANTITATIVA DAS PERCEPÇÕES SOCIAIS DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS

---

*Lucas Seghezzo<sup>1</sup>*

*Christian Brannstrom<sup>2,3</sup>*

### Resumo

Este capítulo fornece um guia metodológico básico sobre o uso da metodologia Q para estudar a percepção social sobre questões socioambientais. Essa metodologia pode ajudar a compreender a diversidade de opiniões e a grande variedade de percepções que geralmente existem sobre tais questões. A metodologia Q é inovadora porque combina métodos qualitativos com o rigor estatístico da análise quantitativa. É particularmente útil para revelar as opiniões de algumas minorias que são subestimadas ou ignoradas por grupos com maior poder político ou econômico. Como exemplo, são apresentados brevemente os resultados de dois estudos de caso sobre a aplicação da metodologia Q ao estudo dos impactos das energias renováveis em áreas específicas do nordeste brasileiro. A utilização dessa metodologia permitiu tornar visíveis as opiniões de vários setores como as comunidades costeiras potencialmente afetadas pela instalação de parques eólicos (Caso 1) e o pessoal altamente técnico que trabalha no setor energético (Caso 2), entre outros. Os resultados obtidos nesses estudos podem contribuir para a definição de decisões políticas mais inclusivas e para tornar os sistemas energéticos do futuro mais equilibrados, justos e sustentáveis.

**Palavras-Chave:** Método Q. Energias renováveis. Percepção social. Análise qualitativa. Análise de discurso.

---

1 Instituto de Pesquisas em Energia não Convencional (INENCO), Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas (CONICET), Universidade Nacional de Salta (UNSa), Salta, Argentina. [lucas.seghezzo@gmail.com](mailto:lucas.seghezzo@gmail.com)

2 Texas A&M University (TAMU), College Station, Estados Unidos.

3 Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil.

## Introdução

Há muitos problemas socioambientais que parecem impossíveis de serem resolvidos. Essas questões podem gerar conflitos sociais e dividir profundamente as sociedades locais (LEWICKI *et al.*, 2003; WEBER *et al.*, 2017). Um exemplo claro de um problema aparentemente insolúvel é a ideia de que as atividades produtivas são inconciliáveis com a conservação do meio ambiente ou com a proteção dos modos de vida locais (ROBINSON, 2011). Em muitos desses casos, as opiniões tendem a se dividir em torno de discursos dicotômicos como “produção versus conservação” (MILLER *et al.*, 2011). Esses discursos articulam visões divergentes que podem se basear tanto em diferentes interpretações da realidade quanto em posições éticas incompatíveis. Em alguns casos, os atores que promovem esses debates o fazem como forma deliberada de manipular a opinião pública e forçar as pessoas a escolher entre duas alternativas aparentemente incompatíveis a fim de promover interesses econômicos setoriais e favorecer determinados grupos de poder (ROBBINS, 2006). Os debates suscitados nesses termos antagônicos acabam por ignorar, conscientemente ou não, a riqueza de opiniões e a grande variedade de percepções que costumam existir na sociedade sobre praticamente qualquer tema.

Conhecer essa variedade de percepções não é tarefa fácil e é necessário aplicar métodos altamente rigorosos para não cair em uma mera interpretação pessoal do que a sociedade supostamente pensa sobre um assunto. Para isso, existe um referencial teórico-metodológico que poderia ser chamado de estudo da percepção social das relações natureza-sociedade. Esse campo de estudo não é novo (BROOKFIELD, 1969; GROSSMAN, 1977; PORTER, 1978), embora sua aplicação em ciências ambientais e Geografia Humana tenha sido relativamente pequena até a redescoberta e adoção gradual da “metodologia Q” (BARRY; PROOPS, 1999; ADDAMS; PROOPS, 2000; ROBBINS; KRUEGER, 2000; EDEN *et al.*, 2005; ROBBINS, 2005). A metodologia Q está sendo utilizada para estudar a percepção social da sustentabilidade em diferentes questões socioambientais, como recentemente demonstrado por Sneegas *et al.* (2021), por meio de análise bibliométrica e revisão sistemática da literatura existente até o momento. Entre os tópicos específicos que têm sido estudados com essa metodologia, podemos citar a governança ambiental (BRANNSTROM, 2011), gestão da água (VUGTEVEEN *et al.*, 2010; IRIBARNEGARAY *et al.*, 2014; 2021), energias renováveis (ELLIS *et al.*, 2007; CUPPEN *et al.*, 2010; BRANNSTROM *et al.*, 2011; FRATE; BRANNSTROM, 2017), manejo florestal (STEELMAN; MAGUIRE, 1999), manejo de incêndios florestais (RAY, 2011), agricultura (DAVIES; HODGE, 2012; WALDER; KANTELHARDT, 2018), mudanças climáticas (LANSING, 2013), serviços ecossistêmicos (SCHOLTE *et al.*, 2015; HERMELINGMEIER; NICHOLAS, 2017; MAKI SY *et al.*, 2018), conservação da biodiversidade (NIEDZIAŁKOWSKI *et al.*, 2018) e processos de desmatamento (HUARANCA *et al.*, 2019), entre outros.

## A metodologia Q para análise da percepção social

A metodologia Q é uma técnica de análise da percepção social que combina métodos qualitativos com o rigor estatístico da análise quantitativa (MCKEOWN; THOMAS, 1988; BROWN, 1996). Essa técnica se concentra em pessoas, ou grupos de pessoas que pensam da mesma forma, mais do que em suas opiniões particulares, e permite uma medida relativamente “quantitativa” da subjetividade humana (WATTS; STENNER, 2012). Ao contrário das pesquisas tradicionais, a metodologia Q não analisa a opinião de grande parte da população sobre um tema específico, mas busca compreender a percepção que, sobre aquele tema, determinados atores considerados relevantes e com opinião potencialmente diferente têm entre si.

Na metodologia Q, as perspectivas sociais são identificadas analisando o grau de concordância ou discordância que um número relativamente pequeno de participantes, selecionados de forma deliberada e não aleatória, manifesta em relação a um conjunto de frases vinculadas ao objeto de estudo. As frases apresentadas aos participantes podem ser complexas e devem sempre ser interpretadas no contexto das frases restantes, não isoladamente. Essa complexidade significa que as frases podem ter significados diferentes para diferentes participantes, dependendo de sua experiência e conhecimento sobre o tema. Por isso, dizemos que a metodologia Q tem o potencial de revelar racionalidades individuais que muitas vezes permanecem ocultas em pesquisas convencionais (STEELMAN; MAGUIRE, 1999; ZABALA; PASCUAL, 2016). Quando os padrões de resposta são analisados por meio da análise fatorial, é possível detectar correlações entre participantes que possuem pontos de vista semelhantes e, portanto, pertencem à mesma “perspectiva social” (STEPHENSON, 1965). Cada perspectiva (fator ou fator arquetípico) é uma média ponderada que representa as opiniões de todos os participantes que apresentam uma alta correlação entre si. Os fatores podem ser vistos como generalizações das atitudes que as pessoas têm em relação a determinado tema, o que permite fazer comparações entre eles com base nos resultados da análise estatística. Conforme apontado por Brannstrom *et al.* (2011), o uso da metodologia Q na pesquisa científica não só permite a identificação de perspectivas sociais de forma empírica, mas também promove a interação entre pesquisadores e entrevistados de forma que pode levar à geração de novos conhecimentos sobre os temas em estudo.

A metodologia Q foi definida por seu inventor, o físico e psicólogo William Stephenson, como o conjunto de princípios psicométricos e operacionais combinados com aplicações estatísticas especializadas que permitem uma análise sistemática e rigorosa da subjetividade humana (STEPHENSON, 1965). Stephenson estava trabalhando na Universidade de Oxford e apresentou essa metodologia pela primeira vez em 1935 em uma carta à revista *Nature*. Esse método é utilizado em estudos de psicologia, sociologia e, mais recentemente, em ciências ambientais. A metodologia

Q entende a subjetividade como a forma como cada pessoa tem e comunica seus pontos de vista. A subjetividade é autorreferenciada e vinculada, por definição, a um “sujeito”, o que implica que está diretamente relacionada à pessoa e seu quadro de referência geográfico, histórico, cultural e pessoal. Admite-se que, na ausência de situações de manipulação externa, cada pessoa fale por si e expresse o que pensa sem limitações. Isso significa que a subjetividade está “operando”, ou seja, o modo de pensar de uma pessoa a leva a “operar” na realidade de uma determinada maneira. Essa característica é o que dá sustentação teórica à metodologia Q como forma de detectar essa subjetividade operacional com métodos estatísticos e matemáticos.

Embora a subjetividade seja difícil de demonstrar de forma confiável, pois uma pessoa pode responder de uma forma que não corresponde ao que ela realmente pensa sobre um tópico, a metodologia Q analisa a estrutura dessa subjetividade para observá-la, compará-la e estudá-la. Nesse sentido, não importa se o que uma pessoa responde é o que ela realmente pensa, pois o estudo analisa o que essa pessoa responde (sua “fala”), sob o pressuposto de que essa fala reflete o que ela pensa. Em um estudo com a metodologia Q bem executado, os participantes geralmente acabam expressando sua verdadeira opinião sobre o tema do estudo por dois motivos principais: (1) as pessoas selecionadas têm uma opinião forte sobre o tema em estudo, pois foram selecionadas precisamente com base nessa premissa; e (2) as frases que eles devem classificar de acordo com seu grau de concordância ou discordância não possuem respostas óbvias ou “corretas”, pois todas as respostas são igualmente válidas ou socialmente aceitáveis, o que reduz ao mínimo a possibilidade de obter respostas estratégicas ou induzidas pelo entrevistador.

A origem do nome dessa metodologia não é totalmente clara, mas a versão mais aceita é que Stephenson utilizou essa letra para diferenciá-la das metodologias do tipo “R”, ou seja, estatísticas convencionais em que o coeficiente “r” ou “R” (coeficiente de correlação de Pearson) é amplamente utilizado. Em uma pesquisa R típica, buscam-se padrões nas respostas dos participantes (no máximo ordenados de acordo com idade, sexo, nacionalidade). Um estudo do tipo R quase sempre se baseia em apenas uma ou algumas perguntas simples, com respostas que geralmente não dependem do contexto (por exemplo: Em quem vai votar na próxima eleição?). Em contraste, um estudo Q procura padrões entre os participantes, não nas respostas. Em uma investigação do tipo R, a população é a própria população, a amostra são as pessoas que respondem à pesquisa e as variáveis são as perguntas feitas durante as entrevistas. Em vez disso, os assuntos e as variáveis são invertidos na metodologia Q: os “sujeitos” são a amostra de frases a serem classificadas, e as “variáveis” agora se tornam os próprios participantes da pesquisa (estritamente falando, seus padrões de resposta). A “população” Q será então todas as frases que constituem o universo de opiniões possíveis que existem sobre o assunto de estudo no local e no tempo em que a pesquisa é realizada (TULER; WEBLER, 2015).

## Conceitos básicos da metodologia Q

É importante conhecer alguns termos técnicos que são utilizados dentro da metodologia Q (WEBLER *et al.*, [2009](#)).

### Discurso

Um estudo Q ajuda a identificar perspectivas sociais ou atitudes sobre um tópico, analisando os discursos de um grupo de pessoas. O discurso completo (*concourse*) seria então o universo de aspectos, opiniões e discursos vinculados ao tema a ser estudado.

### Frases

As frases, afirmações, proposições ou enunciados (*statements*) é a amostra selecionada do discurso completo, ou seja, de todos os conceitos curtos possíveis ligados ao assunto no local de estudo. As frases sempre fazem parte de um tópico maior e podem se originar de textos, ideias ou fontes diferentes, como jornais, páginas da web, entrevistas, consultorias de especialistas etc. As frases Q se caracterizam por terem significados complexos, duplos ou múltiplos, poderem ser interpretadas de maneiras diferentes por diferentes participantes e porque devem ser interpretadas no contexto do tópico, não isoladamente. Em contraste, as perguntas típicas das pesquisas R são simples, abordam uma e apenas uma coisa de cada vez, devem ser explícitas para que todos as interpretem da mesma maneira e cada pergunta geralmente é independente das outras. Em alguns estudos, fotografias vinculadas a uma determinada mensagem também foram utilizadas como substituto das frases.

### Participantes

Os entrevistados são os participantes que devem classificar as frases de acordo com seu grau de concordância ou discordância em relação às frases. Como dito acima, os participantes não são uma amostra representativa da população e devem representar a amplitude de opinião sobre o assunto em estudo. Nesse sentido, não importa tanto o número de pessoas em cada perspectiva social, mas o número total de perspectivas sociais possíveis existentes no local de estudo. Atores de todos os grupos de interesse existentes na população devem ser incluídos e aqueles participantes que têm algo interessante a dizer (uma opinião) são selecionados, não aleatoriamente. A metodologia Q permite a participação igualitária de atores de diversas origens e níveis educacionais, desde membros de comunidades marginalizadas até pessoal altamente qualificado de empresas ou empreendimentos produtivos. Quanto ao número de participantes necessários em um estudo Q, existem basicamente duas regras: (1) redundância de participantes e (2) redundância de frases. A redundância de participantes exige que para cada perspectiva social possível, que possa existir sobre o objeto de estudo, sejam

entrevistados entre 4 e 6 participantes. Ou seja, se, na opinião dos pesquisadores responsáveis pelo estudo, são esperadas 3 perspectivas sociais possíveis, por exemplo, o número de participantes necessários deve estar entre 12 e 18 (podem ser mais, mas não menos). Por outro lado, a redundância das frases indica que deve haver menos participantes do que frases, numa proporção de aproximadamente 3:1 (3 frases por participante). Essa proporção nunca pode ser inferior a 2:1. Por exemplo, para um estudo em que foram selecionados 20 participantes, cerca de 60 frases teriam que ser identificadas para respeitar a proporção de 3:1.

## Padrões

Os padrões de resposta (*sorts*) são os arranjos de frases feitas por cada participante durante a entrevista. Cada padrão refletirá então uma perspectiva individual. Conforme observado acima, os padrões de resposta são as variáveis da análise Q.

## Fatores

Perspectivas ou fatores sociais surgem da análise quantitativa e interpretação qualitativa dos padrões pela equipe de pesquisa. A análise fatorial, que é realizada em software especial, é baseada na análise estatística dos fatores. O produto dessa análise é a identificação de fatores ou perspectivas sociais, que podem ser interpretados como “famílias” de padrões de resposta semelhantes. A análise dos fatores é um misto de análise qualitativa e quantitativa, pois, uma vez identificados os fatores, a equipe responsável pelo estudo deve interpretá-los analisando detalhadamente as respostas e tentando encontrar relações e ligações entre as classificações dadas a diferentes frases. É claro que nunca haverá uma solução única para uma análise Q, pois diferentes pesquisadores podem fazer uma interpretação ligeiramente diferente das respostas, embora sempre dentro de certos limites impostos pela análise fatorial. Pode-se dizer que as perspectivas sociais são generalizações das atitudes que as pessoas têm sobre um assunto e que permitem que essas atitudes sejam comparadas independentemente do número de pessoas que se identificam com elas. A identificação e interpretação de perspectivas sociais requer um conhecimento profundo do assunto não só para interpretar as perspectivas mais pertinentes, mas também para identificar aqueles fatores que emergem da análise fatorial, mas que, na opinião dos pesquisadores, não fazem sentido no contexto do estudo. É necessário esclarecer que o método matemático de análise ajuda a identificar perspectivas, mas não a interpretá-las, o que é uma tarefa incontornável para a equipe de pesquisa. As perspectivas sociais que emergem de um estudo Q são padrões coerentes de opinião sobre um tópico ou discurso, e é claro que as perspectivas individuais estarão mais ou menos relacionadas às perspectivas sociais nas quais estão inseridas. Essa relação é medida pela “concordância” ou “carregamento” (*loading*) de cada perspectiva individual na perspectiva do modelo ao qual pertence.

Algumas perspectivas individuais com muita concordância são aquelas que podem “definir” uma perspectiva social. A análise fatorial é complexa e não entraremos nos detalhes matemáticos de sua execução.

### *Principais etapas de um estudo Q*

Um estudo Q completo pode ser resumido em uma série de oito etapas principais (alguns autores as resumem em quatro), das quais algumas são obrigatórias, mas outras podem ser opcionais e seguidas apenas em casos específicos (ver Webler *et al.* [2009](#) e Sneegas *et al.* [2021](#), para mais detalhes metodológicos):

- 1) Definição dos objetivos
- 2) Identificação das frases relevantes (Q-set)
- 3) Seleção dos participantes (P-set)
- 4) Condução das entrevistas
- 5) Execução da análise fatorial
- 6) Interpretação dos resultados
- 7) Validação dos resultados em entrevistas com participantes-chave
- 8) Complementação dos resultados com pesquisas tradicionais

### **Definição dos objetivos**

O objetivo do estudo e a pergunta central da pesquisa devem ser claramente definidos. Nos estudos socioambientais, o objetivo central de um estudo Q geralmente está ligado a um contexto específico ou a uma determinada situação local que gera a necessidade de melhor descrever e compreender as diferentes perspectivas sociais existentes sobre um determinado tema. No entanto, em geral, nem sempre, os estudos Q têm sido realizados com a ideia de contribuir para a tomada de decisões sobre determinado tema, de tornar visível a opinião de algumas minorias vulneráveis, ou de reduzir impactos socioambientais ou injustiças associadas a determinados empreendimentos, econômicos ou produtivos.

### **Identificação das frases relevantes (Q-set)**

Uma vez claramente definidos os objetivos do estudo, devem ser escolhidas as frases mais representativas do discurso existente sobre o assunto ou área de subjetividade em particular. Inicialmente, as frases podem ser obtidas em entrevistas anteriores com atores locais relevantes. Essas entrevistas podem servir para esclarecer alguns aspectos do contexto local (socioambiental, político, histórico, geográfico etc.) e são absolutamente essenciais caso os pesquisadores não conheçam a fundo

esse contexto. Embora essas entrevistas possam prolongar a análise, em geral elas melhoram a acurácia do tema de estudo e a identificação dos discursos existentes para a geração de frases. Contudo, as frases provêm de fontes impressas como jornais, boletins, debates públicos, audiências, artigos científicos, entre outras. Em geral, mais de 100 frases são coletadas (DRYZEK; BEREJIKIAN, 1993; VAN EETEN, 2000; WOOLLEY; MCGINNIS, 2000) e para sua seleção final é usada uma combinação de design indutivo ou dedutivo (ADDAMS; PROOPS, 2000) para reduzir o conjunto inicial de frases para um número gerenciável, geralmente entre 20 e 60, seguindo as diretrizes indicadas acima (embora possa ser mais se for considerado apropriado). Com menos de 20 frases, é difícil expressar claramente pontos de vista complexos e com muitas, mais de 60, a entrevista pode se tornar muito longa.

É fundamental que as frases selecionadas sejam: (1) relevantes, ou seja, que tenham um significado claro para os participantes; (2) compreensíveis, apresentadas em linguagem simples, embora o conteúdo não deva necessariamente ser simples; e (3) discutíveis, o que implica que devem motivar a reflexão e gerar uma opinião definida. A partir do universo inicial de frases, deve-se selecionar as mais representativas e relevantes, imprimir todas, discutir pontos fortes e fracos e selecionar as frases mais pertinentes. Às vezes, as frases são divididas em diferentes “categorias” (*foci*) que permitem uma melhor compreensão dos diferentes aspectos do problema em estudo. As categorias podem resultar de uma classificação específica feita pelos pesquisadores, podem refletir teorias existentes sobre o assunto, ou podem surgir de um processo de codificação de dados qualitativos aplicado ao universo de frases coletadas. Às vezes, é necessário editar as frases para corrigir questões gramaticais ou melhorar sua compreensibilidade, mas em geral são preferidas as frases textuais oriundas das entrevistas ou das fontes consultadas, como forma de preservar não apenas os significados, mas também as formas de como os temas são expressos localmente. Também é possível que pesquisadores gerem suas próprias frases sobre temas que ainda não são de domínio público, mas que podem ser de interesse para a pesquisa. A decisão final deve ser tomada pelo pesquisador com base na filosofia do trabalho e nos objetivos da pesquisa. Recomenda-se também equilibrar as frases “positivas” e “negativas” na lista final selecionada para evitar qualquer tipo de influência sobre os participantes e evitar duplas negativas para que os resultados sejam inequívocos (por exemplo, uma frase negativa pode gerar confusão em algum participante que não concorda com ela).

### Seleção dos participantes (P-set)

Os participantes devem ser devidamente selecionados entre aqueles que têm opinião formada sobre o assunto, procurando refletir o mais amplo leque possível de opiniões, por mais minoritários que sejam. Na metodologia Q, um número relativamente pequeno de informantes-chave é entrevistado e selecionado por meio





(zero), que são as frases com as quais o entrevistado não concorda nem discorda ou que, por algum motivo, não conseguiu colocar no restante das células. O ponto zero de indiferença ou “sem relevância” também é chamado de “zero distensivo” e pode ou não estar no meio da distribuição. O fato de tentarmos forçar uma distribuição normal (na verdade a distribuição é um pouco mais plana que uma normal estatística) se baseia no fato de que essa forma ajuda os participantes a revelar suas preferências. Em qualquer caso, a forma da distribuição selecionada não afeta a análise estatística. Nos estudos Q tradicionais, a grade de resposta e os cartões de frase são impressos e dispostos fisicamente na grade, que é então usada como prova de classificação por cada participante. É também obrigatório tirar uma fotografia da distribuição para que os participantes guardem o comprovativo das suas respostas. Há também versões digitais que podem ser preenchidas em computador e os resultados enviados remotamente. Os participantes de um estudo Q podem manter seu anonimato, uma vez que apenas sua filiação a determinado grupo social importa e não sua identidade. Durante a entrevista, também podem ser feitas perguntas para obter justificativas sobre a classificação feita e, então, enriquecer a interpretação das perspectivas sociais (ROBBINS, [2005](#)).

## Execução da análise fatorial

A análise fatorial é realizada para analisar padrões de resposta e encontrar correlações entre eles que permitam a formação de grupos relativamente homogêneos (fatores sociais ou perspectivas). Geralmente são utilizados softwares específicos como o PQMethod 2.20, programa disponível gratuitamente, desenvolvido por Peter Schmolck da Universidade Federal de Munique, Alemanha, ou Ken-Q Analysis 1.0.6, aplicativo disponível na Internet compatível com Windows. O programa realiza três processos estatísticos básicos: calcula a matriz de correlação, extrai e rotaciona os fatores significativos através da análise de componentes principais e define os valores de cada fator do modelo (valores Z) (ADDAMS; PROOPS, [2000](#)). Normalmente, dois a quatro fatores são extraídos após a rotação usando um conjunto de critérios estatísticos definidos (SNEEGAS *et al.*, [2021](#)). Entre eles, que o valor próprio (*Eigenvalue*) da matriz seja maior que 1, que os fatores façam sentido do ponto de vista teórico além da significância estatística, e que haja pelo menos 2 ou 3 participantes por perspectiva social.

## Interpretação dos resultados

Após a análise fatorial, deve-se fazer uma interpretação qualitativa dos resultados obtidos. Normalmente, as afirmações estatisticamente mais substanciais ou distintivas (*distinguishing statements*) e aquelas que receberam as classificações mais extremas (maior concordância ou discordância) são as mais úteis para descrever

qualitativamente os fatores. Interpretar os fatores e atribuir-lhes um nome claro e conciso é provavelmente “a fase mais problemática” da metodologia Q, segundo Eden *et al.* (2005, p. 419). Para a descrição dos fatores, é importante indicar claramente qual é a frase que suporta cada característica do fator, mencionando o número da frase (por exemplo #1 ou #23), o valor normalizado atribuído a essa frase nesse fator (por exemplo entre -5 e +5) e sua significância estatística (\* para  $p < 0,05$  e \*\* para  $p < 0,01$ ). Em geral, não é recomendável usar frases sem significância estatística para descrever os fatores, embora, em alguns casos, possam servir para reforçar a narrativa. Como será visto na descrição dos estudos de caso, os fatores são geralmente identificados com um nome simples que descreve sucintamente suas características dominantes (por exemplo, “ambientalismo crítico” ou “produção agrícola para a economia global”). Não devem ser usados nomes para os fatores que se referem à identidade dos participantes (por exemplo, “produtores” ou “acadêmicos”), pois essa identidade não determinará necessariamente o pertencimento a uma determinada perspectiva social. Conforme indicado por Webler *et al.* (2009, p. 35), “um dos usos interessantes da metodologia Q é ajudar os grupos a entender com o que concordam e com o que não concordam”. Por esse motivo, uma análise comparativa entre as perspectivas também pode ser fornecida para melhor compreender as diferenças e semelhanças entre elas. Para tanto, pode ser útil levar em conta não apenas os pontos de desacordo entre as perspectivas, destacados pelas frases distintivas, mas também os pontos de concordância refletidos nas declarações de consenso (*consensus statements*) estatisticamente relevantes. Além disso, é importante que o debate político e a negociação reconheçam que algumas ideias podem não ser conflitantes, mesmo que não sejam necessariamente acordadas entre as perspectivas. A atenção cuidadosa a essas três categorias de frases (frases distintivas, frases de consenso e frases não controversas) pode ser importante na organização do debate, concentrando-se nas questões mais importantes, ajudando a alcançar compromissos políticos e, eventualmente, superando posições aparentemente irreconciliáveis, como aquelas que ocorrem frequentemente nos debates socioambientais. Essas áreas específicas de consenso e discordância podem ser identificadas fazendo uso mais completo das informações fornecidas pelo *software* Q.

## Validação dos resultados em entrevistas com participantes-chave

A validação dos resultados obtidos é uma etapa opcional, embora seja altamente recomendada. Essa validação geralmente é feita por meio de entrevistas semiestruturadas com alguns participantes-chave, cujos padrões de resposta mais se assemelham aos padrões do modelo que definiram as perspectivas sociais (ROBBINS; KRUEGER, 2000; ROBBINS, 2006). Também é uma boa prática e recomendável, do ponto de vista ético, informar a todos os participantes os resultados obtidos ao final do estudo.

## Complementação dos resultados com pesquisas tradicionais ou outras atividades

Finalmente, e em uma etapa opcional que raramente é realizada após um estudo Q, pesquisas do tipo R podem ser realizadas para descobrir a proporção de pessoas na população local que apoiam cada perspectiva social. É necessário sempre saber que os resultados Q e R podem ser muito diferentes e deve-se ter cuidado com generalizações. Em alguns casos, também pode ser necessário repetir os estudos Q para identificar uma perspectiva que, por algum motivo, foi ignorada nos estudos anteriores. Em alguns estudos, os resultados do estudo Q podem servir para estruturar melhor algumas oficinas participativas com atores locais.

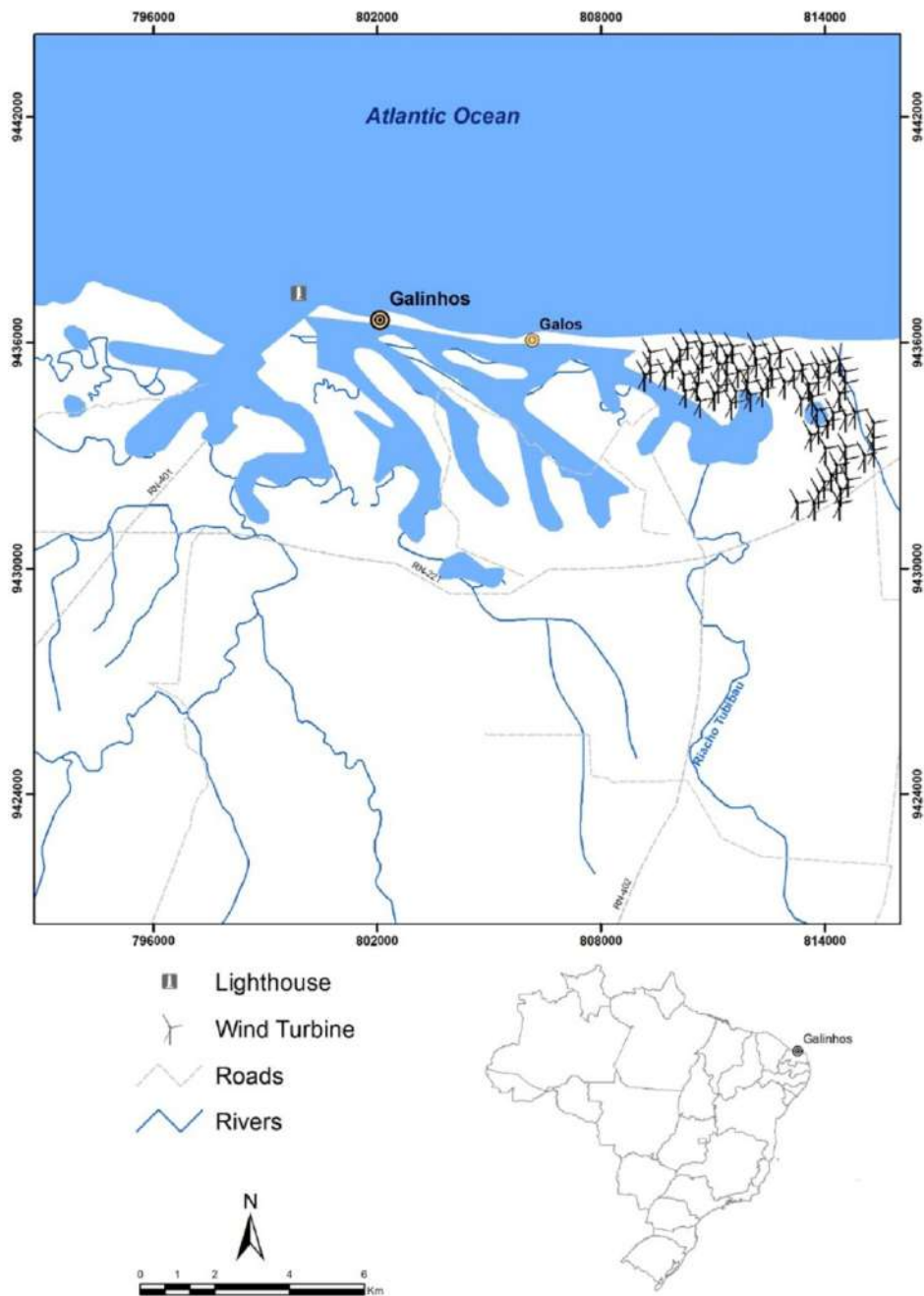
## Aplicação da metodologia Q ao estudo dos impactos das energias renováveis

### *Caso 1: Justiça energética no estado do Rio Grande do Norte, Brasil*

Esse caso é um exemplo de como alguns projetos de parques eólicos podem ser entendidos em escala local em termos de algumas questões de justiça “distributiva” e “processual” de acordo com a definição usada por McCauley *et al.* (2019) e Sovacool *et al.* (2017). Esse trabalho utilizou a metodologia Q para identificar e descrever opiniões subjetivas existentes sobre a justiça distributiva e processual de alguns parques eólicos no estado do Rio Grande do Norte, Brasil (Figura 2; Figura 3) (FRATE *et al.*, 2019).

As questões específicas de justiça levantadas por uma comunidade dedicada à pesca costeira e turismo podem ajudar a aprofundar nossa compreensão da aceitação de parques eólicos no Sul Global (BROWN 2011; HUESCA-PÉREZ *et al.*, 2016; BRANNSTROM *et al.*, 2017; GORAYEB *et al.*, 2018; LAKHANPAL, 2019; ZÁRATE-TOLEDO *et al.*, 2019; VELASCO-HERREJON; BAUWENS, 2020).

Figura 2 - Localização do estudo de caso em Galinhos, Rio Grande do Norte, Brasil



Fonte: Frate *et al.* (2019).

**Figura 3 - Vista do parque eólico de uma das lagoas de água doce no litoral de Galinhos**



Fotografia: Christian Brannstrom, maio de 2016.

No parque eólico de Galinhos, foram identificadas quatro perspectivas sociais (fatores) que se distinguem entre si por questões relacionadas à justiça distributiva e processual. Essas perspectivas foram denominadas: (1) questionar os benefícios da energia eólica; (2) promover parques eólicos; (3) aceitar compensação; e (4) questionar os processos do parque eólico. As três primeiras perspectivas sociais diferiram em como os entrevistados percebiam quem eram os beneficiários dos parques eólicos, na importância relativa dos impactos positivos e se havia realmente impactos negativos como resultado da instalação dos parques eólicos. A quarta perspectiva social foi definida por violações aos princípios da justiça processual, principalmente a presença de pessoas de fora das comunidades nas audiências públicas e o acesso precário às informações sobre o projeto.

Esse trabalho mostra como diferentes atores podem usar aspectos específicos, e às vezes contraditórios, das preocupações da justiça local para apoiar ou se opor a projetos como parques eólicos. Esse estudo de caso está em consonância com os temas estudados por Walker e Baxter (2017), que se concentraram nos muitos fatores de justiça processual e distributiva que influenciam a aceitação ou rejeição local da energia eólica. Os resultados obtidos em Galinhos indicam que algumas

preocupações com a justiça distributiva, como emprego e meio ambiente, podem acabar servindo a interesses opostos. Por um lado, tornam-se uma justificativa fácil para apoiar os parques eólicos, pelo fato de aumentar a mão-de-obra e a atividade econômica sem afetar o ambiente. Por outro lado, os críticos argumentam que o emprego atingiu apenas algumas pessoas, que o parque não impulsionou o turismo e que houve impactos ambientais negativos. De qualquer forma, sabe-se que em países de baixa e média renda, a mera promessa de emprego pode polarizar imediatamente os membros de uma comunidade. Algumas violações da justiça processual, como falta de transparência nas informações e manipulação de audiências públicas, geram oposição aos parques eólicos porque essas violações confirmam um sentimento mais amplo de marginalização política. O caso de Galinhos sugere que no Brasil ainda é cedo para saber com certeza se aspectos de justiça distributiva ou processual são realmente fatores determinantes de apoio ou oposição aos parques eólicos, principalmente porque locais com alto potencial eólico também são locais com altos níveis de desigualdade, baixo nível educacional, dependência de recursos naturais básicos para subsistência e marginalização política.

O caso de Galinhos, baseado na análise da metodologia Q, oferece alguns ensinamentos com relação ao desenvolvimento de parques eólicos no Brasil e em outros países da região. Em primeiro lugar, as empresas de energia e seus aliados políticos devem perceber que informações e audiências públicas representam oportunidades importantes para definir oposição ou apoio aos parques eólicos. Em segundo lugar, é importante compartilhar informações com o Ministério Público (advogados e promotores estaduais) sobre os impactos sociais, políticos e ambientais da energia eólica. O envolvimento precoce do Ministério Público poderia minimizar alguns problemas de justiça processual e distributiva, reduzir a desconfiança entre os diferentes atores e prevenir a corrupção nos processos decisórios. Terceiro, os supostos benefícios trabalhistas, econômicos e estéticos das turbinas eólicas são sempre discutíveis e cada setor terá visões pré-existentes sobre essas questões. O possível emprego gerado por essas iniciativas pode constituir uma demanda por justiça distributiva, mas os benefícios do emprego às vezes são insuficientes para justificar por conta própria a instalação de um parque eólico. Em vez de usar o emprego como o único motivo para construir o suporte para um parque, as empresas devem investir em benefícios mais concretos e abrangentes, como conexão elétrica direta entre a comunidade e o parque eólico, redução nas contas de eletricidade para as comunidades afetadas pelos parques eólicos e outros programas sociais mais permanentes. Quarto, os desenvolvedores de parques eólicos devem aceitar que alguns impactos ambientais negativos serão sentidos de forma desigual pelas comunidades locais e devem relatar isso de forma direta e honestamente. A ideia de que os parques eólicos, por produzirem energia através de fonte renovável, são automaticamente “sustentáveis” e, portanto, não têm impactos negativos, sempre será discutida pelas comunidades locais, que são as que percebem

diretamente os impactos negativos dessas iniciativas em seus ambientes e modos de vida. Por fim, esse trabalho sugere que os estudos típicos sobre impacto ambiental que geralmente são exigidos para o licenciamento socioambiental de projetos de energia não são suficientes por si só para garantir a justiça ambiental no Sul Global. Ao contrário, muitas vezes esses estudos, quando feitos sem levar em conta as realidades e percepções locais, têm ajudado a criar conflitos ao invés de promover a justiça social e ambiental. Como conclusão, esse caso indica que uma melhor inclusão de aspectos relacionados à justiça distributiva e processual nos processos decisórios deve reduzir os conflitos e melhorar a aceitação dos parques eólicos no Sul Global.

### *Caso 2: Barreiras à energia eólica no estado do Ceará, Brasil*

Nesse estudo, diferentes atores ligados ao sistema elétrico do estado do Ceará, Brasil, foram entrevistados para entender como são percebidas as barreiras existentes para a difusão dos parques eólicos de grande porte que estão sendo instalados na região (FRATE; BRANNSTROM, [2019](#)) ([Figura 4](#)).

**Figura 4 - Exemplos de parques eólicos próximos a pequenas comunidades rurais ou costeiras nas comunidades Cumbe (à esquerda, agosto de 2017) e Xavier (à direita, agosto de 2015), no estado do Ceará, Brasil**



Fotografias: Christian Brannstrom (agosto de 2015, 2017).

Em trabalhos anteriores, algumas barreiras à expansão da energia eólica já haviam sido identificadas por meio de entrevistas qualitativas (DIÓGENES *et al.*, [2019](#)). Nesse caso, utilizando a metodologia Q, foram determinadas opiniões estatisticamente significativas entre diferentes atores do setor energético local (planejadores, reguladores, administradores de rede, distribuidores de energia, fabricantes de aerogeradores, industriais e empresários) sobre os desafios técnicos e organizacionais (barreiras) para a difusão da energia eólica em larga escala no estado do Ceará. Os resultados do trabalho podem ajudar a identificar e definir essas barreiras, priorizá-las e entendê-las no contexto das limitações e oportunidades institucionais e regionais. As opiniões



obtidas são sempre heterogêneas e situadas, ao invés de homogêneas e generalizadas, e nem sempre relacionadas a organizações ou grupos interessados em energia eólica. Compreender a natureza complexa das opiniões das partes interessadas pode ajudar a desenvolver estratégias para promover políticas mais favoráveis ao vento no subsistema elétrico da região.

Nesse trabalho, foram identificadas quatro perspectivas (fatores) sociais relacionadas aos desafios da expansão da energia eólica no Nordeste brasileiro, identificadas com os seguintes nomes: (1) fracasso devido à rede; (2) desafios ambientais; (3) planejamento para o vento; e (4) participação no vento. Essas perspectivas sociais enfatizam diferentes barreiras à expansão eólica. A perspectiva “fracasso devido à rede” mostra preocupação com os custos das futuras linhas de transmissão e capacidade de fornecimento em pequena escala. Essa perspectiva mostra preocupação com a capacidade do operador da rede de operar em um ambiente hidrotérmico-eólico e vê a própria rede atual como uma possível barreira. “Desafios ambientais” lida mais com questões organizacionais, com a necessidade de mudar o paradigma hidrotérmico compartilhado pelos técnicos do setor elétrico e com a necessidade de flexibilizar os estudos de impacto ambiental. Esse ponto de vista também acredita que a oposição ambiental tem capacidade para bloquear a concessão de licenças para novos parques eólicos e questiona a motivação de alguns grupos de oposição. O “planejamento para o vento” não considera a capacidade de reserva em usinas hidrelétricas como fator limitante para a expansão da energia eólica. Ao mesmo tempo, essa perspectiva sustenta que o fortalecimento da capacidade preditiva do recurso eólico poderia facilitar a expansão. A visão de que os modelos preditivos precisam ser aprimorados sugere a importância do investimento estatal nesse aspecto fundamental da integração da energia eólica em uma rede nacional (NIMMAGADDA *et al.*, 2014). A perspectiva “participar no vento” é a única que inclui referências e sugestões explícitas sobre questões de planejamento energético.

As perspectivas sociais analisadas nesse trabalho se somam a um debate recente sobre aspectos técnicos e de engenharia relacionados a cenários de alta penetração da energia eólica no Brasil (FARIA; JARAMILLO, 2017; DE JONG *et al.*, 2017; MIRANDA *et al.*, 2017), fornecendo a primeira evidência empírica de que a compreensão subjetiva das barreiras técnicas e institucionais não é uniforme entre os principais atores do setor de energia eólica. As perspectivas sociais analisadas têm ideias centrais diferentes (mas não contraditórias) sobre as barreiras técnicas e de engenharia para a penetração da energia eólica. A resolução dessas diferentes barreiras exigiria diversas intervenções políticas por parte dos tomadores de decisão. As tensões entre as perspectivas sociais também estão relacionadas a um sistema federal que carece de políticas e planejamentos coordenados entre os governos nacional e estadual. Os entrevistados não pareciam muito preocupados com questões relacionadas à oposição das comunidades locais, provavelmente porque essas queixas permaneceram

localizadas e não chegaram às suas respectivas instituições, ou porque acreditam que são os funcionários locais que devem resolver esses problemas. Em termos de desenho de pesquisa, esse estudo mostra a utilidade da metodologia Q para identificar a percepção social em setores altamente técnicos e oferecer resultados que também podem ser utilizados nas ciências sociais que estudam questões relacionadas a políticas e planejamento energético.

## **Comentários finais**

A metodologia Q é utilizada para estudar a percepção social sobre diferentes questões socioambientais e pode ajudar a compreender a diversidade de opiniões e a grande variedade de percepções que geralmente existem sobre essas questões. Essa metodologia é inovadora porque combina métodos qualitativos com o rigor estatístico da análise quantitativa e se concentra em pessoas, ou grupos de pessoas que possuem opiniões semelhantes, e não opiniões em particular. Diferentemente das pesquisas tradicionais, a metodologia Q não está interessada na proporção da população que pensa de uma determinada forma sobre um determinado tema, mas busca identificar a diversidade de opiniões existentes sobre aquele tema. Portanto, é muito útil revelar as opiniões de minorias geralmente subestimadas ou diretamente ignoradas por grupos com maior poder político ou econômico. A metodologia Q não permite generalizar sobre o número de pessoas que compartilham uma determinada subjetividade em uma população, mas é altamente compatível com outras metodologias qualitativas como grupos focais e observação participante, entre outras. Dessa forma, é uma metodologia que agrega valor ao estudo da percepção social das energias renováveis, que normalmente é abordada a partir de outras ciências sociais. A metodologia Q não deve ser a única opção para esse tipo de pesquisa social, mas sim uma alternativa que pode gerar uma nova abordagem para a compreensão dessas complexas questões. Nos casos descritos, mostra-se como a metodologia Q permitiu identificar diferentes perspectivas sociais sobre os impactos da aplicação de energia renovável em áreas específicas do nordeste brasileiro. A utilização dessa metodologia possibilitou a visibilidade das opiniões de vários setores, como as comunidades costeiras potencialmente afetadas pela instalação de parques eólicos (Caso 1), e o pessoal altamente técnico atuante no setor energético (Caso 2), entre outros grupos de opinião. Os resultados obtidos nesses estudos podem contribuir para decisões políticas mais inclusivas e promover sistemas energéticos mais equilibrados, justos e sustentáveis.

## **Agradecimentos**

Os autores deste trabalho agradecem o apoio das seguintes instituições: Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Técnica (CONICET) da Argentina, Universidade

Nacional de Salta (UNSa), Departamento de Geografia da Universidade do Texas A&M, Rede Suíça de Estudos Internacionais (SNIS) (Projeto LÍTIO), CAPES-PVE/BRASIL Proc. 88881.068108/2014-01 (Projeto “Impactos da Energia Eólica no Litoral do Nordeste”) e PRONEM FUNCAP/CNPq Proc. PNE 0112-00068.01.00/16 (Projeto “Análise socioambiental da implantação de parques eólicos no Nordeste: perspectivas para a sustentabilidade da geração de energia renovável no Brasil”).

## Referências

- ADDAMS, H.; PROOPS, J., (ed.). **Social discourses and environmental policy: an application of Q methodology**. Edward Elgar Publishing, Cheltenham and Northampton, MA, 2000.
- BARRY, J.; PROOPS, J. Seeking sustainability discourses with Q methodology. **Ecological Economics**, v. 28, p. 337-345, 1999.
- BRANNSTROM, C. A Q-method analysis of environmental governance discourses in Brazil's northeastern soy frontier. **The Professional Geographer**, v. 63, n. 4, p. 531-549, 2011.
- BRANNSTROM, C.; GORAYEB, A.; MENDES, J. S.; LOUREIRO, C.; MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V.; FREITAS, A. L. R.; OLIVEIRA, R. F. Is Brazilian wind power development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 62-71, 2017.
- BRANNSTROM, C.; JEPSON, W.; PERSONS, N. Social perspectives on wind-power development in west Texas. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 101, n. 4, p. 839-851, 2011.
- BROOKFIELD, H.C. On the environment as perceived. **Progress in Geography**, v. 1, p. 51-80, 1969.
- BROWN, K. B. Wind power in northeastern Brazil: local burdens, regional benefits and growing opposition. **Climate and Development**, v. 3, p. 344-60, 2011.
- BROWN, S. R. Q methodology and qualitative research. **Qualitative Health Research**, v. 6, n. 4, p. 561-567, 1996.
- CUPPEN, E.; BREUKERS, S.; HISSCHEMÖLLER, M.; BERGSMA, E. Q methodology to select participants for a stakeholder dialogue on energy options from biomass in the Netherlands. **Ecological Economics**, v. 69, n. 3, 579-591, 2010.
- DAVIES, B. B.; HODGE, I. D. Shifting environmental perspectives in agriculture: Repeated Q analysis and the stability of preference structures. **Ecological Economics**, v. 83, p. 51-57, 2012.
- DIÓGENES, J. R. F.; CLARO, J.; RODRIGUES, J. C. Barriers to onshore wind farm implementation in Brazil. **Energy Policy**, v. 128, p. 253-266, 2019.
- DRYZEK, J. S.; BEREJIKIAN, J. Reconstructive democratic theory. **American Political Science Review**, v. 87, n. 1, p. 48-60, 1993.
- EDEN, S.; DONALDSON, A.; WALKER, G. Structuring subjectivities? Using Q methodology in human geography. **Area**, v. 37, n. 4, p. 413-422, 2005.
- VAN EETEN, M. Recasting environmental controversies: A Q study of the expansion of Amsterdam airport. In: ADDAMS, H.; PROOPS, J. (ed.). **Social Discourse and Environmental Policy: An Application of Q Methodology**. Cheltenham: Edward Elgar, 2000. p. 41-70.

- ELLIS, G.; BARRY, J.; ROBINSON, C. Many ways to say 'no', different ways to say 'yes': Applying Q-Methodology to understand public acceptance of wind farm proposals. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 50, n. 4, p. 517-551, 2007.
- FARIA, F. A. M.; JARAMILLO, P. The future of power generation in Brazil: An analysis of alternatives to Amazonian hydropower development. **Energy for Sustainable Development**, v. 41, p. 24-35, 2017.
- FRATE, C. A.; BRANNSTROM, C. Stakeholder subjectivities regarding barriers and drivers to the introduction of utility-scale solar photovoltaic power in Brazil. **Energy Policy**, v. 111, p. 346-352, 2017.
- FRATE, C. A.; BRANNSTROM, C. How do *stakeholders* perceive barriers to large-scale wind power diffusion? A Q-method case study from Ceará state, Brazil. **Energies**, v. 12, p. 2063, 2019.
- FRATE, C. A.; BRANNSTROM, C.; MORAIS, M. V. G.; CALDEIRA-PIRES, A. A. Procedural and distributive justice inform subjectivity regarding wind power: A case from Rio Grande do Norte, Brazil. **Energy Policy**, v. 132, p. 185-195, 2019.
- GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A. J. A.; MENDES, J. S. Wind power gone bad: Critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 40, p. 82-88, 2018.
- GROSSMAN, L. Man-environment relationships in anthropology and geography. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 67, n. 1, p. 126-144, 1977.
- HERMELINGMEIER, V.; NICHOLAS, K. A. Identifying five different perspectives on the ecosystem services concept using Q methodology. **Ecological Economics**, v. 136, p. 255-265, 2017.
- HUARANCA, L. L.; IRIBARNEGARAY, M. A.; ALBESA, F.; VOLANTE, J. N.; BRANNSTROM, C.; SEGHEZZO, L. Social perspectives on deforestation, land use change, and economic development in an expanding agricultural frontier in northern Argentina. **Ecological Economics**, v. 165, p. 106424, 2019.
- HUESCA-PÉREZ, M.E.; SHEINBAUM-PARDO, C.; KÖPPEL, J. Social implications of siting wind energy in a disadvantaged region – The case of the Isthmus of Tehuantepec, Mexico. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 58, p. 952-965, 2016.
- IRIBARNEGARAY, M. A.; LA ZERDA, M. F. E.; HUTTON, C. M.; BRANNSTROM, C.; LIBERAL, V. I.; TEJERINA, W. A.; SEGHEZZO, L. Water-conservation policies in perspective: insights from a Q-method study in Salta, Argentina. **Water Policy**, v. 16, p. 897-916, 2014.
- IRIBARNEGARAY, M. A.; SULLIVAN, A.; RODRIGUEZ-ALVAREZ, M. S.; BRANNSTROM, C.; SEGHEZZO, L.; WHITE, D. Identifying diverging sustainability meanings for water policy: A Q-method study in Phoenix, Arizona. **Water Policy**, v. 23, n. 2, p. 291-309, 2021.
- DE JONG, P.; DARGAVILLE, R.; SILVER, J.; UTEMBE, S.; KIPERSTOK, A.; TORRES, E. A. Forecasting high proportions of wind energy supplying the Brazilian Northeast electricity grid. **Applied Energy**, v. 195, p. 538-555, 2017.
- LAKHANPAL, S. Contesting renewable energy in the global south: A case-study of local opposition to a wind power project in the Western Ghats of India. **Environmental Development**, v. 30, p. 51-60, 2019.
- LANSING, D. M. Not all baselines are created equal: A Q methodology analysis of stakeholder perspectives of additionality in a carbon forestry offset project in Costa Rica. **Global Environmental Change**, v. 23, p. 654-663, 2013.

- LEWICKI, R. J.; GRAY, B.; ELLIOTT, M. **Making sense of intractable environmental conflicts: frames and cases.** Washington, DC: Island Press, 2003.
- MCCAULEY, D.; RAMASAR, V.; HEFFRON, R.J.; SOVACOO, B. K.; MEBRATU, D.; MUNDACA, L. Energy justice in the transition to low carbon energy systems: Exploring key themes in interdisciplinary research. **Applied Energy**, v. 233-234, p. 916-921, 2019.
- MCKEOWN, B.; THOMAS, D. Q methodology. Quantitative Applications in the Social Sciences. **Sage Publications**, Newbury Park, Londres, Nueva Delhi, 1988.
- MILLER, T. R.; MINTEER, B. A.; MALAN, L. C. The new conservation debate: The view from practical ethics. **Biological Conservation**, v. 144, p. 948-957, 2011.
- MIRANDA, R.; SORIA, R.; SCHAEER, R.; SZKLO, A.; SAPORTA, L. Contributions to the analysis of “Integrating large scale wind power into the electricity grid in the Northeast of Brazil” [Energy 100 (2016), 401-415]. **Energy**, v. 118, p. 1198-1209, 2017.
- NIEDZIAŁKOWSKI, K.; KOMAR, E.; PIETRZYK-KASZYŃSKA, A.; OLSZAŃSKA, A.; GRODZIŃSKA-JURCZAK, M. Discourses on public participation in protected areas governance: Application of Q methodology in Poland. **Ecological Economics**, v. 145, p. 401-409, 2018.
- NIMMAGADDA, S.; ISLAM, A.; BAYNE, S. B.; WALKER, R. P.; CABALLERO, L. G.; CAMANES, A. F. A study of recent changes in Southwest Power Pool and Electric Reliability Council of Texas and its impact on the US wind industry. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 36, p. 350-361, 2014.
- PORTER, P. W. Geography as human ecology. A decade of progress in a quarter century. **The American Behavioral Scientist**, v. 22, n. 1, p. 15-39, 1978.
- RAY, L. Using Q methodology to identify local perspectives on wildfires in two Koyukon Athabaskan communities in rural Alaska. **Sustainability: Science, Practice, and Policy**, v. 7, n. 2, p. 18-29, 2011.
- ROBBINS, P. Q methodology. In: KEMPF-LEONARD, K. (ed.). **Encyclopedia of Social Measurement**. San Diego (CA):Academic, 2005. v. 3, p. 209-215.
- ROBBINS, P. The politics of barstool biology: Environmental knowledge and power in greater Northern Yellowstone. **Geoforum**, v. 37, p. 185-199, 2006.
- ROBBINS, P.; KRUEGER, R. Beyond bias? The promise and limits of Q Method in Human Geography. **Professional Geographer**, v. 52, n. 4, p. 636-648, 2000.
- ROBINSON, J.G. Ethical pluralism, pragmatism, and sustainability in conservation practice. **Biological Conservation**, v. 144, p. 958-965, 2011.
- SCHOLTE, S. S. K.; VAN TEEFFELEN, A. J. A.; VERBURG, P. H. Integrating socio-cultural perspectives into ecosystem service valuation: A review of concepts and methods. **Ecological Economics**, v. 114, p. 67-78, 2015.
- SNEEGAS, G.; BECKNER, S.; BRANNSTROM, C.; JEPSON, W.; LEE, K.; SEGHEZZO, L. Using Q-methodology in environmental sustainability research: A bibliometric analysis and systematic review. **Ecological Economics**, v. 180, p. 106864, 2021.
- SOVACOO, B. K.; BURKE, M.; BAKER, L.; KOTIKALAPUDI, C. K.; WLOKAS, H. New frontiers and conceptual frameworks for energy justice. **Energy Policy**, v. 105, p. 677-691, 2017.
- STEELMAN, T. A.; MAGUIRE, L. A. Understanding participant perspectives: Q-Methodology in national forest management. **Journal of Policy Analysis and Management**, v. 18, n. 3, p. 361-388, 1999.

- SY, M. M.; REY-VALETTE, H.; SIMIER, M.; PASQUALINI, V.; FIGUIÈRESE, C.; DE WIT, R. Identifying consensus on coastal lagoons ecosystem services and conservation priorities for an effective decision making: A Q approach. **Ecological Economics**, v. 154, p. 1-13, 2018.
- STEPHENSON, W. Definition of opinion, attitude and belief. **The Psychological Record**, v. 15, p. 281-288, 1965.
- TULER, S.; WEBLER, T. Competing perspectives on a process for making remediation and stewardship decisions at the Rocky Flats environmental technology site. *In: Long-term management of contaminated sites*, 2015. p. 49-77. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0196-1152\(06\)13002-1](https://doi.org/10.1016/S0196-1152(06)13002-1).
- VELASCO-HERREJON, P.; BAUWENS, T. Energy justice from the bottom up: A capability approach to community acceptance of wind energy in Mexico. **Energy Research & Social Science**, v. 70, p. 101711, 2020.
- VUGTEVEEN, P.; LENDERS, H. J. R.; DEVILEE, J. L. A.; LEUVEN, R. S. E.; VAN DER VEEREN, R. J. H. M.; WIERING, M.A.; HENDRIKS, A. J. Stakeholder value orientations in water management. **Society and Natural Resources**, v. 23, n. 9, p. 805-821, 2010.
- WALDER, P.; KANTELHARDT, J. The environmental behaviour of farmers – Capturing the diversity of perspectives with a Q Methodological approach. **Ecological Economics**, v. 143, p. 55-63, 2018.
- WALKER, C.; BAXTER, J. It's easy to throw rocks at a corporation: wind energy development and distributive justice in Canada. **Journal of Environmental Policy and Planning**, v. 19, p. 754-768, 2017.
- WATTS, S.; STENNER, P. **Doing Q methodological research: theory, method and interpretation**. Los Angeles: SAGE, 2012.
- WEBER, E. P.; LACH, D.; STEEL, B. S. **New strategies for wicked problems: science and solutions in the twenty-first century**. Corvallis: Oregon State University Press, 2017.
- WEBLER, T.; DANIELSON, S.; TULER, S. **Using Q method to reveal social perspectives in environmental research**. Greenfield: Social and Environmental Research Institute, 2009.
- WOOLLEY, J.T.; MCGINNIS, M. V. The conflicting discourses of restoration. **Society and Natural Resources**, v. 13, n. 4, p. 339-357, 2000.
- ZABALA, A.; PASCUAL, U. Bootstrapping Q methodology to improve the understanding of human perspectives. **PLOS ONE**, v. 11, n. 2, p. 1-19, 2016.
- ZÁRATE-TOLEDO, E.; PATIÑO, R.; FRAGA, J. Justice, social exclusion and indigenous opposition: A case study of wind energy development on the Isthmus of Tehuantepec, Mexico. **Energy Research & Social Science**, v. 54, p. 1-11, 2019.

## CAPÍTULO 5

# ANÁLISE DO DISCURSO E CODIFICAÇÃO (CODING) COM FOCO NOS DOCUMENTOS OFICIAIS DE LICENCIAMENTO AMBIENTAL

---

Wallason Farias de Souza<sup>1</sup>

Antonio Jeovah de Andrade Meireles<sup>1</sup>

Christian Brannstrom<sup>1,2</sup>

### Resumo

Os estudos ambientais são importantes documentos no processo de licenciamento ambiental de empreendimentos do setor elétrico e podem ser analisados para além das suas características técnicas. Esses estudos ambientais são necessários para a aprovação da viabilidade ambiental dos empreendimentos podem ser analisados a partir do discurso que eles carregam e interpretando os interesses e intencionalidades por trás desse discurso. Este capítulo aponta a utilização de programas computacionais de análise qualitativa de dados (*Qualitative Data Analysis Software – QDAS*) como uma importante ferramenta na análise dos discursos dos estudos ambientais utilizados no licenciamento ambiental. Esses estudos possuem informações relevantes sobre a lógica discursiva adotada pelos empreendedores, consultorias, investidores e demais interessados para justificar a implantação de empreendimentos e impulsionar a utilização de determinada matriz energética. Os QDAS (ATLAS.ti, MaxQDA, WebQDA, Nvivo etc.) são capazes de analisar com mais qualidade uma maior quantidade de textos. Apresentam-se alguns exemplos de análise dos discursos aplicados em Relatórios Ambientais Simplificados para o licenciamento ambiental de parques eólicos no Estado do Ceará, Brasil, mostrando resultados encontrados sobre evidências de *green grabbing* a partir da dimensão de financeirização da natureza. Esses programas indicam possibilidades de codificação automatizada e categorização de trechos, quantificação de palavras, termos relevantes e suas colocações no contexto, nuvens de palavras, redes semânticas e teias de descrição que podem oferecer importantes direcionamentos para

---

1 Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil. [wallason.farias@gmail.com](mailto:wallason.farias@gmail.com)

2 Texas A&M University (TAMU), College Station, Estados Unidos.

entender os discursos utilizados para justificar a implantação de empreendimentos, podendo ser utilizados em vários documentos textuais e em diferentes contextos.

**Palavras-Chaves:** Análise de discurso. Coding. Green grabbing. Energia eólica. QDAS.

## Introdução

O discurso ambiental motivando o uso de fontes renováveis para a geração de energia elétrica, para redução de emissões de gases de efeito estufa, e a necessidade de crescimento e diversificação da matriz elétrica brasileira em meio a uma crise energética conduziram a esforços do poder público nas últimas duas décadas para um maior aproveitamento do potencial de algumas regiões do país para a produção de eletricidade a partir de fonte eólica. As reflexões sobre análise de discurso e codificação estão presentes na Geografia com o uso cada vez mais frequente de programas computacionais do tipo *Computer-Assisted Qualitative Data Analysis Software* (CAQDAS) e procedimentos de codificação de textos, permitindo a organização, exploração e a análise de grandes bancos de dados e construção e fundamentação de teorias de modo simplificado e com auxílio computacional. Além de uma análise preliminar (GORAYEB *et al.*, 2018), não se sabia sobre o conteúdo e os discursos que integravam os Relatórios Ambientais Simplificados (RAS), até o desenvolvimento desta pesquisa, para parques eólicos no Ceará.

Este capítulo descreve as bases conceituais na geografia humana para a codificação de textos e os procedimentos técnicos para fazer um estudo com o *Qualitative Data Analysis Software* (QDAS) e resume alguns estudos que realizam análise de discurso em assuntos de geografia da energia. Em seguida, o texto explica os detalhes metodológicos para realizar análise de discurso por meio de um QDAS. Essas metodologias foram aplicadas à análise de 18 RAS, identificando evidências discursivas de *green grabbing* e os problemas e deficiências de comunicação desses estudos, inclusive os discursos sobre “crises” (ARAÚJO *et al.*, 2020).

## Análise de discurso por meio de *softwares*: Uma breve introdução

A análise de discurso é uma metodologia utilizada nas ciências humanas e sociais há vários anos. Na Geografia Humana, Waitt (2005), Peace e Van Hoven (2005), e Cope (2005) descrevem a prática de *coding* (codificação de expressões-chave) e uso de programas computacionais capazes de facilitar e potencializar as análises para realizar a análise de discursos a partir de textos. Sobre a análise de discurso, Waitt (2005) tece considerações relevantes sob a ótica de Michel Foucault, indicando que a análise de discurso nessa ótica consiste em três afirmações principais: i) explorar os resultados de discurso em termo de ações, percepções, atitudes em vez que a simples



análise de textos; ii) identificar o quadro geral regulatório dentro de um grupo de declarações produzidas, circuladas e comunicadas dentro de cada construção pessoal, seus enunciados e pensamentos; e iii) descobrir o suporte ou mecanismos internos que mantém certas estruturas e regras sobre as declarações sobre pessoas, animais, plantas, eventos ou senso comum, em vez que para descobrir a verdade ou a origem de uma declaração.

Conforme Cope (2005), os geógrafos estão cada vez mais engajados não somente em fazer pesquisas qualitativas, mas também pensando e escrevendo criticamente sobre metodologias, incluindo os caminhos para avaliar, organizar e dar sentido aos seus dados através de processos de codificação (manual ou computacional). Peace e Van Hoven (2005) afirmam que é relativamente recente o envolvimento de geógrafos humanos e cientistas sociais com o suporte computacional, possível através da análise estruturada de dados qualitativos, citando como exemplo programas computacionais do tipo CAQDAS, que é um título genérico para programas que analisam dados qualitativos em computador. Os diferentes tipos de programas e os critérios de escolha para a pesquisa devem ser baseados no tempo, objetivos, recursos e habilidades.

Esses autores destacam as vantagens e preocupações de se trabalhar com um CAQDAS. As vantagens apontadas são a gerência de grande quantidade de dados, codificação e recuperação conveniente, pesquisa de textos de forma precisa, a identificação rápida de casos desviantes, mais tempo para explorar dados grosseiros e o relacionamento amigável com dados (criatividade). Como preocupações destacam, dentre outras, a obsessão com o volume de dados, a análise mecânica dos dados com a máquina assumindo o controle e a perda da visão geral.

Cabe destacar as diferenças entre dois conceitos próximos: análise de conteúdo (*content analysis*) e análise de discurso (*discourse analysis*). Waitt (2005) afirma que a análise de conteúdo examina textos como algumas coisas que existem em si mesmo, o qual está aparentemente transparente e pode ser analisado de forma isolada, procedendo-se através da codificação e pela quantificação de prioridades de identificação e temas emergentes dentro dos textos. A análise de discurso tem como foco os efeitos de um texto cultural particular sobre o que um indivíduo pode fazer ou pensar ao desvendar sua produção, contexto social e audiência pretendida, tendo a “força metodológica” para ir além do texto, do subtexto e da representação para descobrir questões de relações que informam o que as pessoas pensam e fazem.

Um tipo de técnica muito utilizada nessas duas abordagens é a codificação, que tem como objetivos principais a redução de dados, a organização e a criação de sistemas de busca e análises e construção de teorias, podendo ser feita manualmente (em papel) ou por meio de um CAQDAS em documentos eletrônicos, sendo ambos os caminhos sistemas de identificação de termos, frases ou ações que aparecem em um documento e a contagem de quantas vezes elas aparecem e em qual contexto (COPE, 2005).

Codificação para Waitt (2005) significa identificar temas-chave em um texto ou documento para revelar como o seu produtor/elaborador está incorporado dentro de uma estrutura discursiva específica. Para isso sugere uma série de questões iniciais:

- “Quais categorias de códigos são sugeridas pela questão de partida?”
- “Quais efeitos de estruturas discursivas você está codificando (atitudes, experiências, percepções ou ações)?”
- “São resultados de estruturas discursivas específicas de um determinado local?”
- “Quais categorias de códigos são sugeridas pela mais ampla literatura empírica e teórica a partir de qual a questão de partida foi derivada?”

Cope (2005) afirma que diferentes pesquisadores usam codificação por diversas razões, dependendo dos seus objetivos, sendo usado algumas vezes em uma exploração, caminho indutivo como em uma “teoria fundamentada” (*grounded theory*), onde o propósito é gerar teorias a partir de dados empíricos, enquanto outras vezes é usado para dar suporte a teorias ou hipóteses de maneira mais dedutiva. Para esse autor, a codificação começa com códigos iniciais que vêm das questões de pesquisa, literatura de fundo e categorias inerentes ao projeto e progredindo através de códigos mais interpretativos como padrões, relacionamentos e diferenças, sendo reflexiva e devendo ser refeita à medida que surgem novos conceitos e temas.

Waitt (2005) também sugere que se tenha uma lista de temas e que se verifique por meio da codificação quantas vezes eles ocorrem no texto, devendo ser feita em vários ciclos e reclassificações e verificando como o tema tem significado através das relações entre palavras e conexões entre grupos de palavras em diferentes textos.

## **Análise de discurso em estudos sobre energia**

Os estudos que utilizaram análise de discurso na geografia da energia evidenciam os discursos políticos que motivaram a implantação de determinado tipo de planta elétrica ou mesmo a aceitação e oposição a um tipo de geração elétrica em um dado contrato. Identificam-se nesses estudos três caminhos principais para alcançar os resultados propostos, sendo eles o uso do método Q (FRATE, BRANNSTROM, 2015; COTTON, 2015; BRANNSTROM, JEPSON; PERSONS, 2011; FRATE; BRANNSTROM, 2019), a análise de falas das pessoas (entrevistas) e textos da mídia (MURPHY *et al.*, 2018; COTTON; RATTLE; VAN ALSTINE, 2014; DAVINE; LAWHON; PIERCE, 2017; DANTAS *et al.*, 2019) e a análise de documentos oficiais e de tomadas de decisão (ABBOTT, 2010), sendo esse último menos comum na literatura.

O método Q (ver [Capítulo 4](#)) consiste em uma combinação de análise quantitativa e qualitativa que permite um estudo sistemático das perspectivas sociais, sem dependência de afiliação grupal e aberto a análises de alianças discursivas, argumentações e cismas em todo o amplo espectro de atores envolvidos no gerenciamento de recursos, tendo por base que a subjetividade é observável através de mensuração estatística e assumindo que existem padrões ordenados de discursos que podem ser obtidos a partir dos dados coletados.

Brannstrom, Jepson e Persons (2011) utilizaram o método Q em um estudo sobre as perspectivas sociais do desenvolvimento de energia eólica no Oeste do Texas, Estados Unidos. A partir dessa análise, foram identificados cinco grupos significativos de opinião, com variações desde ao apoio a energia eólica até as preocupações com os impactos negativos. Cotton (2015) utilizou o método Q para visualizar os discursos das partes interessadas no *fracking* de gás xisto no Reino Unido, examinando uma série de impactos ambientais, de saúde e socioeconômicos. A análise visou identificar as formas em que o gás xisto é percebido por diferentes grupos de partes interessadas e explorar as relações entre as perspectivas capturadas no estudo empírico e as tipologias de ambiente em discursos estabelecidos, além de mostrar se tais grupos de partes interessadas possuem marcadamente diferentes perspectivas sobre certas preocupações ambientais para estimular um debate mais amplo sobre a legitimidade democrática, impactos ambientais e sociais e aceitabilidade das atividades de extração de gás de xisto.

As declarações foram extraídas de dados de entrevistas de um estudo qualitativo de discursos políticos no Reino Unido e de declarações escritas e verbais de fontes secundárias (jornais, comunicados, declarações de governo, publicações de ONGs). Os participantes foram selecionados com base em uma amostragem que visou descobrir uma série de interesses dos atores-chave.

A segunda abordagem da análise de discurso tem como foco as falas das pessoas (entrevistas). Por exemplo, Murphy *et al.* (2018) pesquisaram as perspectivas das partes interessadas no desenvolvimento econômico no Texas a partir da produção não convencional de petróleo e gás, o que propiciou como impacto mais direto a criação de cidades em áreas rurais. Para analisar a percepção dos principais interessados econômicos na região, utilizou-se uma entrevista semiestruturada com quinze atores-chave, selecionados por seu papel no desenvolvimento econômico de suas cidades ou municípios. Para o autor, as opiniões dos atores do desenvolvimento econômico que interagem regularmente com as empresas são altamente relevantes porque indicam como os residentes locais e as empresas petrolíferas experimentam um rápido crescimento econômico. As entrevistas foram transcritas e codificadas com o programa ATLAS.ti, tendo como abordagem a teoria fundamentada para identificar temas emergentes.

A partir dessa análise, Murphy *et al.* (2018) identificaram as seguintes perspectivas: (1) “Deus, envie-nos mais um *boom* do petróleo” por parte dos funcionários de

desenvolvimento econômico; (2) “estradas: um bando de idiotas correndo em linha reta”, em alusão aos danos ocasionados nas estradas; (3) “habitação: não há nenhum lugar para abrigar a família aqui”, mencionando a habitação como um importante inibidor do crescimento futuro de suas comunidades; e (4) “força de trabalho e salários: levante seu salário para manter seu empregado”, como o ramo petrolífero pagava muito bem, as outras empresas precisaram elevar os salários para ter trabalhadores.

Outro exemplo é o trabalho de Dantas *et al.* (2019) sobre as percepções sobre a energia eólica no Estado do Rio Grande do Norte, especificando o parque eólico de Galinhos. Os autores analisaram as narrativas divulgadas publicamente, expressas por agentes de mercado, agentes governamentais, responsáveis por conformidade legal e gerenciamento das normas relacionadas ao controle de qualidade ambiental e manutenção no Estado e, de maneira destacada, as preocupações da comunidade foram avaliadas. A partir dessas narrativas construiu-se um quadro representativo capturando as percepções dos atores sociais.

Apresentou-se a “percepção dos investidores sobre as reações da população de Galinhos”, com falas públicas de representantes do Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia (CERN), da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA), da Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Norte (FIERN) e do Consórcio Brasventos. As falas desses atores apresentaram argumentações e contestações ao movimento contrário aos parques, à legitimidade das lideranças e dos argumentos que apontavam os impactos ambientais causados pelos parques, sendo reflexo de “interesses locais oportunistas” (Dantas *et al.* 2019, p. 12).

A análise de artigos de jornais também representa uma das ferramentas utilizadas em análise de discurso. Davine, Lawhon e Pierce (2017) utilizaram 50 artigos de um dos jornais mais amplamente divulgados no Canadá para examinar os debates públicos sobre extração de areia betuminosa como exemplo de como o local é negociado para legitimar resultados específicos. Esses autores adotaram uma abordagem analítica orientada ao ponto de vista relacional, ao examinar como as múltiplas perspectivas e posições coexistem e são expostas em momentos de contestação. Essa pesquisa encontrou 672 artigos dos quais 50 foram amostrados aleatoriamente e codificados, resultando em 63 instâncias de enquadramento. Encontraram posições divergentes de discursos utilizados pelo governo, indústria, grupos indígenas, ambientalistas e outras partes interessadas, na medida em que foram a favor ou contra o desenvolvimento da extração das areias betuminosas.

Algo que é menos comum na literatura é a análise de discurso de documentos oficiais de licenciamento e de alguma etapa do processo de permissão de plantas elétricas. Um estudo nesse sentido foi desenvolvido por Abbott (2010), ao analisar o discurso de comentários públicos durante o processo de licenciamento para parques eólicos no Condado de Kittitas, Estado de Washington, Estados Unidos. Tendo a ecologia política como fundamentação central, o estudo realizou uma análise

quantitativa simples de registros público para dois projetos de energia eólica para ilustrar como a oposição local à energia eólica foi inserida através da ideologia de conservação. O autor destaca inicialmente o discurso de conservação local relacionado à ideia de energia eólica, vinculado a conservação da vida selvagem, uma alternativa aos combustíveis fósseis, o impacto paisagístico e a preservação agrícola em dois parques eólicos no Estado. Percebeu-se que os lugares físicos da energia eólica são classificados de pelo menos quatro maneiras diferentes: lugares de habitat da vida selvagem, locais para a produção de energia limpa, locais de produção e estilos de vida culturalmente criativos e lugares estéticos. A análise quantitativa dos comentários de caderno público para os dois parques eólicos forneceu uma imagem detalhada das representações discursivas relacionadas à energia eólica. Por meio da codificação de 146 documentos, foram identificadas oito categorias de assuntos provenientes da participação pública durante o processo de licenciamento: vida selvagem terrestre, vida selvagem aviária, mudança climática global, dependência energética, poluição, efeitos visíveis, valor da propriedade e desenvolvimento econômico. O estudo concluiu que o discurso de conservação da energia eólica depende da região geográfica e da posição da qual o discurso é enquadrado, sendo que fatores ambientais, políticos e econômicos globais têm acrescentado uma nova dimensão às preocupações de administração regulatória.

Com a análise de discurso e *coding* em estudos qualitativos em geografias da energia, convém mencionar que os CAQDAS são programas computacionais de interpretação textual, sendo uma ferramenta para apoiar o processo de análise de dados qualitativos. O *software* liberta o pesquisador de tarefas que um computador pode executar de modo eficaz, como modificar códigos de palavras, codificar segmentos, recuperar dados com base em critérios, procurando por palavras, contando o número de incidências codificadas e oferecendo visões gerais em várias etapas de um projeto (FRIESE, 2014).

Friese (2014) salienta que ao usar QDAS torna-se mais fácil analisar dados de forma sistemática e fazer perguntas que de outras formas não teriam respostas, pois tarefas manuais seriam muito demoradas. Mesmo grandes volumes de dados e de diferentes tipos de mídia podem ser estruturados e integrados rapidamente com o uso do programa, o que também aumenta a qualidade e a validade dos resultados.

## **Análise de discurso de estudos ambientais utilizados para o licenciamento ambiental de parques eólicos**

Este capítulo tem como base uma pesquisa mais ampla que teve como objetivo analisar os discursos dos Relatórios Ambientais Simplificados (RAS) de empreendimentos de energia eólica no litoral do Ceará, visando identificar se os parques eólicos representariam um caso de *green grabbing* (apropriação de terras e recursos) no litoral cearense. Utilizou-se um programa de análise qualitativa de dados (ATLAS.ti) para codificação e análise de discurso de *green grabbing* em 18 RAS, totalizando 4.204

páginas, e realizaram-se visitas de campo nos parques instalados em busca de evidências materiais de apropriação. Os resultados encontraram nos RAS marcas discursivas de *green grabbing* com a apropriação de terras e recursos a partir de justificativas e finalidades ambientais na implantação de parques eólicos na zona costeira do Ceará, estudos ambientais com fragilidades e alto nível de repetição de conteúdo e evidências de apropriação material nos parques eólicos instalados. Os RAS apresentaram-se como frágeis instrumentos para avaliação de viabilidade ambiental para os parques eólicos na zona costeira do Ceará, utilizando-se a retórica de *green grabbing* para justificar e minimizar os impactos socioambientais e a apropriação de terras e recursos. Neste capítulo abordam-se os resultados encontrados para uma dimensão de *green grabbing*, a financeirização da natureza, e as evidências discursivas encontradas nos RAS.

### *O Relatório Ambiental Simplificado*

Estudos ambientais do tipo RAS foram instituídos pela Resolução nº 279/2001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e, desde então, têm sido utilizados para avaliar a viabilidade ambiental da implantação de parques eólicos no Ceará, considerando-os como de pequeno potencial de impacto ambiental, o que tem facilitado e acelerado a implantação desses parques ao longo do litoral cearense. Conforme estudos prévios, a implantação desses parques na zona costeira do Estado do Ceará gerou impactos que afetaram o meio ambiente e as populações locais. Gorayeb *et al.* (2018) iniciaram uma abordagem crítica do processo de licenciamento ambiental e análise de um RAS para instalação de um parque eólico no Ceará.

A escolha dos RAS como objeto de análise se deu por esses estudos terem sido por muito tempo os únicos instrumentos legais de avaliação de impactos ambientais para parques eólicos no Ceará e no Brasil. Os RAS são muito relevantes na expansão da energia eólica no Ceará, pois representam parte essencial do licenciamento ambiental e criaram o caminho legal para a instalação de vários parques eólicos, além de serem uma peça fundamental para viabilizar investimentos nesses projetos.

O licenciamento ambiental no Brasil constitui-se como um instrumento da Política Nacional de Meio Ambiente, sendo instituído pela Resolução nº 1 de 23 de janeiro de 1986 e complementado pela Resolução nº 237 de 19 de dezembro de 1997, ambas do CONAMA. A primeira resolução instituiu o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente (RIMA) como mecanismos obrigatórios de obtenção da licença ambiental para atividades modificadoras do meio ambiente (artigo 2).

A Resolução CONAMA 237/1997 ainda estabeleceu como estudos ambientais todos os estudos dos aspectos ambientais relacionados à localização, instalação, operação e ampliação de uma atividade ou empreendimento, apresentados para requerer uma licença, citando o relatório ambiental, o relatório ambiental preliminar, o plano

de manejo, o plano e projeto de controle ambiental, o plano de recuperação de área degradada e a análise preliminar de risco.

Conforme Gorayeb e Brannstrom (2016), o EIA-RIMA era o instrumento obrigatório para avaliar a viabilidade ambiental de empreendimentos do setor elétrico até o ano de 2001, quando o Brasil passou por uma crise nesse setor (“apagão”) e o governo instituiu uma política para simplificar o licenciamento ambiental de empreendimentos energéticos considerados de baixo potencial de impacto ambiental, onde se incluíam os parques eólicos, que são utilizados como exemplos de análise no presente trabalho. Assim, o RAS foi instituído por meio da Resolução nº 279 de 27 de julho de 2001, tornando-se o principal instrumento de avaliação de impactos ambientais para esse setor.

Para o licenciamento ambiental dos parques eólicos no Estado do Ceará, atualmente a exigência da Superintendência Estadual do Meio Ambiente do Ceará (SEMACE) está baseada na Resolução nº 462, de 24 de julho de 2014, do CONAMA, onde os empreendimentos de energia eólica de baixo potencial de impacto ambiental, ou seja, considerados de pequeno ou médio porte que se localizem em áreas de tabuleiro pré-litorâneo e que não estejam inseridos em Áreas de Preservação Permanente (APP), apresentem estudo ambiental do tipo RAS. Todavia, foi instituído nessa mesma resolução a necessidade de elaboração de EIA-RIMA para projetos de energia eólica de grande porte e/ou que se localizem próximos às Unidades de Conservação e/ou aos sistemas ambientais litorâneos como, por exemplo, as dunas e manguezais (SEMACE, 2016). Tal direcionamento já foi implementado em nível estadual pela Resolução COEMA nº 06/2018 e Instrução Normativa nº 01/2018.

Os estudos ambientais como os RAS são passíveis de análise para além das suas características técnicas, como geralmente fazem as pesquisas sobre os estudos ambientais. Esses estudos ambientais necessários para aprovação da viabilidade ambiental dos empreendimentos podem ser analisados a partir do discurso que eles carregam e interpretando os interesses e intencionalidades por trás desses discursos. Os estudos ambientais para avaliação da viabilidade ambiental de quaisquer empreendimentos do setor de energia podem ser utilizados para entender os discursos dos interessados na implantação desses empreendimentos e as justificativas e argumentações para impulsionar a utilização de determinada matriz energética.

### *Embasamento conceitual: green grabbing*

A análise dos discursos de um conjunto de estudos ambientais que podem totalizar milhares de páginas pode ser difícil sem o auxílio de um programa computacional, mas com as ferramentas de QDAS, pode-se obter direcionamentos que permitirão ao investigador bons indicadores textuais que compõem os discursos de grupos interessados na implantação dos empreendimentos propostos. Porém, o primeiro passo, antes de implementar ferramentas de QDAS, seria implementar o sistema *grounded*

*theory*, que elabora o sistema de *coding* a partir dos dados, ou implementar uma teoria *a priori* para ser aplicada e orientar o *coding* dos dados qualitativos. Neste trabalho, devido ao volume dos dados qualitativos nos RAS que analisamos, optamos por implementar uma teoria *a priori*, utilizando a bibliografia *green grabbing* (FAIRHEAD; LEACH; SCOONES, 2012). Pode-se afirmar que ecossistemas e territórios têm sido apropriados em várias partes do mundo por meio de uma financialização e apropriação de terras e recursos ambientais, tendo a participação do Estado como agente mediador e importante na flexibilização de leis, sendo isso justificado pela ocorrência de crises em diferentes setores econômicos.

A apropriação significa a transferência de propriedade e dos direitos de uso e controle sobre os recursos. Para esses autores, a discussão sobre *green grabbing* envolve alguns questionamentos-chave, como: (1) em que medida e de que forma o *green grabbing* constitui uma nova forma de apropriação da natureza? (2) Como e quando a circulação de capital verde se manifestou no espaço e por meio de quais dinâmicas políticas e discursivas? (3) Quais as implicações para a ecologia, paisagem e meios de subsistência? (4) Quem está ganhando e quem está perdendo e quais são as relações sociais agrárias, direitos e autoridades? Com qual interesse?

Uma abordagem sobre *green grabbing* deve analisar a articulação material e discursiva do discurso emergente sociedade/natureza e os novos modos, lógicas, mecanismos e consequências da apropriação de terras e recursos, além das suas implicações nos modos de vida das populações locais. Para isso, deve-se considerar três dimensões emergentes: (1) econômica; (2) discursiva e (3) material (FAIRHEAD; LEACH; SCOONES, 2012).

A interação de quatro processos contribui para essa concentração por meio de “novas formas de acumulação por espoliação”: (1) gestão e manipulação de crises, (2) financialização, (3) um novo papel do Estado e (4) apropriação/privatização. Essas quatro dimensões chave de Harvey são imprescindíveis para compreender a apropriação verde (HARVEY, 2003, 2005 *apud* FAIRHEAD; LEACH; SCOONES, 2012). O [Quadro 1](#) mostra como traduzimos os conceitos de Fairhead *et al.* (2012) para a tarefa prática de implementar os códigos no *software* qualitativo.



**Quadro 1 - Descrição de *green grabbing* com aplicação ao coding dos RAS pelo software qualitativo**

Novas formas de "Acumulação por despossessão"	Exemplos baseados no <i>green grabbing</i>	Perguntas para coding dos RAS
Privatização / Apropriação	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formas coloniais e neocoloniais de apropriação são reproduzidas.</li> <li>- Propriedade pública torna-se particular.</li> <li>- Direito à propriedade – expulsões forçadas ou motivadas pelo mercado.</li> <li>- Contratos de arrendamento / posse.</li> <li>- Novos setores de produção e acumulação de capital.</li> <li>- Conflitos sociais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quais os indícios de grilagem de terras?</li> <li>- Uso de empresas, laranjas, contratos?</li> <li>- Menciona-se os usos locais/tradicionais da área pleiteada? E comunidades locais?</li> <li>- Quais os produtos cartográficos?</li> </ul>
Financeirização da natureza	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A natureza vira commodity. Economia verde.</li> <li>- Pagamento de serviços ambientais.</li> <li>- Noção ecológica substituída por capital natural e serviços ecossistêmicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quem são e qual o papel das consultorias ambientais?</li> <li>- Quais os indícios de ocupação dos sistemas ambientais costeiros como fonte de lucro?</li> <li>- Há uso de dados do Estado pelo empreendimento?</li> <li>- Omissão das características ambientais?</li> </ul>
Uso e manipulação de "crises"	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construção e perpetuação do sentido de crise.</li> <li>- "Crises" produzem condições políticas e econômicas para ações do Estado.</li> <li>- "Crises" como justificativas para a apropriação de terras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Há referência à crise de energia em 2001?</li> <li>- Faz-se referência à urgência política ou nacional?</li> <li>- Faz-se relações com a "crise ambiental" e suas relações com a energia? Ou justifica-se o empreendimento por meio dessa "crise"?</li> </ul>
Novo papel do Estado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redistribuição das riquezas entre os atores.</li> <li>- Negociação e firmação de contratos.</li> <li>- Políticas fiscais.</li> <li>- Benefícios a investidores nacionais e internacionais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Há referência de financiamento do BNDES, leilões?</li> <li>- Refere-se à necessidade de renováveis?</li> <li>- Aborda-se políticas de incentivos a geração de energia por produtores independentes?</li> <li>- Flexibilização da legislação ambiental?</li> <li>- Qual o posicionamento das secretarias municipais e dos órgãos ambientais?</li> </ul>

Fonte: 1ª e 2ª colunas: Harvey (2005), Fairhead et al. (2012); 3ª coluna: Souza (2020)

## Procedimentos metodológicos

A partir de uma análise preliminar, seguindo os princípios de *grounded theory*, podemos fazer uma leitura detalhada dos RAS ([Quadro 2](#)) e enumerar um conjunto de palavras-chave que representem os temas ([Figura 1](#)); porém, para este estudo, aplicamos os conceitos de *green grabbing* como os códigos sugeridos ao QDAS, e que podem ser agrupados como sub-temas de um tema mais amplo, criando uma rede semântica ou mapa de códigos.

A [Figura 1](#) apresenta a estrutura de análise de relatórios ambientais simplificados para avaliação de viabilidade ambiental de parques eólicos.

A definição de palavras-chave pode ser realizada também de forma semiautomática, considerando-se todos os documentos inseridos no projeto. Os programas do tipo QDAS permitem a quantificação das palavras mais frequentes nos arquivos de texto, podendo o usuário criar filtros e excluir palavras não significativas, gerando uma lista de, por exemplo, cem palavras mais frequentes em todos os documentos e, a partir disso, interpretar aquelas palavras que mais caracterizam os discursos adotados nos estudos ambientais.

**Quadro 2 - RAS para parques eólicos analisados no trabalho. Na primeira coluna, o número se refere ao RAS no software**

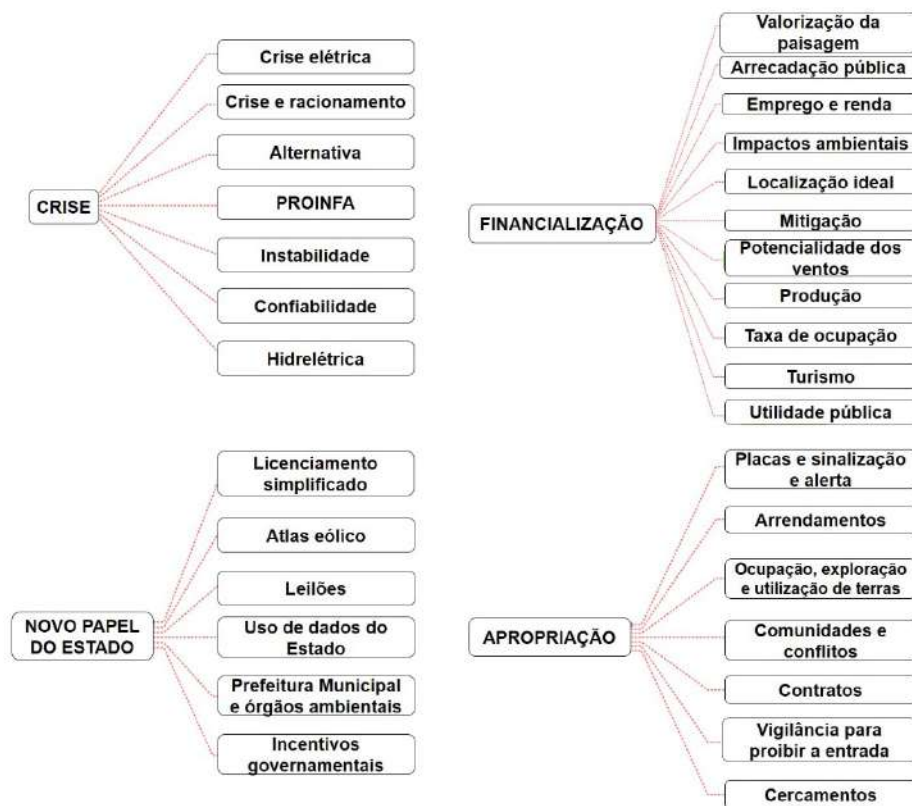
RAS nº (ano)	Município	Capacidade instalada (MW)	Quantidade de turbinas	Sistema ambiental	Fase/Status
1 (2013)	Acaraú	24.0	12	Tabuleiro	Licença obtida; Não construído
2 (2014)	Itarema	29.7	11	Dunas móveis	Licença obtida; Não construído
3 (2014)	Itarema	29.7	11	Tabuleiro	Licença obtida; Não construído
4 (2008)	Paraipaba	12.6	6	Tabuleiro	Licença obtida; Não construído
5 (2002)	Acaraú	28.8	32	Praias e dunas	Em Operação (13 turbinas)
6 (2002)	S.G. do Amarante	13.5	15	Dunas móveis	Não licenciado;
7 (2003)	Acarati	3.3	18	Dunas móveis	Em Operação (2 turbinas)

RAS nº (ano)	Município	Capacidade instalada (MW)	Quantidade de turbinas	Sistema ambiental	Fase/Status
8 (2014)	Acaraú	16.8	8	Tabuleiro	Licença obtida; Não construído
9 (2014)	Acaraú	18.9	9	Tabuleiro	Licença obtida; Não construído
10 (2014)	Acaraú	23.1	11	Tabuleiro	Licença obtida; Não construído
11 (2014)	Acaraú	18.9	9	Tabuleiro	Licença obtida; Não construído
12 (2014)	Acaraú	23.1	11	Tabuleiro	Licença obtida; Não construído
13 (2014)	Itarema	29.7	11	Tabuleiro and floodplain	Licença obtida; Não construído
14 (2002)	Camocim	105.5	50	Dunas móveis	Em Operação (48 turbinas)
15 (2008)	Aracati	31.5	15	Dunas móveis	Em Operação
16 (2008)	Aracati	45.6	24	Dunas móveis	Em Operação
17 (2003)	Aracati	57.0	57	Dunas móveis	Licença obtida; Não construído
18 (2008)	Aracati	57.0	57	Dunas móveis	Em Operação (28 turbinas)

Fonte: Souza (2020).

Com a definição de palavras-chave, pode ser realizada a procura por esses termos em milhares de páginas ao mesmo tempo e a codificação automática ou semiautomática desses termos como evidências dos discursos contidos no estudo ambiental. Tal tarefa otimiza a leitura de um volume significativo de textos, direcionando o foco para os termos-chave e trechos mais representativos.

Figura 1 - Rede semântica com estrutura de análise dos RAS no ATLAS.ti

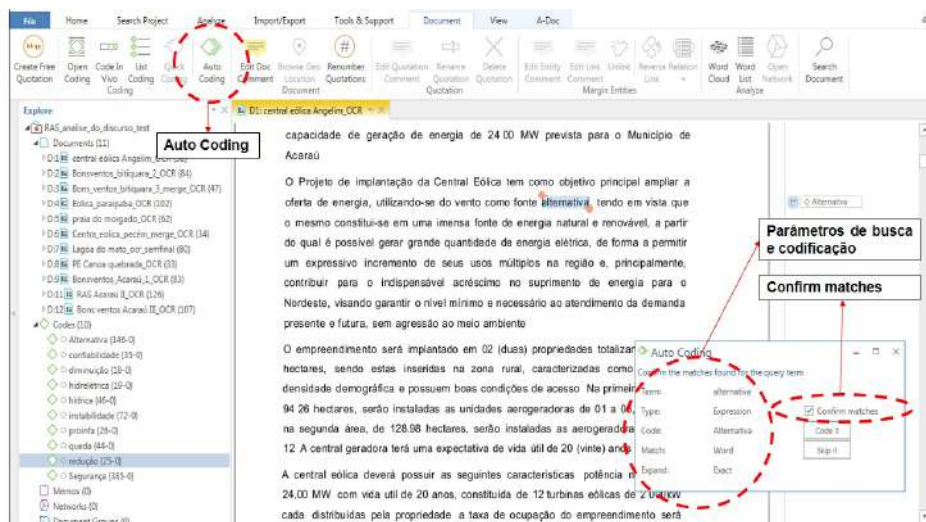


Fonte: Souza (2020).

O programa ATLAS.ti, por exemplo, permite a codificação automática de palavras, expressões, trechos e parágrafos a partir de palavras, verbos ou radicais informados pelo usuário (função *autocoding*). Essa codificação pode ou não passar por uma validação do usuário (*confirm matches*) por meio de uma confirmação da codificação. Ou seja, o programa encontra uma evidência discursiva, mas é o usuário quem define se aquela é uma referência real ou não de determinado discurso identificado. A Figura 2 permite a visualização da tela de trabalho do programa ATLAS.ti, mostrando uma análise semiautomatizada de texto por meio de autocodificação de palavras e posterior confirmação.

Posteriormente, os trechos codificados poderão servir de base para quadros-síntese sobre o número total de ocorrências e com exemplos representativos de discursos identificados, destacando um número de identificação (ID) e o contexto do estudo ambiental em que foram utilizadas. A partir dessas sínteses, pode-se interpretar os trechos e discursos adotados nos estudos ambientais.

Figura 2 - Tela de trabalho do ATLAS.ti



Fonte: Souza (2020).

## Resultados

### Financeirização da natureza

Foram constatadas evidências de *green grabbing* no nível discursivo pela codificação dos 18 RAS, com referências claras às dimensões de crise, do novo papel do Estado, de financeirização da natureza e de apropriação de terras e recursos. Também foram constatadas outras dimensões que não foram previstas nos conceitos de *green grabbing* ou que não são possíveis de análise somente nos estudos ambientais.

Neste capítulo, destacamos apenas a dimensão de financeirização da natureza e as suas ocorrências nos RAS analisados. Nesse sentido, o meio ambiente passa a ser compreendido do ponto de vista estritamente econômico, até mesmo quando a conservação e a preservação da natureza estão em jogo.

Os códigos utilizados para obtenção dos resultados para evidências dessa dimensão nos RAS foram obtidos a partir de questionamentos como: Quais são e qual o papel das consultorias ambientais? Quais os indícios de ocupação dos sistemas ambientais costeiros como fonte de lucro? Há o uso de dados do Estado pelo empreendimento? Omitiu-se características ambientais da área pleiteada?

O papel da consultoria ambiental e do Relatório Ambiental Simplificado é ressaltado logo no início dos relatórios, tendo a função de identificar o empreendedor e caracterizar o empreendimento, com o detalhamento técnico, das tecnologias e equipamentos, além do diagnóstico ambiental e aspectos legais do projeto.

Utilizou-se frequentemente de *checklists* para analisar os impactos ambientais e avaliar a viabilidade ambiental do empreendimento, atribuindo valores aos impactos

positivos e negativos conforme o seu caráter (benéfico ou adverso), magnitude (pequena, média ou grande) e duração (curta, média ou longa). Tal metodologia atribuiu valores aos impactos que podem ser extremamente variáveis conforme a subjetividade do indivíduo e a sua localização.

A discussão sobre a viabilidade ambiental do empreendimento foi quase sempre abordada sob o ponto de vista positivo, sendo os aspectos negativos pouco considerados. Os relatórios apresentam as centrais eólicas como um dos instrumentos para geração de energia de maior compatibilidade com o meio ambiente, sendo compatível com outras atividades e com a preservação e conservação ambiental.

Destaca-se em vários outros pontos dos textos a possibilidade de o empreendimento dar “maior atratividade” à paisagem local, promovendo um “realce” ou “valorização paisagística” que poderá “contribuir para o turismo na região”. Porém, os próprios estudos sugerem em alguns trechos que a percepção sobre o empreendimento envolve a subjetividade e as concepções filosóficas dos indivíduos.

Alguns estudos destacam a “inexistência de monumentos arqueológicos” na área do parque sem descrever, entretanto, os procedimentos que conduziram a essa conclusão, sob a justificativa de que se trata de uma área sedimentar recente. Contudo, relatos de moradores de comunidades localizadas próximas a parques eólicos contestam que já foram encontrados objetos (artefatos arqueológicos) que evidenciam a habitação daquele espaço por civilizações pré-coloniais, além de alguns estudos evidenciarem a existência de sítios arqueológicos em campos de dunas no Nordeste brasileiro (SILVA, [2003](#); MEIRELES, [2011](#); MENDES-JÚNIOR, [2013](#); SIMÕES, [2014](#); OLIVEIRA *et al.*, [2012](#)).

Em outras situações, considera-se irrelevante o ruído produzido pelas turbinas dada a distância para as casas e a dissipação pelos ventos e as modificações no perfil de relevo das dunas e na dinâmica sedimentar, resguardando as faixas de preservação de riachos e lagoas.

O trecho mais direto de financeirização da natureza evidencia-se quando se aborda a “produtividade do terreno”, afirmando que o projeto resultará em produtividade ao terreno, sendo que sem o empreendimento “a atividade produtiva no local é irrelevante, de modo que se utilizará os recursos ambientais sem degradar o meio ambiente”.

O prognóstico também revela o discurso de financeirização, considerando inúmeros benefícios se o empreendimento for instalado e revelando um futuro ruim do ponto de vista socioambiental, caso o empreendimento não seja instalado, com conservação ambiental em um curto período de tempo até que ocorra uma “nova oportunidade de investimentos”, com a futura ocupação por outro empreendimento similar ou por empreendimentos turísticos com a ocupação total ou parcial por atividades antrópicas.

A análise do discurso nos RAS seguindo a lógica de financeirização da natureza compreendeu 20 códigos, agrupando-os em dois subtemas, temos: (1) a financeirização dos ventos; (2) a financeirização da natureza e o reducionismo dos impactos ambientais justificados por benefícios socioeconômicos locais, tendo ocorrências

em todos os RAS analisados. O [Quadro 3](#) sistematiza e quantifica as ocorrências do discurso de financeirização da natureza. Detalha-se em seguida as ocorrências de financeirização da natureza com base na “potencialidade e produtividade dos ventos”.

**Quadro 3 - Síntese da codificação realizada nos RAS para o discurso de “financeirização da natureza”**

Subtema	Termos para autocodificação (termos e radicais)	Ocorrências		
		Iniciais	Confirmação	Frequência
A financeirização da natureza com base na “potencialidade e produtividade dos ventos”	Produção Produtividade	891	387	18/18
	Potencial Intensidade Velocidade	1156	592	18/18
	Vocação Localização Litoral	375	178*	18/18
A financeirização da natureza e o reducionismo dos impactos ambientais justificados por benefícios socioeconômicos locais	Impacto ambiental	1470	1330	18/18
	Mitigação e Compensação ambiental	374	306	18/18
	Taxa de ocupação Área afetada Área de influência	328	126	17/18
	Valorização da paisagem	37	16	10/18
	Incremento no turismo ecológico	198	21	12/18
	Arrecadação tributária	282	253	18/18
	Utilidade pública	65	62	12/18
	Emprego e renda	444	263	18/18
Total	-	5620	3504	18/18

Fonte: Souza (2020).

### *A financeirização da natureza com base na “potencialidade e produtividade dos ventos”*

A preferência pela localização litorânea é evidente ao observar a distribuição dos parques eólicos no Estado do Ceará. As razões para essa preferência têm sua explicação

baseada na justificativa da melhor qualidade dos ventos quanto mais próximo a linha de costa. Além disso, o aspecto fundiário mais propício deve ser um fator que motiva a ocupação de áreas litorâneas. Assim, toda a superfície afetada por ventos de melhor qualidade para geração elétrica por fonte eólica tornou-se área propícia para instalação de parques eólicos na visão de empreendedores e até mesmo do poder público.

No caso do Estado do Ceará, essas áreas “mais propícias” estão localizadas próximas à linha de costa e compreendem sistemas ambientais de alta instabilidade morfodinâmica e variabilidade espaçotemporal, tais como faixas de praia, campos de dunas e planícies fluviomarinhas.

Todavia, a localização litorânea dos empreendimentos com a ocupação daqueles sistemas ambientais foi frequentemente apontada como uma “exigência ou vantagem técnica do projeto”, tendo as dunas como pontos ideais para a locação dos aerogeradores, dada a incidência dos ventos e a altitude.

Com base nessas ideias, o discurso de financeirização da natureza devido à qualidade dos ventos foi percebido nos RAS por meio da utilização de termos como *potencial*, *produção*, *produtividade*, *intensidade*, *litoral*, *vocação*, *valorização* e *localização*. A ênfase que é dada ao longo dos textos tem a concepção de que os ventos da zona costeira são fator de suma importância para a geração elétrica e lucro, tornando aquele ambiente produtivo do ponto de vista econômico.

Dada a necessidade de geração elétrica propiciada pelo momento de crise no setor e o “desconhecimento” por parte da sociedade e do poder público dos potenciais impactos desses empreendimentos nos sistemas ambientais litorâneos, muitos parques eólicos foram instalados em áreas frágeis ambientalmente, tais como praias, dunas, manguezais.

A autocodificação dos RAS por meio daqueles termos-chave possibilitou achados que evidenciaram a ideia de financeirização dos ventos e, obviamente, da área territorial em que eles atuam na zona costeira. Os trechos que contêm aqueles códigos reforçam os discursos de (1) vantagem/exigência técnica do projeto; (2) localização ideal devido ao potencial dos ventos; (3) vocação de maior produção/produtividade elétrica na zona costeira.

Alguns trechos induzem ao entendimento de que o projeto proposto não seria viável se não estivesse localizado na zona costeira, apontando essa característica como uma “vantagem” ou até mesmo uma “exigência técnica” e “justificativa locacional” do projeto proposto ([Quadro 4](#)).



**Quadro 4 - Ocorrências do discurso sobre exigência técnica do projeto de estar localizado na zona costeira**

ID	Seção dos RAS	Trechos nos RAS (códigos em negrito)	RAS de ocorrências
2.01	ASPECTOS GERAIS: Justificativa locacional	A <b>localização</b> da Central Geradora Eólica na faixa litorânea desponta como uma do empreendimento destacando-se que o Estado do Ceará é marcante em toda a sua faixa <b>litorânea</b> , <u>exigência técnica</u> dotado de um <b>potencial</b> eólico intenso e diminuindo gradativamente à medida que se adentra para o interior do continente.	1 e 7
2.02	ALTERNATIVAS LOCACIONAIS	O Estado do Ceará é dotado de um <b>potencial</b> eólico intenso e marcante em toda a sua faixa <b>litorânea</b> , diminuindo gradativamente à medida que se adentra para o interior do Estado, de forma que a <b>localização</b> do empreendimento na faixa <b>litorânea</b> já desponta como uma <u>exigência/vantagem técnica</u> do projeto.	2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14
2.03	ALTERNATIVAS LOCACIONAIS	A <b>localização</b> do empreendimento na faixa <b>litorânea</b> desponta como uma <u>exigência técnica</u> do empreendimento, destacando-se que o Estado do Ceará é dotado de um <b>potencial</b> eólico intenso e marcante em toda a sua faixa <b>litorânea</b> , diminuindo gradativamente à medida que se adentra para o interior do continente. A área selecionada para o empreendimento localiza-se na faixa <b>litorânea</b> , compreendendo uma faixa que se estende de Leste para Oeste, das imediações da linha de costa para o interior.	7

Fonte: Souza (2020).

O litoral ainda é enfatizado como “localização geográfica ideal” quando se apresentam as conclusões e recomendações para o empreendimento, apontando qualquer outra localização litorânea no Estado como alternativa viável, mas nada além disso. Ou seja, o empreendimento para ser viável economicamente deveria estar necessariamente localizado na área de maior incidência de ventos, ocupando assim os sistemas ambientais litorâneos para gerar mais eletricidade e ser mais lucrativo (Quadro 5).

Os argumentos para a exigência da localização litorânea são de que a intensidade dos ventos diminui quanto mais estiver afastado do litoral, ou a proximidade com a infraestrutura necessária à distribuição de eletricidade com a concessionária local (subestações), a disponibilidade de “terrenos livres” de barreiras ao vento e “condições ambientais favoráveis”.

**Quadro 5 - Ocorrências do discurso de localização ou situação geográfica ideal na zona costeira**

ID	Seção dos RAS	Trechos nos RAS (códigos em negrito)	RAS de ocorrências
2.04	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	A <b>localização</b> do empreendimento, justifica-se pelos seguintes aspectos: <b>situação geográfica ideal</b> , uma vez que a área está situada próximo da praia, onde são constantes os ventos de Leste, proximidade a uma subestação abaixadora o que viabilizará a interligação com o sistema de eletrificação da COELCE, disponibilidade de terrenos livres de barreiras naturais ou artificiais entre a área e o oceano, e ainda outras vantagens como baixo potencial biológico variação altimétrica e rede de eletrificação e ainda outras vantagens como a baixa rugosidade do terreno e condições ambientais favoráveis.	5, 6, 7 e 14
2.05	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	A <b>localização</b> do empreendimento justifica-se pelos seguintes aspectos: <b>situação geográfica ideal</b> , uma vez que a área está situada próxima da zona litorânea, sem significativas barreiras naturais ou artificiais, baixa rugosidade do terreno; a existência de subestações na região, para escoamento da geração de energia eólio-elétrica, a conformidade topográfica e aspectos geotécnicos do terreno e disponibilidade de terreno com dimensões e condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento do projeto.	2, 3, 4, 8*, 9*, 10*, 11* 12* e 13.
2.06	ASPECTOS GERAIS: justificativa locacional	Os fatores que resultaram na eleição da área do projeto entre as diversas áreas potenciais selecionadas no <b>litoral</b> cearense são os seguintes: <b>situação geográfica ideal</b> , próxima à praia, em ambiente favorecido pelas correntes eólicas.	1, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13

Fonte: Souza (2020).

O uso dos termos “potencial” e “produção” nos RAS contemplam um discurso diretamente relacionado à economia, reforçando o potencial de ventos do litoral para a produção de eletricidade por meio dos empreendimentos propostos. Dentre as variações de significados, o termo “potencial” refere-se a uma expressão de possibilidade, que pode ou não acontecer, enquanto o termo “produção” pode ser entendido como o “primeiro estágio de uma série de processos econômicos que levam bens e serviços às pessoas”.

No discurso incorporado aos RAS, o uso do termo produção refere-se à produção elétrica por fonte eólica, tendo reflexos sociais e econômicos positivos. Há uma

financeirização dos ventos, onde eles são entendidos quase exclusivamente como a matéria-prima para a produção de eletricidade ([Quadro 6](#)).

Assim, as áreas submetidas à ação de ventos favoráveis à produção de eletricidade por usinas eólicas, ou seja, áreas com alto potencial de produção elétrica por fonte eólica tornaram-se susceptíveis à ocupação de seus sistemas ambientais por parques eólicos.

**Quadro 6 - Ocorrências do discurso de financeirização do vento, destacando-se o potencial de produção elétrica do litoral**

ID	Seção dos RAS	Trechos nos RAS (códigos em negrito)	RAS de ocorrências
2.07	IMPACTOS AMBIENTAIS: avaliação dos impactos ambientais	O projeto tem como proposta a <b>produção</b> de energia elétrica através do <b>potencial</b> eólico da região que refletirá positivamente na economia da região.	1 e 16
2.08	ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA	O estudo de viabilidade econômica do empreendimento tem como pressuposto o levantamento dos parâmetros eólicos da região, bem como o dimensionamento das <b>potencialidades de produção</b> de energia elétrica tendo o vento como fonte alternativa para suplementar as demandas do Estado do Ceará.	2, 3, 8, 9, 10, 11, 12 e 13
2.09	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS	Desta forma, o projeto básico propõe a <b>produção</b> de energia elétrica através da exploração de fonte alternativa de energia, o vento, com grande disponibilidade na região.	2, 3, 4, 5, 13
2.10	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS: funcionamento	O empreendimento explorará a maior potencialidade de energia alternativa existente no Ceará para <b>produção</b> de eletricidade, sendo uma fonte viável em termos ambientais e econômicos.	2, 3, 8, 9, 10, 11, 12, 14
2.11	CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA DO PROJETO: Estudos de viabilidade ambiental	O local escolhido para a <b>produção</b> de energia elétrica a partir de geradores eólicos preenche várias premissas, relacionadas anteriormente, e necessárias ao desenvolvimento do projeto: A <b>localização</b> próxima à praia onde os ventos são mais constantes e intensos.	15, 16, 17 e 18
2.12	PLANOS DE CONTROLE AMBIENTAL: Plano de proteção de praias, dunas ...	O nosso <b>litoral</b> tem enorme vocação para <b>produção</b> de energia eólica, não só pela abundância de vento como pela frequência de comunidades isoladas a tal ponto que o acesso a outra fonte de energia seria caro ou poluente.	15, 16, 17 e 18

ID	Seção dos RAS	Trechos nos RAS (códigos em negrito)	RAS de ocorrências
2.13	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS: caracterização eólica da região	Para a definição do <b>potencial</b> eólico, além dos levantamentos regionais através da instalação de torres de medição de direção e velocidade dos ventos em áreas estratégicas, possibilitando a caracterização em escala regional, foi instalada uma torre de medição na área do projeto. Este estudo foi importante para a seleção de áreas com potencial mais adequado à exploração dos ventos como fonte alternativa de energia para geração de eletricidade.	2, 3, 4, 8, 9, 10, 11, 12, 13
2.14	JUSTIFICATIVA DO EMPREENDIMENTO	O recurso eólico aproveitável para geração de energia elétrica é uma riqueza natural e abundante no Estado do Ceará. Esse <b>potencial</b> poderá ser aproveitado gradualmente nos limites técnicos de inserção da capacidade eólica no sistema elétrico regional. Os ventos são suficientes para suprir energia elétrica para o bem estar e o desenvolvimento de futuras gerações no Nordeste.	4, 5, 8, 9, 10, 11, 12

Fonte: Souza ([2020](#)).

Alguns trechos destacam a exploração do potencial eólico e as outras possibilidades de exploração do solo, destacando a utilização simultânea da área para geração de eletricidade e outras atividades como agricultura e pecuária.

ID 2.15 - ...com relação ao uso e ocupação do terreno, a atividade de produção de energia eólico-elétrica permite a possibilidade de exploração do solo com atividades agrícolas, atividade principalmente de culturas permanente, de forma que é previsível a continuidade da atividade de cultivo de coco no local.

ID 2.16 - Já com relação ao uso e ocupação do solo, estima-se uma ocupação inferior a 5% da área total, estando incluído nesta ocupação os pátios de montagem/manutenção e as vias de acesso de interligação dos aerogeradores, sendo que a atividade de produção de eletricidade através de central eólica é compatível com a utilização simultânea da área para desenvolvimento de outras atividades, entre as quais criação de animais e agricultura com culturas temporárias.

Com base nesse discurso, verificou-se uma nova compreensão da função dos ventos na zona costeira, não mais o entendendo como somente um importante agente na dinâmica natural das ondas do mar ou no transporte de sedimentos, mas como um agente potencial de produzir eletricidade e convertê-la em lucro.

Consequentemente, a financeirização dos ventos conduziu à financeirização dos outros sistemas ambientais litorâneos e à apropriação de terras e recursos justificados pela produção elétrica por fonte limpa e renovável.

## Conclusões

A hipótese do presente capítulo de que os parques eólicos representam um fenômeno de *green grabbing* no litoral cearense pôde ser confirmada por meio da utilização de um *software* de análise qualitativa de dados (ATLAS.ti) e identificação de evidências discursivas em estudos ambientais (RAS).

Houve a apropriação de terras e recursos com finalidades e justificativas ambientais. Essa conclusão se deu analisando os estudos ambientais do tipo Relatórios Ambientais Simplificados (RAS) em busca de evidências discursivas de *green grabbing* no conteúdo textual dos estudos por meio de quatro dimensões-chave: (1) manipulação do sentido de crise; (2) novo papel do Estado; (3) financeirização da natureza e (4) apropriação de terras e recursos. As evidências de *green grabbing* também se materializaram nos parques eólicos instalados, o que foi percebido nos trabalhos de campo em quatro parques eólicos.

Foram apresentados alguns resultados referentes à financeirização da natureza, o que foi caracterizado pela delimitação de extensas áreas em sistemas ambientais litorâneos, argumentando-se a viabilidade ambiental sempre do ponto de vista positivo, onde os impactos socioambientais negativos foram minimizados e os recursos naturais entendidos quase que exclusivamente sob a lógica econômica/financeira.

A metodologia apontada nesse capítulo sugere que o uso de programas de análise qualitativa de dados (QDAS) possibilita a análise de um grande volume textual de modo automatizado, facilitando ao usuário a identificação de referências textuais que evidenciam os discursos adotados pelos grupos interessados na implantação de empreendimentos do setor elétrico.

A metodologia de análise de discurso utilizando QDAS poderá ser incorporada em outras pesquisas na área de licenciamento ambiental para atividades ou empreendimentos não somente do setor elétrico, identificando discursos que conduzem ou justificam a viabilidade ambiental desses empreendimentos. Ressalta-se que outros documentos textuais podem ser utilizados para analisar os discursos de partes interessadas na implantação de empreendimentos, tais como atas de audiências públicas, matérias de jornais, pareceres técnicos, licenças ambientais ou mesmo a comparação de diferentes estudos ambientais para diferentes tipos de empreendimentos.

Diante do referencial teórico apresentado sobre o uso de codificação e programas de análise qualitativa de dados nas ciências humanas e sociais, cabe destacar o aspecto inovador de analisar estudos ambientais utilizando a codificação e análise de discurso como ferramentas para aprofundar os discursos no contexto da energia eólica brasileira e fundamentar a utilização da metodologia em outras aplicações.

A escolha do programa QDAS mais adequado para as análises depende de uma série de fatores como o objetivo, o tempo, os recursos e materiais disponíveis e as habilidades dos usuários envolvidos, podendo até mesmo ser dispensável a utilização de um programa computacional, mas mantidas as estratégias de codificação e análise do discurso.

A interpretação dos dados apresentados a partir da codificação e do uso de QDAS é a tarefa do usuário para entender os discursos utilizados nos estudos ambientais para licenciamento ambiental ou qualquer outro documento textual. A partir dessa análise o usuário poderá compreender as intencionalidades e justificativas utilizadas no discurso dos grupos interessados na implantação de empreendimentos e para impulsionar a utilização de determinado tipo de fonte energética.

## Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento de bolsa de doutorado e doutorado sanduíche. Aos financiamentos dos projetos CAPES PGPSE Proc. 88887.123947/2016-00: Sistemas Ambientais costeiros e ocupação econômica do Nordeste; CAPES PVE Proc. 88887.125221/2015-00: Impactos da Energia Eólica no Litoral do Nordeste: perspectivas para a construção de uma visão integrada da produção de energia “limpa” no Brasil; CAPES PRINT Proc. 88887.312019/2018-00: *Integrated socio-environmental technologies and methods for territorial sustainability: alternatives for local communities in the context of climate change*; e projeto PRONEM FUNCAP/CNPq Proc. PNE 0112-00068.01.00/16: Análise socioambiental da implantação de parques eólicos no Nordeste: perspectivas para a sustentabilidade da geração de energia renovável no Brasil. A Lucas Seghezze pelos comentários e sugestões na versão preliminar deste capítulo.

## Referências

- ABBOTT, J. A. The localized and scaled discourse of conservation for wind power in Kittitas County, Washington. **Society and Natural Resources**, v. 23, n. 10, p. 969-985, 2010.
- ARAÚJO, J. C. H.; SOUZA, W. F.; MEIRELES, A. J. A.; BRANNSTROM, C. Sustainability challenges of wind-power deployment in coastal Ceará state, Brazil. **Sustainability**, v. 12, n. 14, p. 5562, 2020.
- BRANNSTROM, C.; JEPSON, W.; PERSONS, N. Social perspectives on wind-power development in West Texas. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 101, n. 4, p. 839-851, 2011.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre a necessidade de se estabelecerem as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 01 dez. 2016.

- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº. 237, de 19 de dezembro de 1997**. Define conceitos de licenciamento ambiental, estudos ambientais e impacto ambiental regional. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>. Acesso em: 01 dez. 2016.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº. 279, de 27 de julho de 2001**. 2001b. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res01/res27901.html>. Acesso em: 01 dez. 2016.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução nº 462, de 24 de julho de 2014**. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=703>. Acesso em: 01 fev. 2020
- CEARÁ. Conselho Estadual do Meio Ambiente – COEMA. **Instrução Normativa COEMA nº 1, de 13/11/2018**. Fortaleza, CE, 22 de nov. 2018. Estabelece procedimentos e conteúdo mínimo para estudos atrelados ao licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte solar fotovoltaica, e por fonte eólica em superfície terrestre, previstos na Resolução Coema nº 06, de 06 de setembro de 2018 e Resolução Coema nº 07, de 06 de setembro de 2018 respectivamente. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=369605>. Acesso em: 2 mar. 2020.
- CEARÁ. Conselho Estadual do Meio Ambiente – COEMA. **Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente nº 06, de 6 de setembro de 2018**. Fortaleza, CE, 18 de set. 2018. Dispõe sobre a simplificação e atualização dos procedimentos, critérios e parâmetros aplicados aos processos de licenciamento e autorização ambiental no âmbito da Superintendência Estadual do Meio Ambiente - SEMACE para os empreendimentos de geração de energia elétrica por fonte solar no Estado do Ceará. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=367553>. Acesso em: 2 mar. 2020.
- COPE, M. Coding qualitative data. **Qualitative research methods in human geography**, v. 2, p. 223-233, 2005.
- COTTON, M. Stakeholder perspectives on shale gas fracking: a Q-method study of environmental discourses. **Environment and Planning A**, v. 47, n. 9, p. 1944-1962, 2015.
- COTTON, M; RATTLE, I; VAN ALSTINE, J. Shale gas policy in the United Kingdom: An argumentative discourse analysis. **Energy Policy**, v. 73, p. 427-438, 2014.
- DANTAS, E. J. D. A.; ROSA, L. P.; SILVA, N. F. D.; PEREIRA, M. G. Wind Power on the Brazilian Northeast Coast, from the Whiff of Hope to Turbulent Convergence: The Case of the Galinhos Wind Farms. **Sustainability**, v. 11, n. 14, p. 3802, 2019.
- DAVINE, T; LAWHON, M; PIERCE, J. Place-making at a national scale: Framing tar sands extraction as “Canadian” in The Globe and Mail. **The Canadian Geographer/Le Géographe Canadien**, v. 61, n. 3, p. 428-439, 2017.
- FAIRHEAD, J.; LEACH, M.; SCOONES, L. Green grabbing: A new appropriation of nature? **Journal of Peasant Studies**, v. 39, n. 2, p. 237-261, 2012.
- FRATE, C. A.; BRANNSTROM, C.; DE MORAIS, M. V. G.; CALDEIRA-PIRES, A. Procedural and distributive justice inform subjectivity regarding wind power: A case from Rio Grande do Norte, Brazil. **Energy Policy**, v. 132, p. 185-195, 2019.
- FRATE, C. A.; BRANNSTROM, C. How do *stakeholders* perceive barriers to large-scale wind power diffusion? A Q-method case study from ceará state, Brazil. **Energies**, v. 12, n. 11, p. 2063, 2019.

- FRIESE, S. **Qualitative data analysis with ATLAS.ti**. SAGE Publications Limited, 2014.
- GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Caminhos para uma gestão participativa dos recursos energéticos de matriz renovável (parques eólicos) no nordeste do Brasil. **Mercator** (Fortaleza), v. 15, n. 1, p. 101-115, 2016.
- GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A. J. A.; MENDES, J. S. Wind power gone bad: Critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. **Energy research & social science**, v. 40, p. 82-88, 2018.
- HARVEY, D. **A brief history of neoliberalism**, Oxford: Oxford University Press, 2005.
- MEIRELES, A. J. A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. **Confins - Revista Franco-Brasileira de Geografia**. [online], v. 11, n. 11, 2011. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/6970?lang=pt>. Acesso em: 02 mar. 2020.
- MENDES JÚNIOR, J. Q. Dinâmica das dunas e processo eólico no sítio arqueológico Seu Bode, Luís Correia, Piauí. **Mneme-Revista de Humanidades**, v. 14, n. 32, 2014.
- MURPHY, T.; BRANNSTROM, C.; FRY, M.; EWERS, M. Economic-Development stakeholder perspectives on boomtown dynamics in the eagle ford shale, Texas. **Geographical Review**, v. 108, n. 1, p. 24-44, 2018.
- OLIVEIRA, A. L.; ALBUQUERQUE, M.; SILVA, R. A.; ARAÚJO, S. G. Praia de Ponta Grossa: vestígios arqueológicos da ocupação humana. Fortaleza: [s. n.], 2012.
- PEACE, R.; VAN HOVEN, B. Computers, qualitative data, and geographic research. In: I. Hay (ed.). **Qualitative research methods in human geography**. Oxford-New York: Oxford University Press. v. 2, p. 234-247, 2005.
- SEMACE. Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Reestruturação e atualização do mapeamento do projeto zoneamento ecológico-econômico do Ceará**: Zona costeira e Unidades de Conservação costeiras, 2016. Disponível em: <http://www.semace.ce.gov.br/institucional/servicos-institucional/zoneamento-ecologico-economico-ze/>. Acesso em: 10 abr 2017.
- SILVA, M. L. **Caracterização dos sítios arqueológicos em dunas do litoral oriental do Rio Grande do Norte**. 2003. 133p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em História) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
- SIMÕES, F. L. R. Arqueologia da Paisagem nas Dunas Holocênicas: **O Estudo de Caso do Sítio Cardoso** (Lagoa Redonda, Pirambu, SE). 2014. 170f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Arqueológica) – Universidade Federal de Sergipe, Laranjeiras, 2014.
- SOUZA, W. F. **Implicações socioambientais dos estudos ambientais (RAS) utilizados no licenciamento ambiental de parques eólicos no Ceará – Brasil**. 2020. 269f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
- WAITT, G. R. Doing Discourse Analysis. In: I. Hay (ed.). **Qualitative research methods in human geography**. U.K.: Oxford University Press, p. 163-191, 2005.



## CAPÍTULO 6

# ABORDAGENS DA ECONOMIA POLÍTICA À INDÚSTRIA DA GERAÇÃO EÓLICA DO NORDESTE BRASILEIRO

---

*Mariana Traldi<sup>1</sup>*

### Resumo

A descarbonização oferece múltiplas oportunidades para a inversão e acumulação de capital, necessitando assim de análises e abordagens especializadas. A Economia Política, ao buscar compreender os processos na sua totalidade e a partir das contradições inerentes a eles, oferece importantes subsídios para a desmistificação do processo de descarbonização. Neste capítulo analisamos o eixo empresarial da geração eólica no semiárido brasileiro a partir do conceito marxista de tempo de rotação do capital e da sua correlação com acumulação de capital. Buscou-se assim identificar e analisar as limitações enfrentadas e as estratégias utilizadas pelos capitalistas que investem no setor na busca pela aceleração do processo de acumulação de capital e pela elevação da sua taxa de lucro. Nota-se que esse eixo empresarial se caracteriza por ser intensivo em área e em capital fixo, além de ser altamente automatizado e dependente da exploração de uma riqueza natural, cuja disponibilidade é dada por dinâmicas naturais ainda não controladas pelo ser humano. Ademais, a necessidade de realizar investimentos em capital fixo cujo tempo de rotação é longo exige que os capitalistas, tanto do eixo empresarial da fabricação de equipamentos quanto daqueles que atuam na geração de energia, controlem de forma rígida o processo de obsolescência de seus equipamentos e máquinas, de modo a evitar que esses se tornem obsoletos antes que seu valor seja integralmente transferido para a mercadoria eletricidade. Tais determinações e particularidades explicam que os capitalistas que atuam na geração eólica no Brasil desenvolvem estratégias com vias à aniquilação do longo tempo de rotação do capital no setor e à aceleração da acumulação de capital. Este capítulo analisa algumas dessas estratégias dando especial atenção aos financiamentos concedidos aos proprietários de parques eólicos pelo BNDES e à apropriação do lucro extra na forma de renda da terra através dos contratos de arrendamento eólico, ainda que não sejam eles os proprietários da terra.

---

1 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Brasil. [mariana.traldi@ifsp.edu.br](mailto:mariana.traldi@ifsp.edu.br)

**Palavras-Chaves:** Economia política. Tempo de rotação do capital. Energia eólica.

## Introdução

A indústria elétrica mundial pode ser entendida, para fins analíticos, como um grande complexo industrial que se subdivide em três eixos empresariais: eixo da fabricação de equipamentos; eixo da geração, transmissão e distribuição de energia; e eixo da construção de infraestruturas (GONÇALVES-JÚNIOR, [2007](#); TRALDI, [2019](#)). Este capítulo analisa o segundo eixo empresarial, especificamente a indústria de geração eólica à luz da Economia Política.

Essa indústria, responsável pela produção da mercadoria eletricidade, se caracteriza por estar organizada, assim como as demais indústrias de seu tempo, com base na relação de exploração do trabalho pelo capital (MARX, [2013](#)). Contudo, singulariza-se por exigir elevados investimentos em capital fixo de longo tempo de rotação, ser altamente automatizada, intensiva em área e dependente da apropriação de uma riqueza natural.

As limitações técnicas ainda existentes para a estocagem de eletricidade em escala comercial, que determinam o consumo imediato da energia elétrica assim que produzida; as limitações impostas por dinâmicas naturais que ditam a velocidade do vento; a elevada automatização existente na geração eólica, que resulta no reduzido emprego de capital variável; e a realização de elevados investimentos em capital fixo, os quais exigem que os capitalistas que atuam nesse setor controlem de forma rígida o processo de obsolescência de seus equipamentos e máquinas, vão limitar as possibilidades que o eixo empresarial da geração eólica dispõe para aumentar sua taxa de lucro e acelerar o processo de acumulação de capital no seu interior. Além disso, a captação do vento exige a implantação de torres fixadas no solo que são espalhadas por territórios que dispõem de elevado potencial eólico. Essa característica exige a apropriação de terras em larga escala e faz dessa indústria uma atividade intensiva também em área.

Tais determinações que animam essa indústria ajudam a explicar a forma como atuam os capitalistas nesse setor e as estratégias de que se utilizam para aniquilar o longo tempo de rotação do capital no seu interior com vias a acelerar o processo de acumulação de capital. Ressalta-se que, além disso, a energia eólica emerge como uma importante aliada no combate às mudanças climáticas, estando entre as fontes de energia capazes de substituir os combustíveis fósseis em um processo que vem sendo chamado de descarbonização. A descarbonização diz respeito à redução da emissão de carbono na atmosfera, em especial do dióxido de carbono, e ela pressupõe uma transição energética do uso de fontes fósseis para o uso de fontes renováveis e limpas. Assim, ao mesmo tempo em que a indústria eólica surge como solução para a crise climática, inaugura-se para o capital uma nova frente de acumulação repleta de novas oportunidades. A chamada indústria verde, que inclui a indústria eólica,

crece e recebe incentivos quase que na mesma proporção e velocidade em que se aproxima o desastre climático.

Nesse contexto, a Economia Política se torna uma importante ferramenta de análise, pois é capaz de, a partir da compreensão da totalidade desse processo, identificar nas mais diversas escalas, os agentes envolvidos, os fluxos de capital e os nexos que os interconectam, desvelando a partir de uma perspectiva crítica as contradições inerentes a eles. Nesse sentido, este capítulo se soma a uma pequena, porém crescente bibliografia, que se propõe a analisar, a partir da Economia Política, a ampliação do uso das energias renováveis, suas consequências socioespaciais e o papel por elas desempenhado no processo de descarbonização e na acumulação de capital (HUBER; MCCARTHY, [2017](#); MCCARTHY, [2015](#); PEARSE, [2020](#); BRIDGE; GAILING, [2020](#)).

Este capítulo foi dividido em 4 partes. Na primeira, apresentamos o conceito de tempo de rotação do capital (MARX, [2014](#)), mostrando sua aplicação para a geração eólica; na segunda, tratamos do conceito de Complexo Industrial Elétrico (GONÇALVES-JÚNIOR, [2007](#)), com o objetivo de situar e caracterizar a geração de energia elétrica, especialmente a geração eólica no Brasil; na terceira, discutimos algumas das limitações impostas à geração eólica para a aceleração do tempo de produção, seus efeitos e consequências para o tempo de rotação do capital nesse eixo empresarial e as alternativas encontradas pelos capitalistas na busca pela ampliação da sua taxa de lucro, nesse ponto analisamos em detalhe os financiamentos concedidos pelo BNDES; na quarta e última parte, comparamos e discutimos a produção de eletricidade a partir da apropriação de objetos de trabalho preexistentes e de matérias primas, revelando que a utilização do vento garante a quem dele se apropria um lucro extra. Por fim, são apresentadas as conclusões.

## **Tempo de rotação do capital: conceito-chave para se analisar a organização da indústria eólica**

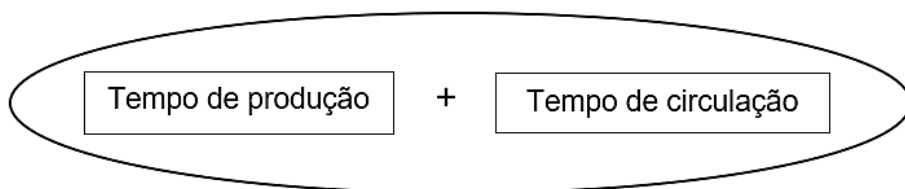
O tempo de rotação do capital é o tempo transcorrido desde o momento em que o capitalista desembolsa o valor de capital numa determinada forma até o momento em que o valor de capital em processo retorna à sua forma inicial acrescida de mais valor, repetindo sempre o mesmo processo para que o valor se eternize e se valorize como valor de capital (MARX, [2014](#))<sup>2</sup>.

A rotação é a repetição periódica desse processo, e a sua duração é dada pela soma do seu tempo de produção mais o seu tempo de circulação (MARX, [2014](#)). Assim, o tempo de rotação do capital é o período que o capital leva para ser valorizado, ou seja, é a soma do tempo de produção mais o tempo de circulação da mercadoria ([Figura 1](#)).

---

2 Para o capitalista, o tempo de rotação de seu capital é o período durante o qual tem de adiantar o capital para valorizá-lo e recuperá-lo na sua forma primitiva (MARX, [2014](#)).

**Figura 1 - Duração de uma rotação do capital**



Fonte: De autoria própria.

Para os capitalistas, em termos hipotéticos, o ideal seria que o tempo de rotação do capital fosse sempre igual a zero, ou seja, que tanto a etapa da produção, quanto a da circulação fossem processos instantâneos, de modo que a mercadoria fosse instantaneamente produzida e instantaneamente consumida. Mas não sendo possível que isso ocorra, aos capitalistas interessa encurtar ao máximo o tempo de rotação total do capital, para assim acelerar o processo de acumulação, multiplicando ao máximo o número de rotações no menor tempo possível, com o objetivo de que ao reduzi-las se acelere e intensifique o processo de acumulação, aumentando o número de rotações no espaço e no tempo a partir da redução de seu tempo de duração. Na geração de energia elétrica, não é diferente: os capitalistas que nela investem buscarão formas de reduzir o tempo de rotação do capital investido ao mínimo possível.

Contudo, na produção da mercadoria eletricidade, o tempo de circulação já está reduzido ao mínimo possível, isso porque não existe, ainda, dado o atual desenvolvimento tecnológico, a possibilidade de se estocar a mercadoria energia elétrica em grandes quantidades. Nota-se que existe atualmente no mundo um enorme esforço para viabilizar tecnologicamente a estocagem de grandes quantidades de energia elétrica e, embora esses esforços ainda não tenham resultado em uma tecnologia que seja viável economicamente, muitas estão em fase de experimentação e teste. A estocagem de eletricidade se realiza por baterias, que para serem produzidas movimentam uma série de outros setores industriais e cadeias produtivas, dentre as quais, a mineração do lítio que também implica em grandes inversões de capital. Processos como esses também começam a ser analisados pela Economia Política (BUSTOS-GALLARDO *et al.*, 2021).

Assim, pelo menos até o presente, toda a eletricidade produzida é imediatamente lançada na rede de transmissão e posteriormente na rede de distribuição, sendo consumida instantaneamente. Quando a estocagem da eletricidade se tornar possível em escala comercial, seja por baterias de lítio ou por outros materiais e/ou outras tecnologias, o tempo de rotação do capital na geração de energia eólica sofrerá alterações. Vale lembrar que o comportamento do capital na estocagem deverá obedecer a uma lógica capitalista para recuperar os investimentos realizados. Assim, como sugeriu McCarthy (2015), as oportunidades econômico-financeiras

da descarbonização oferecem grandes possibilidades para o capitalismo superar suas próprias crises de acumulação.

Não sendo possível reduzir o tempo de circulação da mercadoria eletricidade, o capital buscará reduzir seu tempo de produção a fim de acelerar o processo de acumulação de capital. Dentre as estratégias possíveis para a redução do tempo de produção da energia elétrica estão: (1) a elevação da produtividade, que pode ser alcançada através da aceleração da velocidade de produção ou da promoção de avanços tecnológicos; (2) redução de investimentos em capital variável, o que poderá ser feito através do pagamento de e/ou automatização da atividade; (3) redução ao mínimo possível dos investimentos realizados em meios de produção; (4) busca por crédito junto a instituições financeiras evitando assim o dispêndio de recursos próprios.

Assim, neste capítulo nos debruçamos sobre o tempo de rotação do capital na geração de energia de fonte eólica e as estratégias possíveis adotadas pelos capitalistas que investem nessa fonte de geração na constante busca pela redução do tempo de rotação do capital na esfera da produção. Buscamos, assim, compreender a organização da produção e as estratégias de atuação dos capitalistas nesse eixo empresarial, tendo sempre em perspectiva o processo de acumulação de capital. Para tanto, é necessário antes tratar do conceito de Complexo Industrial Elétrico (GONÇALVES-JÚNIOR, [2007](#)) e seus eixos empresariais situando a geração de energia elétrica em um contexto mais amplo.

## **Complexo Industrial Elétrico: os eixos empresariais e a geração eólica no Brasil**

Entendemos a indústria elétrica mundial como um grande complexo industrial que se subdivide em três eixos empresariais: eixo das empresas fabricantes de equipamentos elétricos, eixo das empresas que atuam na produção e na distribuição da mercadoria eletricidade e o eixo das empresas que atuam na construção civil, que se especializaram na construção de infraestruturas destinadas à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (GONÇALVES-JÚNIOR, [2007](#); TRALDI, [2019](#)).

A relação de produção que se estabelece no eixo empresarial que compreende as empresas fabricantes de equipamentos elétricos, envolve, de um lado, grandes corporações transnacionais e suas subsidiárias e, de outro, todos os trabalhadores que contribuem para a produção de máquinas e equipamentos elétricos. Trata-se de um mercado que concentra e centraliza, desde o seu surgimento no fim do século XX, a produção de equipamentos elétricos nas mãos de um grupo restrito de empresas que operam em regime de cartel. Dentre as principais corporações que integram esse grupo estão: Siemens (alemã), General Electric (GE) (americana), Westinghouse (americana), ASEA-Brown Boveri (suíça-sueca), Philips (holandesa), Toshiba (japonesa), Mitsubishi (japonesa), entre outras (MIRO, [1979](#); GONÇALVES-JUNIOR, [2007](#)).

Essas empresas atuam em escala global contando para isso com uma rede planetária e numerosa de pequenas e médias empresas fornecedoras de insumos, matérias-primas, componentes e peças. Estabelece-se assim em um primeiro momento uma relação de dependência das empresas subsidiárias em relação às grandes empresas e, em um segundo plano, uma relação de competição entre as pequenas e médias empresas, que disputam o mercado de fornecimento de peças e componentes elétricos para as grandes corporações.

Entre os trabalhadores que participam desse eixo empresarial estão os que atuam no desenvolvimento e na concepção de produtos, os que organizam a produção e aqueles que atuam diretamente na fabricação de peças, equipamentos e máquinas nas linhas de produção. O processo de concepção de máquinas e equipamentos se concentra, quase sempre, nos países de origem dessas grandes corporações e demanda mão de obra de elevada qualificação, o que justifica o pagamento de salários mais altos aos seus trabalhadores, quando comparados aos salários pagos aos trabalhadores que atuam nas demais etapas da produção. Em geral, os processos de fabricação desses componentes e peças, que em boa parte são executados pelas pequenas e médias empresas, são intensivos em mão-de-obra e demandam baixa qualificação de seus trabalhadores, o que justifica que os salários pagos sejam mais baixos quando comparados aos salários pagos aos trabalhadores que executam as etapas da criação, concepção e desenvolvimento dos produtos. Do ponto de vista do consumo, os países que integram o grupo de nações semiperiféricas e periféricas são também importantes mercados consumidores para as grandes corporações que integram esse eixo empresarial.

A expansão da indústria eólica para o Brasil pode ser explicada também pela necessidade de expansão do mercado consumidor da indústria de equipamentos eólicos mundial, que tendo encontrado um certo limite para absorção de seus produtos na Europa e nos EUA passou a buscar novos mercados. Assim, grandes empresas como a Wobben Wind Power, General Electric Wind, Acciona Windpower, entre outras, instalaram plantas produtivas para a montagem de equipamentos no Brasil e/ou subcontrataram outras empresas para a fabricação de peças que integram seus equipamentos. Com isso, tais empresas conseguiram: reduzir seus custos de produção, especialmente nas etapas da produção que não exigem mão-de-obra qualificada; acessar isenções e benefícios fiscais, concedidos pelos governos federal, estaduais e municipais; além de garantir melhores condições de financiamento para seus consumidores na aquisição dos equipamentos por elas produzidos, através de linhas de créditos e financiamento especiais concedidas pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Bando do Nordeste e Plano de Aceleração do Crescimento (PAC). Nesse ramo produtivo, é possível encontrar empresas brasileiras, como a Aeris Energy, que fabrica pás eólicas sob encomenda para atender a demanda de grandes empresas fabricantes de aerogeradores. A fabricação de torres eólicas insere-se nessa mesma

lógica, com a diferença de que resulta da adaptação de outros setores industriais que já atuavam no Brasil, como a indústria da construção civil e a indústria metalúrgica, não exigindo assim a constituição de um novo ramo industrial.

Do eixo empresarial que compõe o grupo de empresas que atuam na construção de infraestruturas para geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, participam grandes empresas da indústria da construção civil e seus trabalhadores. Na indústria da construção civil brasileira existe um importante segmento que se especializou na construção de infraestruturas para o setor elétrico, entre as empresas nacionais mais importantes, cuja atuação extrapola o território brasileiro, estão: Camargo Corrêa, Odebrecht, OAS, Queiroz Galvão, Mendes Júnior, Contern, Galvão Engenharia, Cetenco, Serveng e J. Malucelli. Essa última, por exemplo, apresenta entre suas principais áreas de expertise a construção de usinas hidrelétricas, atuando também na construção de estruturas destinadas à transmissão de eletricidade. Nesse eixo empresarial a mais-valia é extraída dos trabalhadores no processo de construção das infraestruturas, como as usinas hidrelétricas e os parques eólicos. A mercadoria por eles produzida é a própria infraestrutura, trata-se da produção do espaço propriamente dito, cujo resultado é um espaço tecnificado que se destina à produção e a circulação de energia elétrica. Esse é um eixo empresarial que vem sendo estudado nas ciências humanas no Brasil, principalmente por trabalhos que analisam a implantação de grandes usinas hidrelétricas, como Belo Monte, Jirau e Santo Antônio, entre outras (TENOTÁ-MÓ, 2005; HERNÁNDEZ; MAGALHÃES, 2011; BERMAN, 2012; SEVÁ-FILHO, 2014; FIGUEIREDO; SARAIVA, 2018; SILVA; PAULA, 2018).

No Brasil, o eixo empresarial que inclui as empresas proprietárias de infraestruturas de produção, transporte e distribuição de energia elétrica no mundo, inclui as empresas que, tendo vencido um leilão de energia, seja para atuar na geração, transmissão ou distribuição, são responsáveis pela produção e/ou pela circulação da mercadoria eletricidade. Dentre os agentes que têm atuação nesse eixo empresarial no Brasil, encontramos uma ampla diversidade de empresas, públicas, privadas, estrangeiras, brasileiras, empresas que atuam tradicionalmente em setores industriais dos mais diversos (como automobilísticos, energético, da construção civil, fundos de pensão e/ou investimento etc.), o que justifica que esse eixo seja classificado como altamente heterogêneo e complexo.

Ressalte-se que, especificamente a geração de energia elétrica por meio do uso de fontes renováveis de energia singulariza-se por exigir elevados investimentos em capital fixo de longo tempo de rotação, ser altamente automatizada, intensiva em área e muito dependente da apropriação de uma riqueza natural. É no processo de acumulação de capital nesse eixo que concentramos nossa discussão, mais especificamente no conjunto das empresas de geração de energia eólica, mas sem perder de vista o contexto mais geral do Complexo Industrial Elétrico.

## Tempo de rotação do capital e obsolescência programada na indústria eólica

Se os capitalistas buscam sempre acelerar o tempo de rotação do capital de modo a reduzir ao mínimo possível o tempo de produção e o tempo de circulação da mercadoria e se o tempo de circulação da mercadoria eletricidade já se encontra reduzido ao mínimo possível, então resta ao capitalista que investe na geração eólica reduzir o tempo de produção da sua mercadoria.

Conforme dito anteriormente, existem duas possibilidades para a aceleração do tempo de produção da mercadoria eletricidade: acelerar a velocidade de produção, seja através do aumento da velocidade do vento, seja através da promoção de inovações tecnológicas que elevem a eficiência de captação do vento aumentando assim a produtividade; e/ou reduzir o tempo que o trabalhador leva para produzir cada unidade de MW, elevando assim a sua produtividade. Dessa última, trataremos na próxima seção.

Assim, poder-se-ia elevar a produtividade aumentando-se a do vento, o que somente seria possível se o ser humano fosse capaz de controlar a velocidade do vento. Isso porque a geração de energia eólica apresenta limitações de ordem natural, ou seja, a velocidade de produção se encontra limitada, dentre outras coisas, pela dinâmica natural da atmosfera, que se dá de acordo com padrões físico-naturais, não sendo, por isso, possível acelerar o processo de produção a partir dessa estratégia.

Outra possibilidade seria melhorar o desempenho dos equipamentos e máquinas a fim de conseguir uma maior eficiência na captação do vento, otimizando assim a produção, mas, como já tratamos anteriormente, as inovações tecnológicas para a geração de energia elétrica são promovidas pelas empresas que integram o eixo empresarial da fabricação de equipamentos, assim, não será tão simples para os capitalistas da geração atuarem nessa esfera.

Já dissemos que, a implantação e operação de parques eólicos é uma atividade intensiva em capital fixo, que demanda a instalação de um conjunto de máquinas e equipamentos, entre eles turbinas eólicas, subestações e redes de transmissão de energia. Isso quer dizer que, diante do elevado montante de capital investido em capital fixo, que no caso da geração de energia eólica resume-se ao investimento realizado na aquisição dos equipamentos e máquinas e na construção da unidade geradora, a mercadoria eletricidade terá que ser repetidas vezes produzida e consumida para que o capitalista retome o total de capital inicialmente investido, além, é claro, do mais valor produzido. Isso decorre de uma característica bastante peculiar dos investimentos realizados em capital fixo, em que o grau de fixidez do capital aumenta com a durabilidade do meio de trabalho (HARVEY, [2013](#), p. 287).

Assim, se tratando o capital fixo de uma forma de investimento de capital que possui circulação peculiar, quanto mais durável for a máquina, mais lentamente ela irá transferir valor para o produto final. A durabilidade do meio de trabalho



depende, sobretudo, da diferença entre o valor de capital nele incorporado e a parcela dessa grandeza de valor que o capital transfere ao produto em repetidos processos de trabalho. Assim que essa diferença desaparece, o meio de trabalho se esgota e com o seu valor de uso, perde também o seu valor (MARX, 2014, p. 242-243). Contudo, além da durabilidade do equipamento, do ponto de vista físico, deve-se levar em conta também o ritmo da mudança tecnológica, que pode provocar a obsolescência de máquinas e equipamentos antes que esses possam ter transferido seu valor integralmente as mercadorias no processo produtivo.

Embora, atualmente, o processo de desenvolvimento científico e tecnológico nas mais diversas áreas do conhecimento venha se dando de forma acelerada, isso não quer dizer que esse processo necessariamente esteja se dando de forma desorganizada como resultado único e exclusivo da competição entre os capitalistas. Ao contrário, a busca pela oligopolização em determinados setores econômicos com o objetivo de atuarem na forma de cartéis, como é o caso do eixo empresarial da fabricação de equipamentos eólicos e mais especificamente da indústria de turbinas eólicas<sup>3</sup>, revela a necessidade que essas empresas têm de controlar o ritmo de lançamento das inovações tecnológicas em seu setor, buscando assim preservar o valor de suas linhas de produção e de suas mercadorias (MIRO, 1979; GONÇALVES-JUNIOR, 2007).

Na prática, as corporações que atuam nesse eixo empresarial promovem a obsolescência programada dos equipamentos eólicos, controlando assim o tempo de rotação do capital em seu eixo de atuação e no eixo de atuação das empresas geradoras de energia, que integram seu mercado consumidor. Assim, elas impedem que uma determinada tecnologia se torne ultrapassada ou obsoleta antes que o ciclo de rotação do capital se realize, garantindo a maior valorização possível do capital investido pelos capitalistas-consumidores antes que todo o valor investido em capital fixo seja integralmente transferido para as mercadorias no processo produtivo. No caso específico das turbinas eólicas, principal equipamento que integra um parque eólico, seu tempo de vida útil é estimado pelo setor em vinte anos. Isso quer dizer que o capitalista que atua na geração de energia eólica produzirá eletricidade em média por vinte anos até que possa recuperar seu investimento inicial em capital fixo.

Não podemos esquecer, entretanto, que, embora os equipamentos e infraestruturas que integram um parque eólico sejam meios de produção para o capitalista que investe na geração de eletricidade, para os capitalistas proprietários das empresas

---

3 De acordo com o relatório publicado em 2018 pela FTI Consulting, entre as maiores fabricantes de turbinas eólicas até 2017, por capacidade instalada acumulada em MW, estavam: a dinamarquesa Vestas (16,5%), a alemã-espanhola Siemens Gamesa (fusão) (15,2%), a americana General Electric (GE Renewable) (11,6%), a alemã Enercon (8,6%), a chinesa Goldwind (7,9%), a alemã-espanhola Nordex Acciona (fusão) (4,4%), a chinesa United Power (3,2%), a alemã Sevion (3,1%), a indiana Suzlon (3%), e as chinesas Mingyang (2,6%), Dongfang (2,3%), Envision Energy (2,2%), Sewind (1,8%), XEMC (1,7%), e CSIC Haizhuang (1,5%), e outros (14%) foram supridos por outras fabricantes. Os cinco maiores fornecedores de turbinas eólicas no Brasil em 2017, por MW, foram: GE Renewable (35%), Siemens Gamesa (22%), Vestas (20%), Enercon (8%) e a Nordex Acciona (8%) (ZHAO *et al.*, 2018).

fabricantes de equipamentos eólicos eles são capital-mercadoria, ou seja, é na venda deles que o segundo grupo extrai o mais valor. De acordo com Harvey (2012a, p. 210), no capitalismo, quando as condições de acumulação são relativamente fáceis, a implantação de novos sistemas tende a esperar a passagem do tempo de vida “natural” da fábrica e do trabalhador, de modo que o incentivo para a aplicação de inovações é relativamente fraco. Contudo, em épocas de crise econômica, quando há intensificação da concorrência, os capitalistas individuais são obrigados a reduzir o tempo de rotação de seu capital, através da aceleração das etapas da produção, circulação e comercialização. A fim de garantir sua sobrevivência eles passam a empregar o processo de “destruição criativa” que se baseia na desvalorização ou destruição forçada de ativos antigos com o objetivo de abrir caminho aos novos. Como isso implica uma perda de valor mesmo para os capitalistas, poderosas forças sociais se opõem a esse processo.

As inovações promovidas nesse setor estarão sempre na dependência das necessidades relacionadas à taxa de lucro das empresas fabricantes dos equipamentos. Ainda que o tempo de vida útil de uma turbina esteja estimado em aproximadamente vinte anos, pode ser que ela acabe por ser substituída muito antes disso em decorrência do desenvolvimento e da implementação de uma tecnologia mais moderna que seja capaz de aumentar a produtividade. Nesse caso, o capitalista ou os capitalistas que detiverem essa vantagem competitiva poderão auferir um lucro extra até que seus concorrentes também passem a fazer uso dessa nova tecnologia.

Diante das dificuldades impostas aos setores intensivos em capital fixo, uma estratégia marcante para a redução do longo tempo de rotação do capital em sua etapa de produção tem sido a busca por financiamento, de todo ou em parte, do capital inicial necessário, evitando assim o dispêndio de capital próprio. Tais financiamentos são obtidos junto ao sistema de crédito, mas as condições em que serão oferecidos também serão determinantes do sucesso ou insucesso dessa estratégia. Os capitalistas da geração eólica buscarão sempre as melhores condições possíveis, o que significa os menores custos possíveis, que geralmente são encontrados junto ao setor público, seja através de bancos ou de programas governamentais.

À exemplo disso, citamos os parques eólicos em operação no semiárido brasileiro até 2017. Na sua imensa maioria o capital inicial necessário para a sua implantação foi obtido junto ao setor público, através de linhas de crédito e financiamento oferecidas pelo BNDES e pelo Banco do Nordeste, ou através do PAC (Programa de Aceleração do Crescimento)<sup>4</sup>. A fim de compreender em que medida os financiamentos integram as estratégias dos capitalistas que investem na geração de energia eólica no semiárido brasileiro na busca pela aniquilação ou pela compensação do longo tempo de rotação do capital imposta ao setor pelas razões já expostas, foram analisados 207 contratos

---

4 O PAC, programa do governo federal lançado em 2007 no segundo governo Lula, promoveu a retomada do planejamento e execução de grandes obras de infraestrutura social, urbana, logística e energética em todo o Brasil, envolveu investimento público e privado, entre os anos de 2007 e 2018.

de financiamento de parques eólicos firmados junto ao BNDES até o ano de 2017. Ressalta-se que até o referido ano estavam em operação no interior do semiárido brasileiro 270 parques eólicos, contudo, não encontramos contratos vigentes junto ao BNDES para 63 empreendimentos. Ressalta-se que alguns empreendimentos tiveram financiamento concedido pelo BNDES e pelo PAC e/ou pelo Banco do Nordeste.

Como se trata de bancos públicos e de programa governamental, o recurso tem origem em fontes de arrecadação pública, ou seja, no pagamento de impostos, taxas, contribuições diversas etc. É sabido que as fontes de financiamento do PAC, por exemplo, são diversas, não havendo apenas uma única fonte de recursos, podendo advir do FGTS (Fundo de Garantia do Tempo de Serviço)<sup>5</sup>, de empresas estatais, entre outras fontes. Sobre as fontes de recursos do Banco do Nordeste não conseguimos maiores informações, pois o banco alegou sigilo. No caso do BNDES, segundo informações prestadas pelo próprio banco<sup>6</sup>, para os 207 contratos por nós analisados, a participação média do banco foi de 59,4%, tendo variado entre 17,9% até 80% (participação máxima permitida). Ou seja, o Estado brasileiro, através do BNDES, financiou parte relevante dos empreendimentos eólicos com dinheiro público proveniente, na imensa maioria dos contratos, do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT). O FAT é um fundo público especial, de natureza contábil-financeira, atualmente vinculado ao Ministério da Economia, destinado ao custeio do Programa do Seguro-Desemprego, do Abono Salarial e ao financiamento dos Programas de Desenvolvimento Econômico. A principal fonte de recursos do FAT é composta pelas contribuições realizadas pelos empregadores e/ou empresas para o Programa de Integração Social (PIS) e para o Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público (PASEP)<sup>7</sup>. Pelo menos 40% desse fundo destina-se a financiar Programas de Desenvolvimento Econômico de responsabilidade do BNDES.

Senão vejamos, dos 207 contratos encontrados no BNDES que se referem aos financiamentos oferecidos aos parques eólicos pesquisados, para apenas 10 deles os valores financiados não tiveram como fonte de recurso o FAT. Em termos de

- 
- 5 Trata-se de um fundo criado em 1967, juntamente com o fim da estabilidade no emprego, com o objetivo de proteger o trabalhador demitido sem justa causa, mediante a abertura de uma conta vinculada ao contrato de trabalho e ao empregado o valor correspondente a 8% do salário. O FGTS é constituído pelo total desses depósitos mensais e os valores pertencem aos empregados que, em algumas situações, como por exemplo, demissão sem justa causa ou compra do primeiro imóvel residencial, podem dispor do total depositado em seus nomes. A sua criação teve dois objetivos: facilitar a demissão de trabalhadores e financiar a construção de imóveis. Fonte: Agência Senado. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2017/05/05/em-1967-fgts-substituiu-estabilidade-no-emprego>. Acesso em: 29 set. 2021.
  - 6 Obtivemos essa informação através da Lei de Acesso à Informação, junto ao BNDES, pedido de informação registrado sob o nº 99903000086201982, em 18/02/2019. Plataforma e-SIC (Sistema Eletrônico do Serviço de Informação ao Cidadão). Disponível em: <https://esic.cgu.gov.br/sistema/site/index.aspx>.
  - 7 Disponível em: <https://portalfat.mte.gov.br/codefat/resolucoes-2/resolucoes-por-assunto/geracao-de-emprego-e-renda/linhas-de-creditos-especiais/fat-giro-cooperativo-agropecuario/sobre-o-fat/>. Acesso em: 10/05/2019.

valores, 98,9% do montante financiado pelo BNDES teve como fonte de recurso o FAT. Ressalta-se que, em alguns casos as linhas de crédito foram oferecidas pelo BNDES, mas os contratos de crédito foram firmados por instituições bancárias privadas como intermediárias. Entre os benefícios oferecidos estão longos prazos de carência e amortização e baixas taxas de juros, condições que não teriam obtido senão através de instituições financeiras públicas. No [Quadro 1](#) estão dois exemplos de contratos de financiamento firmados pelo BNDES com empresas de geração eólica para empreendimentos localizados no semiárido. Na coluna “Condições oferecidas pelo BNDES”, estão detalhadas as condições de financiamento oferecidas pelo banco, que, se diga de passagem, são muito vantajosas para as empresas tomadoras, como baixas taxas de juros, tendo como índice de correção o TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo), considerado também bastante vantajoso para os tomadores de empréstimo, prazos de carência e amortização também bastante vantajosos.

**Quadro 1 - Financiamento de empreendimentos eólicos no interior do semiárido brasileiro**

Conjunto Eólico	Município	Empresa Proprietária	Investimento Inicial Previsto (R\$)	Instituições Financiadoras Públicas (em milhões de R\$)			Relação Investimento X Financiamento (em %)	Condições oferecidas pelo BNDES
				BNDES	PAC ou outra	Valor Total		
Santa Clara	Parazinho	CPFL Renováveis	990,7	574,1	-	574,1	58	juros de 1,72% a.a.+TJLP, carência de 28 meses e amortização de 192 meses (assinado em 12/2010)
Pelourinho	Caetité e Igarorã	Renova Energia	144,6	76,4	144,6	221,0	153	R\$ 28.900.000,00 – juros 2,94% a.a.+TJLP, carência entre 3 e 5 meses e amortização 1 mês (assinado parte em 12/2012 e parte em 02/2013) + R\$ 47.500.000,00 - juros 2,98% a.a. +TJLP, carência de 11 meses e amortização de 1 mês (assinado em 06/2013).

Fonte: ANEEL ([2018](#)); BNDES ([2018](#)) e PARACEMP (2017). [Organização própria]

Destacamos a coluna “Relação Investimento X Financiamento” que mostra a relação entre investimento inicial previsto e o montante efetivamente financiado pelo BNDES. Ressalta-se que o valor referente ao investimento inicial previsto foi informado pelas empresas de geração na ficha de inscrição de empreendimentos que foi entregue à ANEEL e EPE<sup>8</sup> quando da realização dos leilões de geração.

Importante destacar que o valor estimado pelas empresas guarda relação direta com a cotação do dólar na época de inscrição no leilão, isso porque parte importante dos equipamentos são importados ou são produzidos com o uso de matérias-primas importadas, variando, assim, com a cotação do dólar. Entendendo que o lapso de tempo existente entre a inscrição no leilão e a contratação e construção do empreendimento efetivamente pode ter sido grande, o que resultaria em uma diferença importante de valores, buscamos junto ao BNDES informação mais precisa, que revelasse o valor do investimento total previsto pelas empresas tomadoras do empréstimo no momento da contratação do financiamento. Ocorre que o BNDES alegou sigilo da informação, disponibilizando apenas a proporção financiada mínima, média e máxima para o conjunto dos empreendimentos por nós indicados. Mesmo sabendo da possibilidade de os dados apresentarem distorções em relação à realidade, ainda assim, os apresentamos, pois são um indicativo de que os empreendimentos eólicos vêm recebendo financiamento de valores bastante relevantes. Além disso, embora possa haver variação da cotação do dólar que distorça essa relação, os dados confirmam a informação fornecida pelo próprio BNDES, de que existem empreendimentos cujo financiamento concedido pode chegar a 80% do investimento inicial previsto.

A fim de revelar o caráter vantajoso para os tomadores de financiamento junto ao BNDES, simulamos os custos do financiamento obtido pelo Conjunto Eólico Santa Clara, localizado no município de Parazinho-RN ([Quadro 2](#)).

---

8 A ficha pode ser consultada através de busca no site Consulta Processual da ANEEL, realizada pelo nome do empreendimento e optando pelo processo de Outorga dos empreendimentos. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/consulta-processual>.

**Quadro 2 - Simulação dos custos contratuais para o BNDES no contrato de financiamento firmado com o Conjunto Eólico Santa Clara**

Ano	Situação	Taxa de Juros (%)	TJLP ano*	Possível custo do contrato para o tomador do financiamento (R\$)	Inflação (IP-CA-IBGE) (%)	Possível custo do contrato para o BNDES (R\$)	Diferença (R\$)
2010	Contratação	1,72	6%	0	5,91	33.929.191,79	-33.929.191,79
2011	Carência	1,72	6%	0	6,50	37.316.369,99	-37.316.369,99
2012	Carência	1,72	6%	0	5,84	33.527.323,19	-33.527.323,19
2013	Início dos Pagamentos	1,72	5%	38.579.385,59	5,91	33.929.191,79	4.650.193,80
2014	Pagando	1,72	5%	38.579.385,59	6,41	36.799.681,79	1.779.703,80
2015	Pagando	1,72	6%	44.320.365,59	10,67	61.256.256,59	-16.935.891,00
2016	Pagando	1,72	7,5%	52.931.835,59	6,29	36.110.764,19	16.821.071,40
2017	Pagando	1,72	7%	50.061.345,59	2,95	16.935.891,00	33.125.454,59

\*TJLP de abril a junho de cada ano, dado que com a carência de 28 meses o contrato teria sua primeira parcela vencendo em maio de 2013.

Fonte: BNDES (2018). [Organização própria].

De acordo com os dados disponibilizados pelo BNDES, o Conjunto Eólico Santa Clara firmou contrato de financiamento com o BNDES em dezembro de 2010. O período de carência estipulado foi de 28 meses, ou seja, a empresa tomadora somente começou a pagar o financiamento em maio de 2013 e terminará de pagá-lo em maio de 2029 (amortização de 192 meses, ou seja, 16 anos). Ocorre que, como qualquer outro banco, o BNDES, ao conceder um crédito, cobra por esse serviço, sendo a taxa de juros mais índice de correção a base para o lucro dos bancos. Nesse caso concreto, o BNDES fixou a taxa de juros a 1,72% ao ano e definiu como índice de correção a TJLP (Taxa de Juros de Longo Prazo)<sup>9</sup>. No entanto, a TJPL, embora leve em conta a inflação corrente, ela pode ficar abaixo dela. Diferentemente de outros bancos, o BNDES se define como um banco estatal que tem por objetivo promover o desenvolvimento nacional, o que justifica que as condições de financiamento por ele oferecidas sejam melhores do que as de outros bancos.

9 É definida como o custo básico dos financiamentos concedidos pelo BNDES. A TJLP é fixada pelo Conselho Monetário Nacional e divulgada até o último dia útil do trimestre, imediatamente anterior ao de sua vigência. Em moedas contratuais, a TJLP, expressa em percentual ao ano.

O [Quadro 1](#) revela que, a depender da taxa de inflação do período, o tomador do empréstimo terá um crédito e não um débito a pagar, o que dependerá da inflação do período. Por exemplo, no ano de 2015, se nossas estimativas estiverem corretas, a taxa de juros somada a TJLP foi inferior à taxa da inflação para o mesmo período, o que na prática significou que o BNDES não obteve retorno do empréstimo, ou seja, o valor pago a título de juros pela empresa tomadora foi inferior a inflação. Em suma, o BNDES doa dinheiro para as empresas quando a inflação fica acima da soma da taxa de juros e da TJLP. Quando a inflação fica abaixo da mesma soma o BNDES empresta dinheiro a um custo muito baixo para o tomador, o que resulta em uma taxa de lucro muito pequena quando comparada às cobradas pelas instituições financeiras privadas.

Assim, as empresas proprietárias de parques eólicos, diante do elevado investimento inicial realizado em capital fixo, ainda que beneficiadas pelo sistema de crédito facilitado e barato, terão que produzir e vender a energia elétrica por um período prolongado para que sejam capazes de reaver o investimento inicial realizado, mas com a vantagem de que não precisaram dispendir seu próprio capital para realizar o investimento inicial e da obtenção de crédito a baixos custos, o que a longo prazo lhes garante elevadas taxas de lucro. Isso porque não podem alterar de outra forma a equação, seja reduzindo os valores investidos em capital variável, dada a sua baixa participação na composição orgânica do capital, conforme veremos a seguir, seja acelerando o processo de produção ou o processo de circulação, para assim acelerar o tempo total de rotação do capital.

## **Composição orgânica do capital, objetos de trabalho preexistentes e lucro extra**

Diferentemente da fabricação de equipamentos eólicos e da construção de infraestruturas de energia, a geração de energia eólica é uma atividade em que prevalece a participação de capital constante na composição orgânica do capital. Isso quer dizer que, do ponto de vista do processo de valorização da mercadoria energia elétrica, a participação do capital constante<sup>10</sup> no total do capital investido supera a participação do capital variável<sup>11</sup>. Isso se deve ao elevado nível de automatização existente na produção de energia eólica. Vale ressaltar que essa não é uma característica exclusiva da geração eólica, mas se estende a todas as formas de geração de eletricidade (GONÇALVES-JUNIOR, [2007](#)).

---

10 É a parte do capital que é desembolsada na forma de meios de produção que funcionam como fatores do processo de trabalho, mas não alteram sua grandeza de valor no processo de produção (MARX, [2013](#), p. 286). Incluem-se aqui as matérias-primas e maquinários em geral.

11 “É a parte do capital constituída de força de trabalho que modifica seu valor no processo de produção. Ela não só reproduz o equivalente de seu próprio valor, como produz um excedente, um mais-valor, que pode variar, sendo maior ou menor de acordo com as circunstâncias. Essa parte do capital transforma-se continuamente de uma grandeza constante em uma grandeza variável “(MARX, [2013](#), p. 286)”.

Destaca-se que, no caso específico da geração eólica, do ponto de vista operacional, qualquer parque eólico pode ser operado remotamente através do uso de um computador ou aparelho celular, o que explica sua reduzida empregabilidade. Em geral os parques eólicos no Brasil contam apenas com um técnico operador, que tem como principal responsabilidade acompanhar a operação do parque que é efetivamente realizada remotamente, e um segurança, que deve garantir a integridade física da unidade geradora. Embora existam equipes de manutenção, estas em geral integram um serviço oferecido pelas empresas fabricantes dos aerogeradores e são itinerantes, realizando visitas periodicamente agendadas de acordo com o plano de manutenção contratado pela empresa proprietária dos parques eólicos (TRALDI, 2014; 2019).

Do total do capital investido em capital constante (meios de produção) na produção de energia eólica, cem por cento se destina: à aquisição de máquinas, equipamentos e construção da unidade geradora (capital fixo) e a garantir o acesso à terra. Isso ocorre porque, diferentemente da geração térmica, que depende de investimento na aquisição de máquinas e equipamentos e em matérias-primas (combustíveis), a geração de energia a partir da apropriação de objetos de trabalho preexistentes (MARX, 2014), como o vento, a água ou a captação da radiação solar, quando utilizados na produção de energia elétrica, são captados diretamente do ambiente, não havendo acréscimo de trabalho humano prévio para que isso ocorra (MARX, 2013, p. 256), isentando o capitalista que nela investe dos custos com aquisição de combustíveis, haja vista que essas riquezas naturais são apropriadas diretamente do ambiente sem custo algum e ilimitadamente. Em suma, isso lhes garante um custo de produção menor que o contabilizado pelos capitalistas que se utilizam de matérias-primas para a mesma finalidade. Alguns autores se referem a tal processo como trabalho não pago da natureza (MOORE, 2011).

A indústria de geração eólica é altamente dependente da apropriação de uma riqueza natural, o vento. Nesses termos, a natureza, aqui entendida como as condições de reprodução da vida (fonte de valores de uso), sob o domínio do capital, torna-se mercadoria (fonte e expressão maior do valor de troca) (LÖWY, 2005; MARX, 2013; PORTO-GONÇALVES, 2010). O fato dessa indústria estabelecer laços de dependência tão fortes com a oferta ou disponibilidade de riquezas naturais revela que seu sucesso depende também da ampla apropriação, seja de forma direta ou indireta, de terras. Não podendo o vento ser explorado senão a partir da superfície terrestre para acessá-lo esse capitalista terá que controlar os territórios que dispõem de potencial eólico. Tendo em vista que esse capitalista estará isento de pagar por seu principal insumo a ele será garantido um lucro suplementar (MARX, 2017), além de total controle sobre seus custos de produção, não ficando à mercê dos preços de *commodities*, como carvão, petróleo ou o gás natural.

A geração eólica, assim como a hidráulica e a solar, depende da disponibilidade de condições naturais muito específicas que somente são encontradas em algumas localidades da superfície terrestre e que não podem ser adquiridas ou reproduzidas artificialmente.



Disso resulta que, a geração de energia elétrica a partir da apropriação de objetos de trabalho preexistentes (MARX, 2014) tem uma produtividade maior que aquela que se utiliza de matérias-primas como combustível em usinas termelétricas, pois requer menos tempo de trabalho total para a produção de uma mesma unidade de eletricidade. Ou seja, o custo de produção da eletricidade produzida a partir de objetos de trabalho preexistentes (custo individual) será menor que o custo de produção da mesma quantidade de energia elétrica produzida com o uso de matérias-primas em térmicas (preço de produção social médio-referência) (GONÇALVES-JUNIOR, 2007). Assim, esses capitalistas serão beneficiados com a obtenção de um lucro extra ou suplementar, que lhes é garantido em decorrência de uma condição excepcionalmente favorável que somente existe em algumas partes do planeta e que está disponível apenas a uma parcela dos capitalistas.

Ressalta-se que, esse lucro suplementar não decorre apenas de vantagens obtidas na venda da mercadoria eletricidade, tampouco resulta do recurso natural, ele advém da diferença que se estabelece entre o preço de produção social médio, que é dado pelo preço de produção de usinas termelétricas movidas a combustíveis fósseis, e o preço de produção individual dos produtores favorecidos pela exploração de objetos de trabalho preexistentes que são obtidos gratuitamente.

Isso quer dizer que, o proprietário de uma usina que utiliza como fonte o vento obtém um lucro extra na produção e venda da mercadoria eletricidade quando comparado ao lucro obtido pelo proprietário de uma usina termelétrica movida a carvão, a óleo ou a gás natural, por exemplo. Isso ocorre porque ao produzir a mercadoria eletricidade ele não inclui em seu custo de produção os gastos com a obtenção da matéria-prima, mas vende sua mercadoria tendo como referência o mesmo preço do gerador térmico que dispense capital para a aquisição de sua matéria-prima.

Esse lucro extra que de acordo com a teoria marxiana (LENZ, 1981; MARX, 2014) seria apropriado pelo proprietário da terra, será objeto da cobiça dos capitalistas que investem no setor de geração eólica, que encontrando limitações para acelerar o longo tempo de rotação do capital no setor buscarão formas outras de ampliar a acumulação de capital.

## Conclusão

O conceito de tempo de rotação do capital cunhado por Marx (2014) é, nesse sentido, um conceito chave para que possamos compreender, a partir da economia política, como se organizam e como atuam os capitalistas que investem no eixo empresarial da geração eólica no Brasil.

Tendo em vista que o tempo de rotação do capital é o período que o capital leva para ser valorizado e retornar à sua forma inicial acrescida de mais valor, aos capitalistas interessa encurtar ao máximo o tempo de rotação total do capital, para assim acelerar o processo de acumulação, multiplicando ao máximo o número de rotações no menor tempo possível. Para fins metodológicos o tempo de rotação do capital pode ser dividido em tempo

de produção da mercadoria mais o tempo de circulação da mercadoria. Os capitalistas almejam sempre a redução ao patamar mínimo possível do tempo de rotação do capital em seu setor de atuação, podendo, para isso, atuar em duas frentes separadas ou concomitantemente, quais sejam, reduzir o tempo de produção e/ou o tempo de circulação.

A geração de energia eólica é uma atividade econômica intensiva em capital fixo de longo tempo de rotação, capital constante (baixa empregabilidade) e em área, além de se caracterizar por ser altamente dependente de uma riqueza natural que é o vento. Ao buscar reduzir o longo tempo de rotação o capitalista que investe na geração eólica encontrará algumas dificuldades, entre elas: o tempo de produção, no atual estágio tecnológico, encontra-se limitado pela velocidade natural dos ventos; a velocidade de implantação das inovações tecnológicas é rigidamente controlada pelas empresas integrantes do eixo da fabricação de equipamentos; trata-se de atividade altamente automatizada, que resulta em baixa participação de capital variável na composição orgânica do capital; e, por fim, o tempo de circulação, que já se encontra reduzido ao mínimo possível, sendo seu consumo quase que instantâneo à produção.

Diante das características e especificidades desse setor, o capitalista terá de buscar aniquilar o longo tempo de rotação do capital na geração eólica e ampliar sua taxa de lucro através de outras estratégias. O [Quadro 3](#) traz um resumo na primeira coluna das estratégias possíveis de serem adotadas por todos os capitalistas para redução do tempo de rotação do capital e a segunda coluna mostra as limitações e as possibilidades para a aniquilação do longo tempo de rotação do capital no eixo empresarial da geração eólica.

**Quadro 3 - Estratégias para aniquilação do longo tempo de rotação do capital na esfera da produção no eixo empresarial de geração eólica**

Estratégias possíveis	Estratégias na geração eólica
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elevação da produtividade (produzir mais em menos tempo):</li> <li>a) aceleração da velocidade de produção;</li> <li>b) promoção de avanços tecnológicos</li> </ul>	<p>a) tempo de produção é dado pela velocidade natural do vento; b) os avanços tecnológicos são rigidamente controlados pela indústria de equipamentos eólicos (processo de obsolescência programada).</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Redução do investimento em capital variável (pagar salários menores e/ou automatizar a atividade).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Atividade altamente automatizada (investimento em capital variável já é muito baixo).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Redução ao mínimo possível dos investimentos realizados em meios de produção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Contratos de arrendamento evitam dispêndio de capital na aquisição das propriedades (reduz investimento em capital fixo/imobilização de capital) e ainda possibilitam a apropriação da renda da terra.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Busca por crédito junto a instituições financeiras evitando assim o dispêndio de recursos próprios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obtenção de financiamento junto a instituições de crédito (linhas de crédito especiais destinadas ao incentivo de fonte renováveis de energia).</li> </ul>

Fonte: TRALDI (2019).

Dentre as estratégias desenvolvidas pelo setor estão: exercer o controle sobre as propriedades com elevado potencial eólico preferencialmente através de contratos de arrendamento eólico, eliminando assim a necessidade de imobilização de capital por longos períodos e mantendo o acesso e controle às propriedades e baixos custos; buscar crédito barato e facilitado junto a instituições de financiamento, especialmente instituições públicas como o BNDES, que sob a justificativa de incentivar o uso de fontes renováveis de energia oferecem linhas especiais de crédito e financiamento a baixos custos e com longos prazos de carência e de amortização, evitando assim o dispêndio e a imobilização prévia de capital próprio para construção do empreendimento e para a aquisição de equipamentos e máquinas; e, por fim, se apropriar do lucro extra a ele garantido pela geração de eletricidade a partir da apropriação de uma dádiva da natureza e da renda da terra, ainda que não seja ele o proprietário formal da terra (KAUTSKY, 1968; MARX, 2017). As principais estratégias apresentadas neste capítulo foram detalhadamente analisadas na tese de doutoramento (TRALDI, 2019).

Assim, a análise apresentada neste capítulo reforça como as abordagens da Economia Política podem enriquecer e desmistificar os estudos sobre descarbonização. Isso porque a Economia Política busca compreender os processos na sua totalidade, evitando fragmentações que costumam oferecer uma visão apenas parcial da realidade. Dessa forma, nossa análise vai de encontro às análises apresentadas por Huber e McCarthy (2017); McCarthy (2015); Pearse (2020); e Bridge e Gailing (2020) quando tratam do “retorno à superfície” na produção energética no capitalismo. Tais estudos vêm mostrando que a transição energética com vias à ampliação do uso de fontes renováveis que são intensivas em área, como vem sendo realizado no semiárido brasileiro com a crescente implantação de parques eólicos, apesar de contribuir com a redução das emissões de dióxido de carbono, ao menos no processo de geração de energia, pode resultar em novos conflitos e injustiças. Isso porque quando esse processo é realizado sob a égide do modo de produção capitalista e segundo seus interesses pode ampliar os conflitos por terra, reforçar as injustiças socioespaciais já existentes e/ou produzir novas injustiças, criando as condições necessárias para que novas ondas de esbulho e despossessão de bens, terras e recursos ocorram.

## Agradecimentos

Agradeço à professora Dra. Arlete Moysés Rodrigues pela orientação da tese de doutorado da qual deriva este capítulo. Agradeço também ao Instituto Federal de São Paulo (IFSP) pela concessão de afastamento remunerado para doutoramento entre os anos de 2016 e 2019 e ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, através da concessão de bolsa de Doutorado Sanduíche.

## Referências

- ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial). **Mapeamento da cadeia produtiva da indústria eólica no Brasil**. 2014. 141 f. Disponível em: <https://www.cier.org/es-uy/Lists/Informes/Mapeamento%20da%20Cadeia%20Produtiva%20da%20Ind%C3%BAstria%20E%C3%B3lica%20no%20Brasil.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de informações de geração**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=15>. Acesso em: 08 set. 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de informação de geração**. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/GeracaoTipoFase.asp>. Acesso em: 16 fev. 2018.
- BERMANN, C. O projeto da usina hidrelétrica Belo Monte: a autocracia energética como paradigma. **Novos Cadernos NAEA**, [s. l.], v. 15, n. 1, ago. 2012. ISSN 2179-7536. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/895>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO ECONOMICO E SOCIAL (BNDES). **Operações contratadas na forma direta e indireta não automática**. 2018. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/centraldedownloads>. Acesso em: 06 jul. 2018.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanco energético nacional 2006**. Ano base 2005 Relatório final. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, RJ, 2006. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/3597239/01+-+BEN+2006+-+Ano+Base+2005+%28PDF%29/0b5543a3-4e73-4fce-b089-730b9e16bd6a>. Acesso em: Acesso em: 23 maio 2015.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanco energético nacional, 2014**. Ano base 2013. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2014. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2014.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf). Acesso em: 23 maio 2015.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanco energético nacional 2016**. Ano base 2015. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, RJ, 2016. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2016.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf). Acesso em: 20 out. 2016.
- BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética (EPE). **Balanco energético nacional 2018**. Ano base 2017. Ministério de Minas e Energia. Rio de Janeiro, RJ, 2018. 203p. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018\\_Int.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018_Int.pdf). Acesso em: 31 maio 2019.
- BRASIL, Ministério da Integração Nacional (MIN). **Nova delimitação do semi-árido brasileiro**. Secretaria de Políticas de Desenvolvimento Regional. Brasília, DF, 2005. 32 p. Disponível em: [http://www.mi.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82fa-f0762763&groupId=2491](http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82fa-f0762763&groupId=2491). Acesso em: 26 out. 2016.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Plano Nacional de Energia 2030**. Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, DF, 2007. 369 p. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/PNE/20080111\\_1.pdf](http://www.epe.gov.br/PNE/20080111_1.pdf). Acesso em: 12 jul. 2015.
- BRIDGE, G.; GAILING, L. New energy spaces: Towards a geographical political economy of energy transition. **EPA: Economy and Space**. v. 52, n. 6. p. 1037-1050, 2020.
- BUSTOS-GALLARDO, B.; BRIDGE, G.; PRIETO, M. Harvesting Lithium: water, brine and the industrial dynamics of production in the Salar de Atacama. **Geoforum**, n. 119 p. 177-189, 2021.

- CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA (CEPEL). **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**: simulações 2013. Rio de Janeiro, RJ, 2017. Disponível em: [http://novoatlas.CEPEL.br/wp-content/uploads/2017/03/NovoAtlasdoPotencialEolico\\_BrasileiroSIM\\_2013.pdf](http://novoatlas.CEPEL.br/wp-content/uploads/2017/03/NovoAtlasdoPotencialEolico_BrasileiroSIM_2013.pdf). Acesso em: 06 out. 2017.
- FIGUEIREDO, A. C. P.; SARAIVA, L. J. C. A prostituição em grandes projetos na Amazônia: o impacto do grande capital nos fluxos de mão de obra na UHE Belo Monte. **Nova Revista Amazônica**. v. 6, n. Especial, dez. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/nra/article/view/6462/5192>. Acesso em: 13 mar 2019.
- GONÇALVES JUNIOR, D. **Reformas na indústria elétrica brasileira**: a disputa pelas “fontes” e o controle dos excedentes. 2007. 416f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de São Paulo, Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia PIPGE- EP/FEA/IEE/IE, São Paulo, São Paulo, 2007.
- HARVEY, David. **Spaces of capital**: towards a critical geography. New York, NY: Routledge, 2001. 429 p.
- HARVEY, David. **O novo imperialismo**. 4. ed. São Paulo, SP: Edições Loyola, 2010. 201 p.
- HARVEY, David. **Os limites do capital**. São Paulo, SP: Boitempo, 2013. 591 p.
- HERNÁNDEZ, F. F. M.; MAGALHÃES, S. B. Ciência, cientistas e democracia desfigurada: o caso Belo Monte. **Novos Cadernos NAEA**, [s. l.], v. 14, n. 1, out. 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/599>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- HUBER, M. T.; MCCARTHY, J. Beyond the subterranean energy regime? Fuel, land use and the production of space. **Transactions Institute of British Geographers**, v. 42, n. 4, p. 655-668, 2017.
- KAUTSKY, K. **A questão agrária**. Tradução de C. Iperóig. Apresentação de Moniz Bandeira. Rio de Janeiro, RJ: Laemmert, 1968. 325p. Col. Clássicos do Socialismo, 2).
- LENZ, M. H. **A categoria econômica renda da terra**. Porto Alegre, RS: Fundação de Economia e Estatística, 1981. 102 p. (Tese).
- LÖWY, M. **Ecologia e socialismo**. São Paulo, SP: Cortez, 2005. 94 p. (Col. Questões da Nossa Época, v. 125).
- MARX, K. **O capital**: crítica da economia política. Tradução de Rubens Enderle. São Paulo, SP: Boitempo, 2013 (v.1. : enc.).
- MARX, K. **O capital**: crítica da economia política. Tradução de Rubens Enderle. São Paulo, SP: Boitempo, 2014 (v. 2.: enc.).
- MARX, K. **O capital**: crítica da economia política. Tradução de Rubens Enderle. São Paulo, SP: Boitempo, 2017 (v. 3.: enc.).
- MCCARTHY, J. A socioecological fix to capitalist crisis and climate change? The possibilities and limits of renewable energy. **Environment and Planning**. v. 47, p. 2485-2502, 2015.
- MIRO, K. R. **A ditadura dos carteis**: anatomia de um subdesenvolvimento. 15. ed. Rio de Janeiro, RJ: Civilização Brasileira, 1979. 272p. (Col. Retratos do Brasil, 102).
- MOORE, J. W. Transcending the metabolic rift: a theory of crises in the capitalist world-ecology. **The Journal of Peasant Studies**, v. 38: n. 1, p. 1-46, 2011.
- O’CONNOR, J. On the two contradictions of capitalism. **Capitalism Nature Socialism**, v. 2, n. 3. *Routledge*, 1991. p. 107-109.
- PEARSE, R. Theorising the Political Economy of Energy. Transformations: Agency, Structure, Space, Process. **New Political Economy**. p. 1-13, 2020.

- PORTO-GONÇALVES, C. W. Por uma ecologia política crítica da Amazônia. *In: Revista Margem a Esquerda*. Dossiê: imperialismo, ecologia e crise estrutural, n. 14, ano 2010. São Paulo, SP: Boitempo Editorial; 2003.
- PORTO-GONÇALVES, C. W. **A globalização da natureza e a natureza da globalização**. 7. ed. Rio de Janeiro, RJ: Civilização Brasileira, 2017. 461 p.
- POULANTZAS, N. A. **Poder político e classes sociais**. 2. ed. São Paulo, SP: Martins Fontes, 1986. 354 p. (Novas direções).
- POULANTZAS, N. A. **Sobre el estado capitalista**. 2. ed. Barcelona: Laia, 1977. 146p. (Laia/paperback. Política, 1).
- SANTOS, M. Da Política dos Estados à Política das Empresas. **Cadernos da Escola do legislativo de Minas Gerais**, 1997, [s. n.]. Disponível em: <http://ricardoantasjr.org/wp-content/uploads/2015/07/%E2%80%9CDa-Pol%C3%ADrica-dos-Estados-%C3%A0-Pol%C3%ADrica-das-Empresas%E2%80%9D.-Milton-Santos.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2018.
- SANTOS, M. **Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal**. 16. ed. Rio de Janeiro, RJ: Record, 2008. 174 p. ISBN 9788501058782 (broch).
- SEVÁ FILHO, A. O. Profanação hidrelétrica de Btyre/Xingu. Fios condutores e armadilhas (até setembro de 2012). *In: de Oliveira, J. P.; Cohn, C. (org.). Belo Monte e a questão indígena*. Associação Brasileira de Antropologia (ABA): Brasília, DF. 2014. p. 170-205.
- SILVA, Fabiano Moreira da; PAULA, Elder Andrade de. Usinas hidrelétricas sob os véus da “sustentabilidade”: os pescadores artesanais da Ponta do Abunã (RO) e a Usina Hidrelétrica de Jirau. **Novos Cadernos NAEA**, [s. l.], v. 21, n. 1, jul. 2018. p. 159-178. ISSN 1516-6481/2179-7536. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/3497>. Acesso em: 13 mar. 2019.
- SMITH, N. **Desenvolvimento desigual: natureza, capital e a produção de espaço**. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 1988. 250 p. Bibliografia: p. 243-250. ISBN 8528600726 (broch.).
- TENOTÁ-MÓ. **Alertas sobre as consequências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu**. São Paulo, SP: International Rivers Network, 2005. 344 p., il. ISBN 8599214012 (broch.).
- TOLMASQUIM, M. T. **Novo modelo do setor elétrico brasileiro**. Rio de Janeiro, RJ: Synergia, 2011. 290 p., il. ISBN 9788561325596 (broch.).
- TRALDI, M. **Novos usos do território no semiárido nordestino: implantação de parques eólicos e valorização seletiva nos municípios de Caetité (BA) e João Câmara (RN)**. 2014. 232 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/286604>. Acesso em: 3 jun. 2019.
- TRALDI, M. Implantação de parques eólicos no semiárido brasileiro e a promessa da geração de empregos. **Bahia Análise & Dados**, v. 27, 2017. p. 175-202.
- TRALDI, M. Os impactos socioeconômicos e territoriais resultantes da implantação e operação De parques eólicos no semiárido brasileiro. **Scripta Nova**, vol. XXII, nº 589, 2018. 1 de maio de 2018. Disponível em: <http://revistes.ub.edu/index.php/ScriptaNova/article/view/19729/23618>. Acesso em: 10 set. 2018.
- TRALDI, M. **Acumulação por despossessão: a privatização dos ventos para a produção de energia eólica no semiárido brasileiro**. 2019. 378p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, São Paulo. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/335160>. Acesso em: 30 nov. 2020.

## CAPÍTULO 7

# GEOECOLOGIA DA PAISAGEM APLICADA AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL DE EMPREENDIMENTOS DE PRODUÇÃO ENERGÉTICA EÓLICA

---

*Edson Vicente da Silva<sup>1</sup>*

*Giovanna de Castro Silva<sup>1</sup>*

*Anderson Marinho da Silva<sup>1</sup>*

*Clarissa Dantas Moretz-Sohn<sup>1</sup>*

*Larissa de Pinho Aragão<sup>1</sup>*

*Carlos Henrique Sopchaki<sup>1</sup>*

### Resumo

O planejamento ambiental não deve abordar apenas os aspectos físico-biológicos e os sistemas naturais, mas também assumir uma maior complexidade quanto ao conforto e qualidade de vida, condições de saúde pública, além das seguranças hídrica, energética e alimentar. Assim, a aplicabilidade da Geoecologia da Paisagem se consolida como uma disciplina de análise sistêmica e integrada das paisagens naturais e antroponaturais (culturais) nos territórios onde se pretende instituir a implementação de projetos de energia renovável, estruturas e funcionalidades produtivas adequadamente planejadas. Acredita-se que a sustentabilidade de uma paisagem está diretamente correlacionada à sua capacidade de retorno ao seu estágio de partida após a eliminação dos tensores que atuam na configuração dos impactos sobre as mesmas. Ou seja, quando a paisagem assume estabilidade e persistência sob um impacto para, posteriormente, regressar às suas condições normais. Este capítulo apresenta propostas teórico-metodológicas de como se pode aplicar medidas de planejamento ambiental para mitigar e monitorar impactos socioambientais decorrentes de empreendimentos de produção de energia eólica.

**Palavras-chave:** Gestão e monitoramento ambiental. Usinas eólicas. Zoneamento geoecológico.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil. [cacauceara@gmail.com](mailto:cacauceara@gmail.com)

## Introdução

O desmesurado e crescente consumo energético nas áreas urbanas se deve, principalmente, aos efeitos da modernidade e seu reflexo no consumo e uso de equipamentos eletrônicos e a uma mobilidade cada vez maior de pessoas e produtos, além da expansão das atividades industriais. No espaço rural, a modernização dos meios de produção e um exponencial crescimento do agronegócio levaram a consumos energéticos nunca antes alcançados no planeta.

Nesse contexto de busca de incremento de produção energética, surge a energia eólica e o lítio, que se tornam objetos dessa análise no que concerne à instalação, funcionamento e manutenção dos seus empreendimentos produtivos. À luz de proposição de estratégias de um adequado modelo de planejamento ambiental junto aos empreendimentos energéticos e seu entorno geográfico, propõe-se a aplicabilidade da Geocologia das Paisagens, fundamentada nos procedimentos teórico-metodológico expostos por autores como Rodriguez e Silva (2016), Barragán (1997), Bertrand e Bertrand (2007), Cavalcanti e Viadana (2007), Diakonov (2002), Diakonov e Mamai (2008), Hildebrand Scheid (2009), Kaule (2001), Rougerie e Beroutchatchvili (1991), Sanchez Ruiz (2008), Tricart (1982) e Zacharias (2010).

Considerando-se que o planejamento ambiental não deve abordar apenas os aspectos físico-biológicos e os sistemas naturais, mas também assumir uma maior complexidade quanto ao conforto e qualidade de vida, condições de saúde pública, além das seguranças hídrica, energética e alimentar, surge a necessidade de um enfoque que discorra sobre a complexidade e as relações sistêmicas nas interações Sociedade (empreendimento energético/população envolvida) e Natureza (sítio e entorno do empreendimento).

É nesse contexto que se propõem a aplicabilidade da Geocologia da Paisagem, que se consolida como uma disciplina de análise sistêmica e integrada das paisagens naturais e antro-po-naturais (culturais) nos territórios onde se pretende instituir a implementação de projetos de energia renovável, estruturas e funcionalidades produtivas adequadamente planejadas.

Essa fundamentação teórico-metodológica sustenta-se nas categorias analíticas da Geografia e da Ecologia, como espaço e paisagem natural, espaço e paisagem cultural, através da concepção de ecossistemas, geossistemas e geoecossistemas, em suas diferentes feições e distintas escalas de abordagem espacial. Nela são considerados aspectos relativos à localização, identificação, estrutura, funcionalidade, distribuição, classificação e representação dos componentes e fenômenos geográficos interagindo espacialmente nas diferentes unidades de análise geocológica.

Este capítulo estabelece de forma propositiva, os procedimentos geocológicos que podem e devem subsidiar os empreendimentos energéticos de instalação até o funcionamento das estruturas e o monitoramento das atividades de rotina. Em síntese,



se explicita cada uma das fases do planejamento ambiental a partir da Geoecologia da Paisagem, como sendo (1) organização e inventário, (2) análise/zonamento ambiental, (3) diagnóstico/zonamento geocológico, (4) prognóstico/zonamento funcional, (4) plano de gestão (5) execução e (6) monitoramento. Essas diferentes fases são devidamente detalhadas, explicando-se os processos de interpretação científica dos espaços de influência dos empreendimentos, demonstrando os produtos e resultados a serem obtidos e que irão subsidiar o planejamento ambiental a ser instituído.

## **A paisagem como categoria espacial de análise com vistas ao planejamento ambiental**

A Geoecologia da Paisagem assume uma importância significativa por constituir relevante base interdisciplinar que atende parte das demandas necessárias ao planejamento ambiental dos territórios. Ela pode ser considerada como um sistema de métodos, procedimentos e técnicas de pesquisas, onde seu principal objetivo é proporcionar os conhecimentos essenciais sobre o meio natural a partir de uma perspectiva sistêmica. Ao abordar os preceitos teóricos e metodológicos da Geoecologia das Paisagens, recorre-se principalmente a duas publicações como base bibliográfica maior: Rodriguez e Silva (2018) e Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2017).

A partir da delimitação e caracterização das particularidades ambientais de cada uma das unidades paisagísticas, torna-se possível a formulação de ações voltadas para a otimização das formas de uso e ocupação, propondo formas de gestão e manejo mais adequadas. Com o pleno conhecimento das bases naturais de um território, é possível instituir programas de desenvolvimento econômico e social, a exemplo da implantação de projetos de energia renovável.

O conhecimento da integração geocológica de cada unidade permite a compreensão das inter-relações entre as condições estrutural-espacial e dinâmico-funcional das paisagens, seja em seus aspectos naturais, bem como culturais e socioeconômicos. Como sistema econômico-social a paisagem cultural é concebida como o produto imediato de onde se desenvolve a sociedade humana, caracterizando-se por suas relações espaciais, além da capacidade funcional para o desenvolvimento das suas atividades econômicas, sociais e culturais.

Ao analisar as paisagens de um determinado território é preciso reconhecer e conhecer os processos de circulação e intercâmbio de energia e substâncias na superfície entre as diferentes unidades de paisagem que terminam por constituir a integridade dos geossistemas.

As diferenciações espaciais são decorrentes das particularidades específicas em razão de suas funcionalidades e a dinâmica-evolutiva própria que também são influenciadas pelos processos planetários como as sazonalidades estacionais e diárias. Essa complexidade de manifestações, estruturas e processos se manifestam na composição de um complexo mosaico de paisagens, que também sofrem os efeitos das faixas zonais e altitudinais.

Na formação das diversidades paisagísticas locais, se percebem as influências das exposições da radiação solar e de massas de ar, bem como a microzonalidade das vertentes direcionadas por seus níveis topográficos e orientações de sotavento/barlavento e sotamar/barlamar.

O estudo da paleogeografia constitui um elemento importante no sentido de se avaliar as condições geoambientais. Considera-se que todos os geossistemas naturais constituem categorias históricas, sendo resultantes de processos efetivados no passado. Ou seja, os estados paisagísticos atuais e mesmos futuros estão determinados em grande parte pelas modificações ocorridas no passado.

Uma análise retrospectiva da paisagem possibilita conhecer as mudanças cíclicas ocorridas para se projetar possíveis repetições, observar a atuação de fatores externos e internos na evolução paisagística e interpretar as tendências à estabilidade ou instabilidade, propiciando assim a construção de um prognóstico geocológico das paisagens.

Por meio de uma análise retrospectiva-estrutural da paisagem, Isachenko (1991), explica que se pode avaliar a cronologia e condições de gênese, conhecer como se articularam os elementos da estrutura paisagística e suas influências sobre o seu gradiente de estabilidade e dinâmica. A análise espaço-temporal procura interpretar as tendências de desenvolvimento dos processos e estruturas naturais através da análise de diferentes períodos dinâmico-evolutivos de paisagens sucessivas em determinado espaço e escala temporal.

As três abordagens permitem considerar que para se interpretar a idade de determinada paisagem, é necessário inicialmente conhecer a cronologia de suas estruturas/componentes e de seus processos/dinâmica historicamente existentes. É possível identificar três categorias cronológicas de paisagens: (1) jovens ou progressivas; (2) maduras ou conservativas e (3) reliquiaes ou senis.

No caso do litoral do estado do Ceará, é possível exemplificar no caso do campo de dunas, paisagens jovens como as dunas móveis, paisagens maduras como as dunas fixas e, no caso de paisagens reliquiaes, os eolianitos. Essa classificação, em parte, serve como subsídio para identificação de ambientes mais ou menos estáveis, e também de paisagens reliquiaes que devem ser protegidas, a despeito de ocorrerem impactos ambientais negativos, às vezes irreversíveis devido à implantação de parques eólicos, como relatado em áreas costeiras do Ceará por Meireles (2011), Mendes, Gorayeb e Brannstrom (2015) e Loureiro, Gorayeb e Brannstrom (2015).

A Sociedade se integra à Natureza em totalidade como consequência de suas ações na organização social, modificando os fluxos e intercâmbios de matéria, energia e informação. As atividades produtivas são as principais causas das modificações antrópicas da natureza, uma vez que elas são a própria razão do desenvolvimento da sociedade humana.

A antropogenização da paisagem, segundo Preobrazhenskii e Aleksandrova (1988), leva a modificações estruturais, no funcionamento e na dinâmica das

paisagens, provocando novas formas tendências e progressivas evoluções de novos cenários. Consta-se que, mesmo transformadas pelas ações sociais, as paisagens ainda continuam submetidas às leis da Natureza, embora a Sociedade possa imprimir novos direcionamentos e velocidades de modificações paisagísticas.

Apesar de não poder criar uma nova paisagem natural, a Sociedade pode introduzir novos elementos que venham a modificar as paisagens naturais, induzindo a formação de paisagens culturais, que podem ocorrer de forma sequencial e progressiva, alterando estruturas e processos de ordem natural.

Na Geoecologia das Paisagens, estabelecem-se critérios de classificação antropogênicas das unidades paisagísticas por meio do estabelecimento das seguintes categorias: paisagens naturais, paisagens antroponaturais e paisagens tecnogênicas.

As primeiras, paisagens naturais, não sofreram significativas alterações de sua estrutura e funcionalidade por parte das ações humanas que tenham se modificado em sua essência natural. No entanto, podem sim sofrer consequências diretas e indiretas dos processos de modificações ambientais de caráter global e/ou regional.

As paisagens antroponaturais correspondem às unidades que foram modificadas ou são derivadas das transformações exercidas pelas ações humanas principalmente sobre os componentes bióticos. Em função da intensidade das modificações, essas podem ser moderadas ou fortes, sendo que as últimas dificilmente podem se regenerar ou mesmo ser recuperadas artificialmente.

Como paisagens tectogênicas, se identificam as áreas que não tiveram apenas os seus componentes biológicos transformados, mas também suas condições estruturais físicas, como sua base geológica, relevo e solos. Como referências citam-se parques e distritos industriais e ambientes derivados de uma intensa ocupação histórico-geográfica que resultaram em paisagens esgotadas e desertificadas, por exemplo. Em relação à energia eólica no Ceará, pode-se citar o Complexo Industrial e Portuário do Pecém que possui propostas de instalação de estruturas que darão apoio aos parques eólicos *offshore* projetados para o litoral oeste do Ceará e de fábricas de produção de hidrogênio verde, além de já abrigar uma fábrica de componentes de torres eólicas. Essas questões são aprofundadas nos capítulos [14](#) e [15](#) deste livro.

## **Procedimentos metodológicos da Geoecologia da Paisagem na análise de um empreendimento**

Na concepção de Rodriguez e Silva ([2017](#)), ao se estabelecer um esquema metodológico com relação à Geoecologia da Paisagem como instrumento de análise territorial é preciso: (1) conhecer a organização paisagística, (2) a classificação e taxionomia das estruturas paisagísticas, (3) os fatores que formam e transformam as paisagens e (4) os enfoques estrutural, funcional e histórico-genético.

Em um segundo momento, faz-se a avaliação das potencialidades intrínsecas de cada paisagem, definindo sua tipologia funcional com base em fatores antropogênicos e o uso dos recursos naturais. Observam-se, ainda, os impactos geoecológicos decorrentes das atividades humanas, incluindo as funções e as cargas econômicas.

Na fase propositiva voltada ao planejamento e proteção ambiental, considera-se a avaliação da tecnologia de uso e ocupação das paisagens e visualização das possíveis alternativas na formação de cenários futuros. Dessa forma, compreende-se a organização estrutural e funcional direcionada ao ordenamento espacial, quando se inclui estratégias de perícias ecológico-geográficas e o monitoramento geossistêmico regional.

No caso de empreendimentos de grande porte, como é o caso da geração de energia eólica, efetiva-se uma forte correlação entre os objetos técnicos com os elementos e processos de ordem natural. Ocorre, então, em função das condições socioeconômicas impostas ao território, uma interação espacial entre matéria, energia e informação que é refletida na realidade e funcionalidade espacial.

No processo de leitura do território, diagnóstico, prognose e monitoramento, recorre-se ao Sistema de Informação Geográfica (SIG), que consiste em registrar as manifestações territoriais, nas representações da espacialidade das informações em escalas diferenciadas. Busca-se uma unificação das informações possíveis em um dado território, a partir de um enfoque sistêmico de análise e de diagnóstico.

Em seu conjunto, o SIG apresenta três elementos principais: (1) um banco informativo/banco de dados do território; (2) desenho de um bloco de modelos conceituais, matemáticos e um bloco de imagens; e (3) preparação e formulação de recomendações para a tomada de decisões. Atuando em conjunto com a Geoecologia das Paisagens, o SIG aporta informações sobre: (1) estrutura vertical dos componentes e as partes morfológicas da paisagem; (2) estado da paisagem; (3) modificações e transformações antropogênicas da paisagem; e (4) fluxos relacionados aos transportes hídrico, aéreo, gravitacional e biótico da paisagem.

## **Cartografia das unidades geoecológicas de paisagem**

As unidades das paisagens estão caracterizadas a partir das interações decorrentes dos processos e estruturas atuantes, o que leva à uma homogeneidade relativa de suas condições naturais e à estabilidade das inter-relações estruturais. Entre as propriedades específicas das paisagens, destacam-se: (1) existência de “tipos” geográficos, (2) propriedades de integridade e diferenciação, (3) possibilidade de repetibilidade, (4) semelhança substancial estrutural-morfológica, (5) homogeneidade relativa e (6) complexidade.

Com relação à compreensão da dinâmica processual das paisagens é importante analisar as relações verticais e horizontais atuantes na dinâmica do território. Nas relações verticais, consideram-se: (1) produtividade biológica, (2) meso-relevo, (3)

estrutura vertical e (4) características dos solos e do macro-relevo. Já com as relações horizontais, inserem-se: (1) escoamento superficial, (2) relevo, (3) estrutura horizontal, (4) transporte de substâncias e (5) produtividade biológica.

Na concepção de Richling e Mateo (1991), em geral, os mapas de tipos de paisagens devem ser representados de escalas pequenas (1: 2.500.000) a escalas médias (1:250.000). Apesar de que se pode assumir quatro principais níveis de escalas e taxonômicos: (1) mapas muito gerais (1:250.000 ou menores) – grandes regiões; (2) mapas gerais (1:100.000 a 1:250.000) – localidades e regiões; (3) mapas detalhados (1:10.000 a 1:100.000) – comarcas e localidades; (3) mapas muito detalhados (1:2.000 a 1:10.000) – fácies.

No caso de análise de projetos de produção de energia eólica, haverá uma escala de representação de sua realidade terrestre definida a partir da dimensão territorial ocupada, por definição de amostragens e controles de determinados setores espaciais, ou mesmo por uma interpretação do seu entorno local ou regional.

Ainda segundo Richling e Mateo (1991), é possível efetivar as representações cartográficas no sentido de serem: (1) reconstrutivas como mapas de paisagem original ou primários e mapas de evolução da paisagem, (2) estado atual contemporâneo da paisagem, (3) monitoramento do estado atual da paisagem e (4) prognóstico do estado e características da paisagem.

A elaboração de uma cartografia representativa das paisagens realiza-se a partir de três etapas principais: (1) preparatória/de gabinete, (2) levantamento de campo e (3) elaboração final dos mapas. Rodriguez e Silva (2018) especificam, a seguir, como deve ser efetivada cada uma das etapas.

Na primeira etapa, denominada como preparatória, ela é basicamente de gabinete e objetiva preparar as informações necessárias aos trabalhos de campo, estando estruturada em: (1) recompilação, análise e sistematização dos trabalhos anteriormente realizados; (2) fundamentação da investigação, definindo objetivos, materiais, métodos, escala de análise, cronograma e recursos a serem utilizados; (3) análise de mapas temáticos, interpretações visuais e digitais de fotografias aéreas e imagens de satélite; e (4) elaboração do mapa preliminar de paisagens, por meio da integração de mapas básicos, temáticos e das informações obtidas.

Na análise geocológica da paisagem um dos principais produtos como resultado das pesquisas é a elaboração de um mapa de paisagens naturais do território em questão. Para tanto, é essencial que, após a conclusão de uma primeira proposta de implementação de projeto de energia renovável, sejam feitas as devidas revisões de campo, bem como a caracterização dos limites e condições intrínsecas de cada unidade geocológica. Em seguida, após as revisões, conclui-se a sua legenda temática com as devidas classificações das unidades representadas dentro de ambiente SIG.

Após a construção de um mapa de paisagens naturais, é preciso avaliar os processos de transformação antropogênica das paisagens. É comum se diferenciar

duas principais tendências com relação às transformações estruturais das paisagens e dos seus parâmetros da geodiversidade: a homogeneização e a heterogeneização.

Na homogeneização da paisagem os processos são determinados pelo predomínio de um mesmo padrão de uso e ocupação e de suas tecnologias. Tal padrão implica na simplificação das estruturas paisagísticas reduzindo a geodiversidade, sendo um predomínio nos grandes projetos de produção e de modernização tecnológica, como é o caso dos parques de produção de energia eólica.

A heterogeneização da paisagem é dominada pelo predomínio de diversas formas e graus de intensidade no uso dos recursos naturais e aplicação de diferentes tipos de tecnologias sobre um mesmo tipo de paisagem. Esse processo dominante leva a uma maior complexidade na estrutura das paisagens e uma ampliação dos graus de geodiversidade.

Perceber e identificar a geodiversidade é fundamental para se analisar as outras formas e categorias de diferenciações paisagísticas, como a biodiversidade e a diversidade sociocultural. Ou seja, é a partir dos gradientes de geodiversidade que se constroem as outras categorias de diversidades. Uma vez modificada a estrutura da geodiversidade haverá uma dinâmica nos atributos genético-funcionais e evolutivos.

## **O paradigma ambiental e a abordagem sistêmica no planejamento de empreendimentos**

Para a realização de pesquisas que tratem sobre a implementação de um Planejamento Ambiental, há um vasto arsenal de modelos metodológicos e métodos, que se diversificam em razão da fundamentação teórico e filosófica a ser referendada. As diversificações de abordagem também dependem das condições ambientais, do sistema político e administrativo atuante e da categoria espacial de análise que se pretende adotar.

Os paradigmas ambiental e do desenvolvimento sustentável, segundo Milbrath (1996), consideram diferentes hipóteses formadas a partir de especificidades baseadas nas visões: (1) holística, da compreensão de que os fenômenos do universo estão intrinsecamente ligados em diferentes níveis da totalidade; (2) sistêmica, onde se incorpora a perspectiva cibernética quanto à totalidade, que é estruturada em sistemas de diversas complexidades e hierarquia; (3) integrativa-complexa, onde cada sistema representa uma unidade dialética das partes identificadas no plano da totalidade e acata a ideia de ter a propriedade de estruturar-se e organizar-se a si mesma; e (4) evolutiva-dinâmica, compreendendo que todas as partes do organismo ou sistema encontram sua estabilidade pela capacidade de adaptação e a busca do equilíbrio dinâmico de um sistema.

Entre as categorias de análise geralmente utilizadas estão: geossistemas, ecossistemas, paisagens naturais e culturais, biomas, bacias hidrográficas, regiões político

administrativas, municípios e comunidades. As dimensões territoriais e sua diversidade induzem, em parte, as categorias de análise a serem adotadas, bem como a escala da pesquisa a ser efetivada.

Considerando que os sistemas sociais e os sistemas naturais apresentam características próprias e autônomas, apresentando funcionalidades específicas e intrínsecas, com suas próprias leis e propriedades, as abordagens analíticas devem considerar as particularidades. A partir de uma visão sistêmica é possível conceber a existência simultânea de duas totalidades: os sistemas naturais e os sistemas humanos.

É possível incorporar duas abordagens ao se pesquisar o meio ambiente por meio de uma abordagem sistêmica, que são o enfoque geocêntrico e a abordagem ecocêntrica. A abordagem ecocêntrica envolve uma interpretação das condições ambientais, oferecendo uma análise voltada para o sistema humano e as inter-relações que se desenvolvem com o seu entorno geográfico.

A análise dos sistemas sociais/humanos envolve as suas diferentes categorias espaciais, como espaço, território, paisagem, lugar e região. Nesse sentido, o ser humano e os grupos humanos constituem elementos fundamentais nas relações sistêmicas com o ambiente externo e procura-se entender os processos do metabolismo ambiental, os fluxos de matéria, energia e informação que ocorrem entre a sociedade e o ambiente externo (BOYDEN *et al.*, 1981). Os autores compreendem que os diferentes grupos sociais apresentam funções sistêmicas próprias que envolvem processos de distribuição, ingestão, conversão, armazenamento, produção, impulsão, evacuação, associação, codificação, decodificação e memória do sistema.

Segundo Ignatov (2004), é preciso assumir o enfoque concernente ao paradigma da complexidade sistêmica, como uma base teórica e metodológica para uma concepção ambiental adequada.

A análise do espaço geográfico envolve o desenvolvimento de uma interpretação integrada e atualizada, que leva a uma releitura dos princípios e conceitos exigidos para a representação científica da realidade espacial, resultante das inter-relações entre natureza e sociedade. Castelló (2004), destaca que essa nova abordagem ultrapassa os princípios conceituais das disciplinas, percorrendo novos caminhos por meio da transversalidade dos conhecimentos e dos saberes.

Delgado (2005), relata a necessidade de uma nova ciência aplicada através da abordagem sistêmica, com um enfoque conciso na interdisciplinaridade e nos conceitos de compreensão da complexidade. O autor relata que é necessária a integração de diferentes grupos de pesquisas, de cunho técnico-científico, que possam atuar de forma integrada por meio de uma perspectiva que envolva a ciência da complexidade, de uma multidisciplinaridade que enfoque a transdisciplinaridade e que assuma o novo paradigma para se compreender e atuar de forma científica.

Autores como Rodriguez e Silva (2017), têm afirmado, de forma relevante, que a análise do espaço geográfico por meio de uma abordagem sistêmica favorece

a visão de um mundo multidimensional, em suas diferentes escalas e realidades. Assume-se ainda, um sistema científico que revela os fenômenos complexos atuantes na dinâmica espacial.

A partir da concepção de paisagem como unidade de análise, é possível desvendar as interações recíprocas entre a biocenose, o meio físico e a Sociedade. Os autores afirmam que, por meio do enfoque da complexidade e da visão sistêmica, surge uma nova plataforma para compreender e detalhar a realidade. Aceita-se, assim, novos conceitos e princípios científicos, envolvendo inovações tecnológicas que possam contribuir para a aplicabilidade de novos princípios, inovar em conceitos e noções e, principalmente, utilizar métodos e procedimentos que possam levar a um caminho no sentido de se construir efetivamente alternativas para um desenvolvimento sustentável.

A concepção sistêmica aplicada à análise das paisagens permite a interpretação de sua estrutura vertical e horizontal, de suas funções e possíveis funcionalidades, da dinâmica decorrente de seus fluxos de matéria e energia, seus processos evolutivos naturais e culturais, além de suas capacidades de autorregulação vinculadas a seus níveis de estabilidade ambiental em razão da geomorfogênese, pedogênese e gradientes de fitoestabilidade.

Em sua visão ampla e interdisciplinar, assume metodologicamente a interação de diferentes categorias, que vão de ecossistemas a distintas esferas de espaço geográfico, envolvendo as condições naturais, sociais, econômicas e culturais, considerando seus aspectos integradores e propriedades sistêmicas.

A análise em questão trata de como um enfoque realizado a partir dos conceitos e métodos da Geoecologia da Paisagem pode contribuir para uma melhor adequação espacial e funcional dos projetos de produção de energia eólica. Relata-se, ainda, como é possível, a partir dessa abordagem científica, projetar cenários paisagísticos decorrentes dessa atividade em ambientes adequados, acrescentando possibilidades para a construção de programas de monitoramento ambiental em médio e longo prazos.

## **A busca da sustentabilidade socioambiental**

As novas concepções de desenvolvimento assumem uma abordagem transdisciplinar que considera a incorporação da sustentabilidade nos seus processos atuantes. Para uma maior e melhor compreensão da sustentabilidade, a categoria de território oferece a possibilidade de articulação com outros espaços.

A noção de território oferece a possibilidade de se efetivar uma leitura geográfica com a devida interpretação socioambiental, onde o suporte espacial permite a articulação das estruturas econômicas, sociais e ambientais. Por meio de uma fundamentação teórica e metodológica aportada pela Ciência Geográfica, torna-se viável a construção do conceito de desenvolvimento sustentável como uma categoria transdisciplinar (MONTROYA, [2009](#)).



A partir das bases teóricas da Geoecologia das Paisagens, a sustentabilidade geoecológica e ambiental se enfocam conceitos básicos que possibilitam reconhecer e compreender os aspectos de índole estrutural, funcional, relacional, evolutivo e produtivo. Por meio de sua visão espacial é possível avaliar os sistemas naturais e culturais a partir do contexto das diferenciações espaciais, das inter-relações espaciais e integração na superfície terrestre.

Na concepção de Aleksandrova *et al.* (1982) e Pollock-Elwand (2001), a concepção sistêmica permite compreender que um território avaliado corresponde a: (1) um sistema que contém e reproduz serviços e recursos naturais, (2) um meio de vida e de sustentação das atividades humanas, (3) uma fonte de percepções estéticas e de valores éticos e culturais, (4) um fundo biológico e genético e (5) um laboratório natural com suas diversas propriedades.

A partir da concepção de desenvolvimento sustentável, considera-se a incorporação da sustentabilidade ambiental nos processos atuantes em todas as formas de desenvolvimento atuantes em um dado território. Castro (2003) acrescenta que para considerar o desenvolvimento por meio de uma concepção sistêmica, deve-se envolver na análise territorial os portadores do processo de desenvolvimento por seu caráter sistêmico e espacial.

Wallerstein (2003) especifica que tais portadores se representam através dos sistemas naturais, econômicos e sociais, presentes e atuantes em determinado território, sendo que cada um deles pode apresentar diversos níveis de sustentabilidade ambiental, econômica e social. Ao se tratar especificamente sobre a sustentabilidade ambiental, há que priorizar a sustentabilidade geoecológica, buscando por meio do planejamento ambiental, articular a mesma com outros diferentes níveis de sustentabilidade como a econômica e social (SANTOS; CAMPOS, 2003).

Constata-se que o paradigma ambiental tem induzido a inovações por meio do surgimento de enfoques, abordagens, concepções teóricas e metodológicas nas pesquisas e que passam a ser utilizados diretamente nas estratégias de planejamento e gestão territorial por meio do denominado “paradigma da sustentabilidade”. Há que vislumbrar que a gestão de um território envolve tanto os usuários do meio ambiente, como agentes sociais e econômicos, vinculados aos processos de administração do uso e ocupação em diferentes escalas e dimensões políticas e setoriais. Envolve processos de ordem natural, socioeconômica, política e cultural, que se diversificam por meio de determinados instrumentos, regulamentos, normas, financiamentos e disposições institucionais e legais.

Nesse contexto de diversidades de estruturas e processos que representam os espaços territoriais, a complexidade e o enfoque sistêmico constituem demandas epistemológicas necessárias a uma gestão integrada. Capitanichi (2001) ressalta que a concepção de estabelecimento de unidades ambientais por meio de sobreposição de mapas analíticos, no presente momento, está ultrapassada, uma vez que se busca uma

concepção mais subjetivista. O autor indica a necessidade de considerar a percepção como elemento fundamental para a representação social que uma população tem sobre o seu território. Acrescenta-se que é necessário considerar também as condições de vida da população com o seu meio que afetam a sua qualidade de vida.

Na concepção de Pesci (2000), a percepção ambiental é uma categoria de conhecimento onde o ambiente é considerado como uma construção cultural, como uma ordem simbólica. Assim, é importante a sua consideração nas análises, diagnósticos e implementação das estratégias e gestões territoriais, uma vez que envolve a visão dos moradores locais e os agentes de transformação das paisagens locais.

## **O planejamento ambiental e a sustentabilidade da paisagem**

Na concepção de Diakonov e Ivanov (1991), para se chegar a identificar o verdadeiro potencial das paisagens de se tornarem sustentáveis, é preciso conhecer o seu gradiente de estabilidade, que consiste em uma propriedade natural fundamental. A avaliação dessa estabilidade paisagística passa pela capacidade de uma paisagem: (1) se conservar a partir das potencialidades de seus geossistemas; (2) restabelecer o funcionamento normal após a efetivação de um impacto humano; (3) resistir a impactos exteriores e restabelecer suas propriedades alteradas (4) conservar o regime de funcionamento dos parâmetros físico-químicos do sistema; e (5) conservar a permanência das propriedades das paisagens, mantendo determinadas funções, mesmo sob efeito de impactos socioambientais.

Acredita-se que a sustentabilidade de uma paisagem está diretamente correlacionada à sua capacidade de retorno ao seu estágio de partida após a eliminação dos tensores que atuam na configuração dos impactos sobre a mesma. Ou seja, quando a paisagem assume estabilidade e persistência sob um impacto para, posteriormente, regressar às suas condições normais.

Em síntese, a sustentabilidade das paisagens é um atributo sintético que envolve os conceitos de estabilidade e solidez, referentes à capacidade de uma paisagem assumir suas capacidades de manutenção como sistema e poder cumprir com suas funções sociais. Nesse sentido, é determinante o tipo de modelo de desenvolvimento presente ou desejável, que se deseje para um dado território.

Na concepção da Geoecologia da Paisagem, a sustentabilidade socioambiental depende da possibilidade dos geossistemas manterem suas capacidades estruturais e funcionais de acordo com uma exploração adequada às suas limitações e capacidade de carga. A sustentabilidade geoecológica está baseada nos geoecossistemas e suas paisagens, por isso, a necessidade de conhecer suas limitações e potencialidades, afim de se estabelecerem formas de usos adequados.

Entende-se que para determinar o gradiente de sustentabilidade de uma paisagem, há que analisar as condições geoecológicas de seu entorno geográfico. Avaliar suas

condições ambientais naturais, as equidades sociais e as formas de participação nas tomadas de decisões pode constituir caminhos no entendimento da evolução espacial enquanto à manutenção, ampliação ou redução da sustentabilidade socioambiental.

O conceito de sustentabilidade da paisagem recorre ao uso de indicadores que tornam possível avaliar e visualizar como a sustentabilidade paisagística está incluída no processo de desenvolvimento. Na concepção de Serranos (1991), entre os indicadores passíveis de serem utilizados estão: (1) vitalidade da paisagem: grau em que a paisagem sustenta as funções econômico-sociais de um território; (2) sentido da paisagem: ajuste perceptivo e mental entre a paisagem e seus valores ou conceitos; (3) adequação da paisagem: capacidade dos espaços, canais e equipamentos de uma paisagem para acolher as atividades que a população realiza ou deseja realizar em um futuro; (4) acesso à paisagem: possibilidade de chegar às pessoas, atividades, recursos e serviços, incluindo quantidade e diversidade dos mesmos; (5) controle da paisagem: grau em que o uso e acesso aos espaços, seu funcionamento, estado, criação e direção podem ser controlados pelos que a utilizam; e (6) eficiência da paisagem: custo em relação ao grau de consequência das dimensões ambientais enumeradas.

As ações humanas que têm levado a uma quebra acentuada da sustentabilidade natural das paisagens que estão diretamente relacionadas à extração e introdução de substâncias e de energia na natureza, transformação de substâncias e de energia na natureza, artificialização ambiental por meio de obras e empreendimentos, entre outras. As transformações antrópicas podem afetar profundamente algumas propriedades naturais, modificando a estrutura, o funcionamento e a própria dinâmica natural.

Em termos gerais, as mudanças ambientais provocadas pelas ações humanas podem ser de ordem primária ou secundária. As primárias são provocadas de forma direta pelas ações humanas, enquanto as secundárias são provocadas por reações em cadeias promovidas pelas modificações iniciais de origem antrópica.

Nas transformações primárias ocorrem mudanças nas reservas e circulação de matéria e energia dos sistemas naturais, como os estados físico-químicos e biológicos, provocando mudanças na dinâmica natural que, conseqüentemente, irão provocar alterações secundárias na estrutura, volumes, inter-relações dos geocomponentes e na própria produtividade dos sistemas naturais.

Com a quebra de parte da sustentabilidade natural, as ações humanas podem ser prejudiciais à própria Sociedade, uma vez que levam a uma degradação quali-quantitativa dos recursos e das funções naturais. Chega a haver uma redução progressiva da geobiodiversidade paisagística devido à artificialização do meio e de sua estrutura e processos naturais.

Essa ruptura de parte da funcionalidade natural vai implicar em efeitos socioeconômicos negativos em razão da redução da produtividade, deficiências na saúde da população, crescimento de gastos em atendimentos sociais e alterações na demografia decorrentes da promoção de fluxos migratórios, entre outras consequências.

Chavez (1993), explicita que o planejamento ambiental se contrapõe de maneira radical ao planejamento tradicional ou convencional. O convencional apresenta um caráter setorial, determinista e linear, oferecendo, na maioria das vezes, apenas uma opção de gestão. Já o planejamento ambiental é considerado como um instrumento vinculado diretamente às condições ambientais, assumindo um caráter integrador, sistêmico, multi-opcional e probabilístico.

Na concepção de Richling (1994) e Rodriguez (1997), o planejamento ambiental (1) está atrelado a um desenho integrativo, envolvendo diferentes sistemas, escalas e objetos de análise; (2) considera as diferenciações na organização e estrutura territorial, a multi-operacionalidade e a diversidade; (3) observa a funcionalidade e a dinâmica espacial; (4) considera a validação da participação social nas estratégias de gestão; e (5) fomenta a capacidade institucional interna e externa no processo de organização territorial.

Ao se aplicar os distintos procedimentos de análise e diagnóstico geocológico em um território onde se pretende instituir projetos de empreendimentos de produção de energia eólica, se está considerando o contexto natural regional e suas inter-relações geocossistêmicas, de forma que se perceba os seus possíveis efeitos no entorno espacial do empreendimento. Por outra parte, a avaliação geocológica da área ocupada pelo empreendimento deve reconhecer com detalhes as propriedades estruturais e a funcionabilidade dos geocossistemas envolvidos, definindo as áreas possíveis e de limitação de uso e ocupação.

## **Considerações finais**

A crescente demanda por recursos energéticos é uma realidade no contexto mundial do início do terceiro milênio. Com uma nova era de automação e cibernética entramos no século XXI com um consumo de energia que extrapola do meio urbano e industrial para o rural e agroindustrial.

O funcionamento da economia se encontra totalmente dependente da oferta energética. Muitas das formas de produção de energia alternativa tornam-se modelos produtivos em massa, adquirindo um caráter puramente econômico, sem a devida preocupação com a sustentabilidade socioambiental.

De princípio, o que se planejava para ser produção de energia unifamiliar e de baixo custo, na atualidade se transformou em empreendimentos gigantescos. Logicamente, uma ocupação espacialmente ampla e de forma intensa tem provocado uma série de impactos socioambientais.

A proliferação de empreendimentos de produção de energia renovável tem se expandido de forma exponencial sobre a superfície terrestre, tendo causado diversos impactos socioambientais. Tais fatos estão levando a diferentes questionamentos sobre a real sustentabilidade no uso de formas de energias renováveis no Sul Global.

Considera-se que as formas de energias renováveis como as eólicas e solar são sustentáveis, porém as formas de produção das mesmas, terminam por ser bastante prejudiciais ao meio ambiente e às comunidades tradicionais das áreas exploradas e de seu entorno geográfico (ver Capítulos 14 e 15 deste livro), em especial quando o foco são pescadores artesanais, indígenas e quilombolas.

As etapas de construção e funcionamento dos empreendimentos terminam por provocar alterações ambientais, muitas vezes, irreversíveis, em especial nas áreas litorâneas do Nordeste. Nesse sentido, os autores procuraram oferecer subsídios teórico-metodológicos sustentados pela Geoecologia das Paisagens, para que se desenvolvessem estudos prévios sobre as condições ambientais para uma melhor adequação e funcionalidade dos empreendimentos.

A Geoecologia das Paisagens, por seu caráter de ciência interdisciplinar, assume um enfoque sistêmico e complexo, que permite avaliar todas as variáveis pertinentes à implantação e funcionamento de um empreendimento de produção de energia eólica. Em suas diferentes fases propicia analisar o meio socioambiental da área do empreendimento e seu entorno geográfico imediato. Na fase de organização, dedica-se a avaliar tanto a estrutura e funcionalidade do projeto, como compreender as bases naturais e sociais do espaço em questão, revendo e observando as possíveis inter-relações a serem desenvolvidas e possíveis impactos a terem ocorrência. Por meio de análise e do diagnóstico interpreta todas as interações existentes entre o meio natural e as artificialidades do empreendimento, definindo problemas, limitações e potencialidades socioambientais passíveis de ocorrência.

Com base no diagnóstico, pode-se chegar a medidas corretivas no desenvolvimento de empreendimentos, sugerindo medidas mitigadoras e de monitoramento. Mapas e cartas resultantes de análise e diagnóstico geoecológico especializam as informações na escala que se fizer necessária.

Através da Geoecologia das Paisagens é possível, por meio de um monitoramento socioambiental, efetivar projeções de cenários que envolvem as áreas dos parques eólicos e seus territórios adjacentes. Pretende-se, assim, oferecer caminhos teórico-metodológicos propiciados pela Geoecologia das Paisagens, no sentido de ordenar e monitorar os espaços ocupados atualmente ou avaliar locais a serem implantados.

Por fim, propõe-se que os estudos prévios visando a instalação de empreendimentos de produção energética apresentem também um plano de monitoramento geoecológico, que venha a aportar informações para possíveis projeções de cenários em razão dessa específica ocupação territorial.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao suporte do projeto CAPES/Programa de Cooperação Brasil Sul – Sul (COOPBRASS) Edital n. 5 de 2019, Proc. 88881.368924/2019-01

“Energia renovável e Descarbonização na América do Sul: desafios da Energia Eólica/BR e do Lítio/AR” e ao CAPES/PRINT Proc. 88887.312019/2018-00: *Integrated socio-environmental technologies and methods for territorial sustainability: alternatives for local communities in the context of climate change.*

## Referências

- ALEKSANDROVA, T.; DANEVA, M.; HAASE, G.; DROSH, I. A. **Protección de los Paisajes.** Diccionario interpretativo; (en ruso). Moscú: Editorial Progress, 1982, 272 p.
- BARRAGÁN, J. M. M. **Medio ambiente y desarrollo en las áreas litorales: Guía práctica para la planificación y gestión integradas.** Barcelona, Oikostau, 1997. 160 p.
- BERTRAND, G.; BERTRAND, C. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades.** Maringá: Massoni, 2007.
- BOYDEN, S.; MILLAR, S.; NEWCOMBE, K.; O'NEILL, B. **The ecology of a city and its people: the case of Hong Kong.** Austrália: Australian National University Press Canberra, 1981. 446 p. Disponível em: <https://openresearch-repository.anu.edu.au/handle/1885/114952>. Acesso em: 15 dez. 2021.
- CAPITANICHI, C. (coord.). **Unidades ambientales urbanas: bases metodológicas para la comprensión integrada del espacio urbano.** Universidade Vera-Cruzana: Instituto de Ecología, 2001. 276 p.
- CASTELLÓ, G. **La necesidad de um nuevo paradigma en la economía: una crítica en clave interdisciplinar.** Encuentros multidisciplinares. Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid, v.6, n.12; 2004, p 44-55.
- CASTRO, R. F. **Sistemas, estructuras y desarrollos.** Editorial de la Universidad Nacional a Distancia. San José: Costa Rica, 2003. 204p.
- CAVALCANTI, A. P. B.; VIADANA, A. G. **Organização do espaço e análise da paisagem.** Rio Claro: UNESP – IGCE, 2007.
- CHAVEZ, J. **Planificación ambiental y planificación tradicional.** México: Instituto Politécnico Nacional. 1993. 15p.
- DELGADO, J. A. **El análisis sistémico y su proyección multidisciplinar.** Encuentros Multidisciplinares, Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid, v. 7, n. 20, 2005, p. 40-50.
- DYAKONOV, K. N.; IVANOV, A. Estabilidade e inércia dos sistemas. **Revista da Universidade Estadual de Moscou.** Moscou, Série Geografia. n. 1, 1991, p. 28-35. (em russo).
- DIAKONOV, K. N.; MAMAI, I. **La escuela geográfica paisagística.** In: KASIMOV, N. S. (Redactor Principal) Las escuelas científicas geográficas de la Universidad de Moscú, Moscú : Casa editorial Gorodiets, 2008, p. 324-386 (em russo).
- DIAKONOV, K. N. La interacción de las direcciones estructural, evolutiva y funcional en las investigaciones sobre los Paisajes; (en ruso). **Revista de la Universidad Estatal de Moscú,** 2002, n. 1, p. 13-21. (Serie Geografía).
- IGNATOV, E. I. **Morfo sistemas costeiros.** Moscú-Smolensk: Madzhenta, 2004. 352p. (em russo).
- ISACHENKO, A. G. **Ciência da Paisagem e Regionalização Físico-Geográfica.** Moscou: Vyshaya Shkola. 1991. 370p. (em russo).

- KAULE, G. **Umwelt plannung**. (Planificación Ambiental), Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 2001, 315 p.
- LOUREIRO, C. V.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Implantação de energia eólica e estimativa das perdas ambientais em um setor do litoral oeste do Ceará, Brasil. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 6, n. 1, p. 24-38, jul. 2015. ISSN 2178-0463. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/361>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- RODRIGUEZ, J. M. M. Planejamento ambiental: bases conceituais, níveis e métodos. In: **Desenvolvimento Sustentável e Planejamento**: bases teóricas e conceituais. Fortaleza: UFC/Imprensa Universitária, 1997. p. 37-50.
- MEIRELES, A. J. A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. **Confin** (Paris), v. 11, p. 1-23, 2011.
- MENDES, J. S.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Diagnóstico participativo e cartografia social aplicados aos estudos de impactos das usinas eólicas no litoral do Ceará: o caso da praia de Xavier, Camocim. **Geosaberes**, Fortaleza, v. 6, n. 3, p. 243-254, jul. 2015. ISSN 2178-0463. Disponível em: <http://www.geosaberes.ufc.br/geosaberes/article/view/510>. Acesso em: 29 dez. 2021.
- MILBRATH, L. W. **Learning to think environmentally while there is still time**. Albany: State University of New York, Press, 1996.
- MONTOYA, J. W. (ed) **Lecturas en Teoría de la Geografía**. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2009, 379p.
- PESCI, R. **Del Titanic al velero: el aprendizaje de la complejidad ambiental**. FLACAM, La Plata, 2000. 34p.
- POLLOCK-ELWAND, N. Landscape policy and planning practice: the gap in understanding, Ontario, Canada. **Landscape Research**, v. 26, p. 99-118, 2001.
- PREOBRAZHENSII, V. S.; ALEKSANDROVA, T. D. (ed.). **Fundamentos geocológicos da projeção e do planejamento territorial**. Moscou: Editora da Academia de Ciências da URSS, 1988. 114p. (em russo)
- RICHLING, A. (ed.). **Landscape research and its applications in environmental management**. Poland: University of Warsaw, 1994. 212 p.
- RICHLING, A.; MATEO, J. **Utilización de los métodos físico-geográficos complejos de las investigaciones de Cuba y Polonia**. Actas latinoamericanas de Varsovia, Warszawa, Polónia, 1991, T. 9, p. 21-45.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. (org.) **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 5 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2017.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**. 2 ed. Fortaleza: Edições UFC, 2016.
- RODRIGUEZ, M. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da Geoecologia das Paisagens e da Teoria Geossistêmica**. 3. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2018.
- ROUGERIE, G.; BEROUTCHVILI, N. **Geosystemes et paysagens**. Paris: Colin Editores, 1991.
- SANCHEZ R., G. **Planificación moderna de ciudades**. México, DF; Editorial Trillas, 2008, 304 p.
- SANTOS, M. C.; CAMPOS, A. C. Estratégias para o desenvolvimento sustentável do turismo. In ----- **Turismo comunitário e responsabilidade socioambiental**. Fortaleza: EDUECE, 2003, p. 161-172.

- SCHEID, A. H. La ordenación del territorio en la agenda política europea. *In*: PÉREZ-MONEO, L. S.; VINUESA, M. A. T. (coord.). **Água, Território y Paisage: De los Instrumentos Programados a la Planificación Aplicada**, 2009. p. 121-142.
- SERRANOS, A. La variable ambiental en los planes de ordenación del territorio. **Revista Situación**. Bilbao, España, 1991, n. 2, p. 123-126.
- TRICART, J. A. **Paisagem e ecologia**. Inter-Fácies, São José do Rio Preto, n. 76, p. 1-55, 1982.
- WALLERSTEIN, I. **Sistema mundo y mundo sistémico**. Panamá: Universidad de Panamá, 2003. 170p.
- ZACHARIAS, A. A. **A representação gráfica das unidades de paisagem no zoneamento ambiental**. São Paulo: Ed. da UNESP, 2010.



## CAPÍTULO 8

# METODOLOGIA APLICADA NA ANÁLISE DE RUÍDOS CAUSADOS POR PARQUES EÓLICOS<sup>1</sup>

---

Lígia de Nazaré Aguiar<sup>2</sup>

Ivan José Ary Júnior<sup>2</sup>

Adryane Gorayeb<sup>2</sup>

### Resumo

Desde o início da expansão da energia eólica no Brasil, o Ceará tem recebido inúmeros parques eólicos, muito localizados em áreas de comunidades tradicionais. Esses empreendimentos trazem consigo características estranhas aos ambientes naturais das comunidades, por exemplo, os ruídos. Esse aspecto não é amplamente abordado na legislação brasileira, que não dispõe de parâmetros específicos para ruídos de aerogeradores. Diante disso, a pesquisa buscou desenvolver metodologia que permita analisar a distribuição dos ruídos das torres eólicas em comunidades próximas. Os ruídos foram aferidos atendendo principalmente as especificações da norma *IEEE Instrumentation for wind turbine aero acoustic noise measurement techniques*. As medições ocorreram na Comunidade Xavier, Camocim-CE, em período diurno e noturno e em meses de período seco e chuvoso para maior compreensão da influência dos aspectos ambientais nos ruídos do parque eólico. Ressalta-se, entretanto, que não houve aferição de ruídos antes da instalação do empreendimento, o que impossibilitou a comparação entre o ambiente sonoro antes e depois do parque. Esta metodologia por considerar fatores técnicos, espaciais e ambientais apresenta potencial para compreender de maneira fiel os níveis de ruídos gerados por parques eólicos em comunidades. No entanto, recomenda-se aplicação em diferentes realidades para impulsionar resultados mais conclusivos sobre a temática.

**Palavras-chave:** Aferição de ruídos. Metodologia. Energia Eólica.

---

1 O texto foi adaptado do artigo: Silva, L. de N. A., A. Gorayeb, C. Brannstrom, Ary Junior, I. J. (2020), "Análise do ruído e percepção dos impactos causados por parque eólico na comunidade Xavier, Camocim, litoral oeste do Ceará," *Geoambiente* 38: 84-105. doi: <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.i38.63835>

2 Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil. [ligiaaguaiarsilva@gmail.com](mailto:ligiaaguaiarsilva@gmail.com)

## Ruídos de parques eólicos

A presença de um parque eólico, assim como qualquer empreendimento, gera impactos no ambiente em que está inserido, dentre estes destaca-se os ruídos das torres eólicas. O ruído possui a mesma formação do som, ou seja, é originado através de estímulos de cordas vocais ou equipamentos que geram uma diferença de pressão do ar, e quando transmitido por partículas, chegam ao ouvido humano em forma de som. É classificado como ruído aquele som desagradável ou que não possui nenhum significado auditivo (MAIA, [2010](#)).

Nos parques eólicos, os ruídos podem surgir de duas formas. O ruído de origem mecânica surge na caixa de engrenagens, local responsável por multiplicar a rotação das pás para o aerogerador, e possui padrão de propagação assimétrico, sendo facilmente identificado. Em equipamentos mais novos, os fabricantes estão realizando alterações, através do amortecimento de vibrações e aperfeiçoamento dos diferentes componentes mecânicos, na tentativa de suavizá-lo (MAIA, [2010](#)).

Existe ainda o ruído de origem aerodinâmica resultante do movimento das pás e influenciado pela velocidade do vento incidente sobre a turbina eólica (TERCIOTE, [2002](#)). O ruído aerodinâmico é predominante nos aerogeradores e tende a ser ainda mais dominante com o aumento das dimensões das pás diferentemente do ruído mecânico, que não aumenta em função da dimensão das pás tão rapidamente quanto o ruído aerodinâmico (SIMÕES, [2015](#)).

Contudo, alguns fatores externos ao aerogerador podem influenciá-los. Elementos como o gradiente de velocidade e direção do vento, além de topografia e rugosidade do terreno são considerados em estudos de propagação do som de Maia ([2010](#)) e Aör, Garrigues & Senat (2014). A posição das turbinas em relação ao fluxo de vento também pode alterar o nível de ruído que chega até as comunidades próximas. Na posição *upwind* o vento flui das pás em direção à nacelle, e na *downwind* o vento passa pela nacelle e depois pelas pás. Esta última é menos utilizada, pois acentua o efeito sombra e aumenta o ruído (FERNANDES, [2010](#)).

As medições dos ruídos no contexto dos complexos eólicos podem ocorrer de forma preventiva, no sentido de realizar a previsão dos níveis de ruídos aos quais a vizinhança será submetida, e/ou de forma posterior a fim de analisar os impactos causados. Para ambos os casos, é imprescindível que a legislação vigente tenha parâmetros sonoros bem estabelecidos.

Observa-se legislação específica para ruídos de eletrodomésticos, veículos automotores e ruídos de atividades industriais. No entanto, a legislação brasileira que dispõe sobre produção de energia eólica não trata especificamente deste aspecto.

A Resolução CONAMA nº 462 de 2014 estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos geradores de energia a partir de fonte eólica e determina que seja feita a caracterização dos ruídos em casos em que parques eólicos

estejam a menos de 400 metros de distância de residências, além do atendimento as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) (BRASIL, 2014). Por sua vez, a NBR 10151 determina limites para os níveis de ruídos para horário diurno e noturno (Quadro 1) em áreas habitadas (ABNT, 2000) e estabelece procedimentos para medição dos ruídos. De maneira complementar, a NBR 10152 “fixa níveis compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos” (ABNT, 1987).

**Quadro 1 – Valores máximos para ambientes externos, em dB(A).**

Tipos de Áreas	Diurno	Noturno
Áreas de sítios e fazenda	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT (2000).

Observa-se que as normas tratam de ruídos em geral, independente da fonte e do tipo de som que está sendo emitido. No caso das eólicas, os ruídos são emitidos durante o funcionamento das torres, ou seja, com bastante frequência, dessa forma os habitantes ficam expostos praticamente em tempo integral, o que reforça ainda mais a necessidade de estudos e legislação específica que proteja a vizinhança de desconforto e possíveis danos que essa exposição excessiva pode causar.

## **Por que uma metodologia para medir ruídos em comunidades?**

A alteração do ambiente sonoro tradicional, por meio dos ruídos das torres eólicas, pode causar efeitos físicos, psicológicos, além de alterar o ambiente sonoro da comunidade.

Sintomas como estresse, distúrbios do sono, irritação e desconforto em intensidade proporcional ao nível de exposição do indivíduo ao ruído foram identificados em pesquisas realizadas na Holanda, Reino Unido e Bélgica (BAKKER, 2012; PEDERSEN & WAYE, 2007; HANNING, 2012).

No Brasil, estudos demonstram percepções contraditórias sobre os ruídos emitidos por eólicas. Mendes (2016), que realizou análise da paisagem e da dinâmica socioeconômica da Comunidade Xavier, identificou através de metodologia

participativa, desconforto e insatisfação com os ruídos por parte dos moradores, enquanto Improta (2008, p. 103) afirma que “não há reclamações sobre os ruídos de aerogeradores”. Em ambos os estudos, não houve medição de ruídos, de maneira que este, por não ser objetivo principal dos referidos estudos, foi abordado de maneira qualitativa e pontual.

Este aspecto é abordado de forma superficial, muitas vezes sendo apenas citado como um possível impacto da criação do parque, sem aplicação de metodologias que investiguem os efeitos diretos e indiretos na saúde e no bem-estar da população. Gomes (2017) realizou, em complexo eólico na Bahia, medições a fim de identificar se os ruídos estavam compatíveis com a legislação vigente. O autor aferiu em cinco pontos com distâncias entre cinco e quinhentos metros. Cada ponto foi analisado por dez minutos, três vezes pela manhã e três pela tarde, o que totalizou uma hora de gravações em cada ponto.

Aör, Garrigues e Senat (2014) apresentam um modelo de cálculo que considera a influência das condições meteorológicas para diagnóstico e previsão do ambiente sonoro a partir da operação de parques eólicos.

As publicações acerca do tema no Brasil, ainda estão aquém do desejado para a consolidação do conhecimento específico, pois é uma vertente de investigação ainda recente. Além disso, em nenhum dos dois trabalhos citados foram aferidos pontos na comunidade, tampouco citados os efeitos sofridos por esta.

A insipiência de estudos que revelem como esses ruídos estão presentes nas comunidades próximas aos parques eólicos somada ao fato de que há uma acelerada expansão dessa indústria no Brasil, com predominância perto de áreas habitadas, principalmente comunidades tradicionais (MEIRELES, 2011), reforça a necessidade de consolidação de metodologias para identificar e monitorar o comportamento dos ruídos próximos e dentro das casas.

Até o momento, não há metodologia estabelecida para medição de ruídos de aerogeradores na legislação brasileira. Isso possibilita que as medições sejam realizadas sem padronização, o que inviabiliza a comparação entre impactos dos ruídos em diferentes áreas e entre o ambiente sonoro antes e depois da chegada do parque, caso sejam feitos com critérios diferentes. Além disso, abre precedentes para questionamentos acerca dos resultados encontrados que podem, ocasionalmente, mascarar grandes alterações geradas a partir de tal empreendimento.

Nesse sentido, a falta de especificidade na legislação pode contribuir para vulnerabilizar essas comunidades situadas próximas aos parques, uma vez que não há estabelecido níveis sonoros específicos para essa atividade. Esse cenário possivelmente ocorre pelo vazio de informação no que se refere ao comportamento dos ruídos de parque eólicos próximos a residências. Nesse sentido, construir uma metodologia para compreender quais fatores influem e como ele se dissipa no ambiente pode aportar conhecimento para padronização de procedimentos e elaboração de normas que minimizem os possíveis impactos gerados.

## Construção da metodologia de medição dos ruídos de parques eólicos

A medição de ruídos de aerogeradores é orientada internacionalmente pela *IEEE Instrumentation for wind turbine aero acoustic noise measurement techniques*. Essa normativa estabelece método e critérios técnicos para aferição, dentre estes estão o monitoramento das condições ambientais como velocidade do vento, temperatura e umidade do ar, além da configuração dos equipamentos de medição. Além disso, a norma estabelece parâmetros para captação do ruído, como altura do microfone (1,20 m) e tempo mínimo de cada medição (entre 5 e 10 minutos).

Outra norma existente é a 61400-11 da *International Electrotechnical Commission (IEC)*. Essa norma fornece orientações acerca da coleta de parâmetros climáticos, calibragem de equipamentos e localização dos pontos de aferição. No entanto, em seu escopo é esclarecido que essas diretrizes são direcionadas para medição de ruídos perto da máquina, e explica que os procedimentos descritos são diferentes dos que devem ser adotados para análise de ruído dentro ou próximo de comunidades (IEC, 2012).

É possível observar, portanto, que essas normas não dispõem de critérios específicos para monitoramento dos ruídos em comunidades, como por exemplo a distância mínima entre torre e pontos de medição, o intervalo ideal entre os pontos aferidos e a quantidade mínima de pontos necessária para caracterizar o ambiente sonoro comunitário.

Diante do exposto foi elaborada uma proposta de metodologia que busca aferir e compreender o comportamento dos ruídos de torres eólicas em comunidades, identificando os procedimentos chave para aplicação. Todos os procedimentos adotados objetivaram a análise de toda a área residencial do território comunitário, assim como a identificação dos aspectos climáticos.

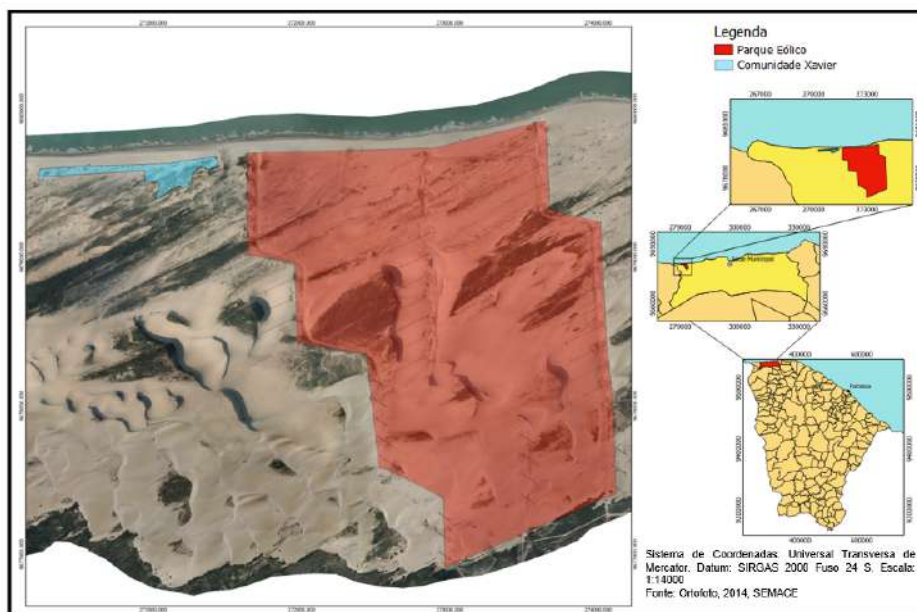
É interessante esclarecer que, intencionalmente, as aferições foram realizadas no período em que os ventos são mais fortes no Ceará, ou seja, no segundo semestre do ano. Dessa maneira, provavelmente seriam obtidos os resultados máximos de ruídos que podem ser encontrados, considerando o vento como um possível fator influenciador na dissipação dos ruídos e também no aumento dos níveis sonoros aos quais os residentes são submetidos diariamente.

A área do estudo foi a Comunidade Xavier, situada no distrito de Amarelas, em Camocim, litoral oeste do Ceará, Brasil. Esta foi escolhida por já haver relatos de incômodos e impactos atribuídos aos ruídos (Mendes, 2016), além da curta distância até o parque, apenas 250 metros.

A comunidade é constituída por 17 famílias que sobrevivem, basicamente, através da pesca, artesanato e mariscagem, o que a caracteriza, de acordo com Inciso I, do art. 3º, do Decreto nº 6.040 de 7 de fevereiro de 2007, como comunidade tradicional (BRASIL, 2007). O parque eólico da localidade, na época o maior do Brasil, foi instalado em 2009 (MENDES, 2016), com 50 torres eólicas distribuídas em uma

área de aproximadamente 1040 ha ([Figura 1](#)), com capacidade de geração de 105.000 Kw (ANEEL, 2017).

**Figura 1 – Mapa de localização da Comunidade de Xavier – Camocim/CE.**



Fonte: Silva, 2018.

Para a elaboração do método, houve a necessidade de determinar parâmetros técnicos, equipamentos a serem adotados, duração, horários de medição, além da definição da distribuição espacial, ainda não definido na literatura. Inicialmente, utilizou-se os parâmetros de aferição disponíveis pela *IEEE Instrumentation Measury Society* (2016), tais como equipamentos e monitoramento das condições ambientais.

Ao definir a espacialização das medições priorizou-se a abrangência de toda a área habitada da comunidade. As casas estão distribuídas em sua maioria de maneira linear, paralelo a faixa de praia. Optou-se, portanto, em realizar aferições acompanhando essa distribuição para que os resultados compreendam até mesmo a casa mais distante do parque, localizada a 1,4 km. Durante a consolidação dessa proposta de metodologia, optou-se também por fazer novas aferições, em área oposta à comunidade, ou seja, antes do parque eólico. Dessa maneira, é possível analisar a influencia do vento na dissipação do ruído. Todas as aferições foram realizadas em período noturno e diurno.

As medições ocorreram no mês de setembro de 2018, pois está dentro do período de maiores ventos anuais. No segundo semestre do ano, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) migra para sua posição mais ao norte de sua normal climatológica. É nessa época que os ventos alísios são mais intensos sobre o estado, definindo

todo um padrão de circulação local (CAMELO et al., 2018). Por isso, inferiu-se que ao realizar a medição neste período, obter-se-iam os níveis máximos alcançados ao longo do ano. Os ventos típicos do litoral, fator de grande influência sobre os ruídos, caracterizam-se por alta intensidade, forte regularidade e grande constância direcional (SILVA, 2003). As velocidades variam entre 6 e 9 m/s (BRASIL, 2001).

Especificamente no município de Camocim, não foi possível obter os dados mensais do ano de coleta ou de anos próximos, pois a plataforma de coleta de dados gerenciada pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos encontra-se desativada porém, recomenda-se que para aplicações futuras desta metodologia, estes dados sejam obtidos. Neste município, as temperaturas variam entre 26°C e 28 °C, e o período chuvoso ocorre entre janeiro e abril, com pluviometria média de 1.023,3 mm (IPECE, 2009).

Durante o procedimento de aferição dos decibéis houve monitoramento das condições atmosféricas e de vento. Para o monitoramento da umidade e da temperatura foram utilizados o equipamento *Datalogger* e, visto que os dados coletados pelo anemômetro instalado no parque eólico são apenas de uso interno da empresa, optou-se por utilizar um anemômetro móvel para monitoramento da velocidade do vento.

A aferição dos níveis de pressão sonora foi realizada através de decibelímetro da marca Kimo modelo DB 200 (Figura 2), com especificações descritas no Quadro 2.

**Figura 2 – Decibelímetro**



Fotografia Lígia Silva (setembro/ 2018).

**Quadro 2 - Especificações do decibelímetro utilizado**

<b>Padrão</b>	<b>Classe 2</b>
Faixa de Medição	30 a 130 dB
Frequência de Ponderação	A – C – Z
Microfone	½"
Resolução	0,1 dB

Fonte: Silva (2020).

Os valores obtidos pelo software LDB123, o qual os fornece através de tabelas, gráficos e valores finais como L, que correspondem ao nível de ruído contínuo equivalente, ou seja, é o valor médio da gravação.

O filtro de ponderação utilizado foi o A, conforme recomendado pelas normas já citadas e utilizado por Bakker (2012), Pedersen e Waye (2004) e Lima (2015). A medição objetivou extrair valores L, pois os limites estabelecidos para ruídos pela NBR 10151 utilizam este parâmetro. Dessa maneira, torna-se possível a comparação de tais dados.

### *Distribuição e aferição dos pontos de coleta*

Os pontos de coleta foram determinados de acordo com a espacialização das casas na comunidade. Visto que a distância da primeira torre até a última casa é de 1,4 km, optou-se por realizar as medições a cada 100 metros, na área frontal e detrás das casas, e na área frontal, correspondente à faixa de praia a leste do parque eólico, onde não há residências, totalizando 42 pontos de coleta de dados. As medições foram realizadas em período diurno, com início às 6h, e em período noturno com início às 18h. A norma IEC 61400-11 convencionou que para medições realizadas na área do parque o microfone deve estar fixo a uma placa localizada no nível do solo. Contudo, para aqueles espaços próximos às áreas residenciais ou mais distantes da área do parque, o microfone deve estar instalado a 1,20 metros do solo, conforme IEEE 2400-2016. Dessa forma, ao considerar que apenas o primeiro ponto de medição está próximo ao parque e distante das residências, foi adotada a medição com microfone situado a 1,20 metros de altura ([Figura 3](#)).



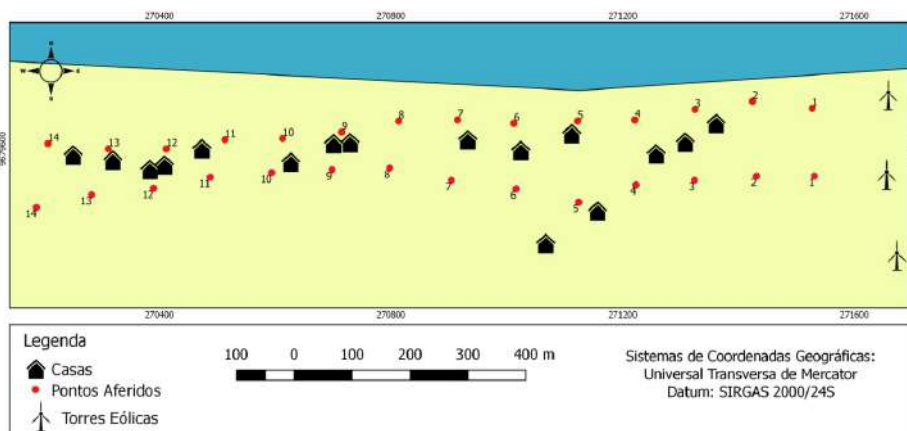
**Figura 3 – Equipamento de Medição instalado no ponto 9**



Fotografia Lígia Silva (setembro/ 2018).

A aferição ocorreu nos dias 02 e 08 de setembro. No primeiro dia, foi realizada medição na área em frente às casas, correspondente à faixa de praia e em dia posterior atrás das casas, para que fossem contempladas, também, as casas que se situam mais atrás da linha principal de residências (Figura 4).

**Figura 4 – Pontos de aferição dos ruídos na Praia de Xavier**

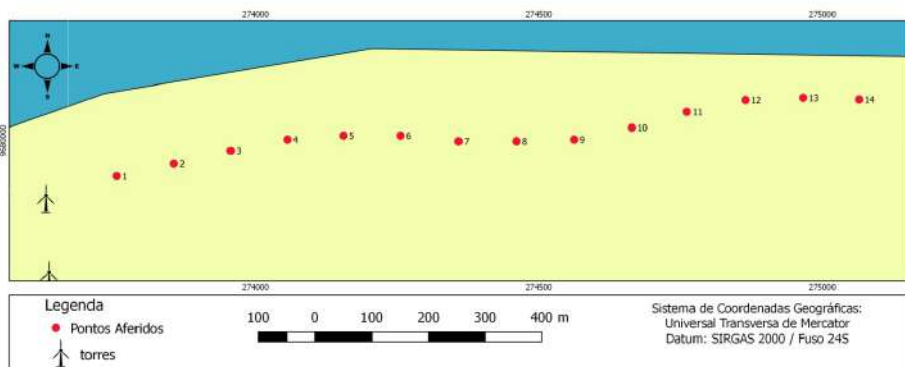


Fonte: Silva (2020).

A medição foi realizada a partir de 100 metros de distância da torre mais próxima da comunidade, a qual possui primeira a casa construída a 250 metros do parque, ou seja, existem residências entre os pontos 2 e 3.

O mesmo procedimento foi realizado do lado oposto, antes do parque (à montante), local que não possui nenhuma habitação (Figura 5). Para garantir a simetria dos dados foi usado o mesmo procedimento de medição citado acima, contudo, por não haver casas nesta área, foi realizada a coleta de pontos apenas na faixa de praia. Os dados noturnos foram obtidos no dia 01 de dezembro com início às 18h e os diurnos no dia 02 do mesmo mês com início às 6h.

**Figura 5 – Pontos aferidos a leste do parque eólico**



Fonte: Silva (2020).

Ressalta-se que não foi possível realizar comparações entre o ambiente sonoro antes e após a instalação do parque, pois não foi realizado nenhuma aferição ou prognóstico de ruídos por parte da empresa que conste no estudo ambiental.

## Resultados obtidos

Inicialmente, os resultados foram distribuídos espacialmente para a elaboração do mapa de ruídos da Comunidade de Xavier, pois esse instrumento facilita a visualização da configuração sonora atual presente na localidade. Para complementar a análise, os valores de L foram considerados para comparação com o estabelecido pela legislação brasileira, a fim de investigar se os moradores estão submetidos ou não a níveis acima do permitido. Os parâmetros de referência foram os descritos no [Quadro 1](#).

Por se tratar de uma comunidade inserida na faixa de praia e sem outras construções próximas, os sons prevaletentes em Xavier sempre foram, principalmente, do mar e do vento. Além disso, existem sons pontuais que também compõem o cotidiano sonoro. O movimento da vegetação sob o vento, sons de animais como galos, cachorros e grilos são frequentes e facilmente perceptíveis. Observa-se até aqui,

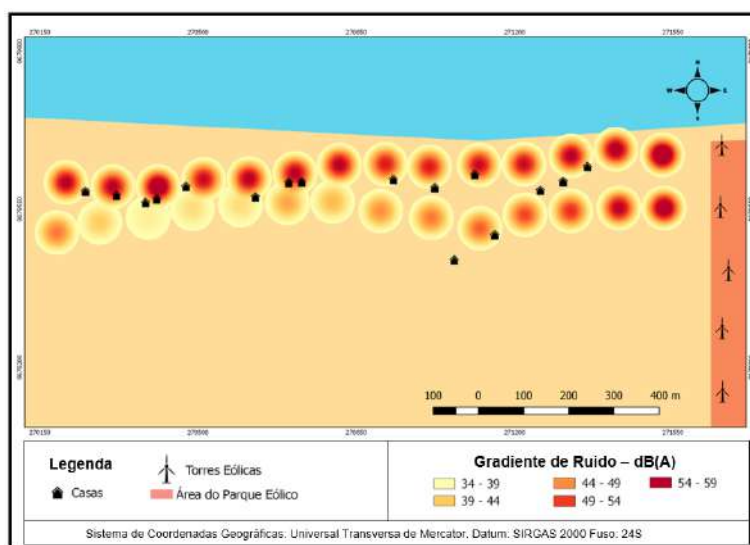
a preponderância de sons típicos de uma comunidade tradicional, sem indícios de processos de antropização. Entretanto, durante as medições, fenômenos antrópicos como fluxo de veículos e caixas de som emitiram ruídos que foram capturados pelo equipamento.

Neste cenário, está presente o parque eólico, que acarreta a geração de ruídos das torres eólicas tão constantes como os sons da natureza, visto o funcionamento quase ininterrupto do parque. Na região, a direção do vento ocorre de leste para oeste, ou seja, na localização atual do parque, o vento pode direcionar os ruídos em direção as casas, o que pode, possivelmente, ser um fator agravante para a percepção desses ruídos.

Como valor de referência para comparação, foi utilizada a ABNT 10.151. A classificação prevista na norma contempla principalmente áreas urbanas ou mistas, de forma que apenas o espaço referente a área de sítios e fazendas, que estabelece 40 dB(A) como máximo noturno e 35 dB(A) máximo diurno, se aproxima das características de Xavier. Este foi, portanto, utilizado como parâmetro. É necessário sublinhar que os valores obtidos nessas análises não representam o valor máximo de ruído que pode ser percebido, principalmente porque, nas duas ocasiões de medição, onze torres não estavam funcionando.

Os valores diurnos encontrados variam de 34 a 57 dB(A). Ao observar a Figura 6 percebe-se que os maiores níveis de pressão sonora estão situados na linha mais próxima ao mar e, em períodos diurnos e noturnos, os maiores valores são dos pontos mais próximos ao parque.

**Figura 6 – Mapa de ruídos diurnos da Comunidade**



Fonte: Silva (2020).

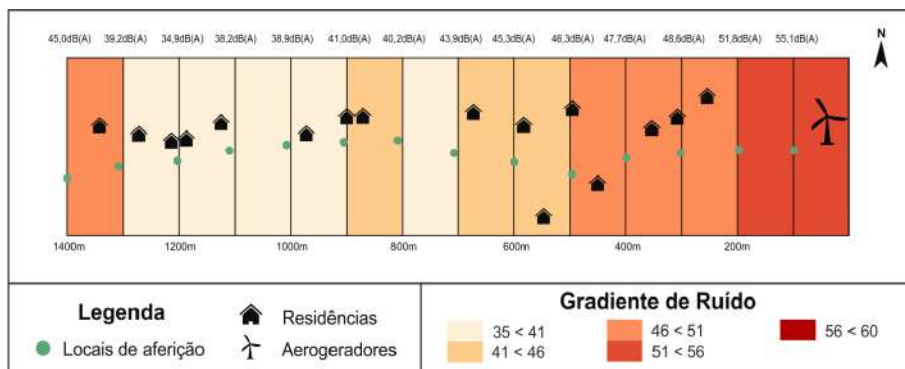
É válido sublinhar que as medições foram feitas com a presença de ruídos inerentes ao cotidiano dos moradores, e provavelmente por isso, a variação de som ao longo da comunidade apresentou-se muito pequena.

Em todas as análises o comportamento do ruído foi similar: houve diminuição ao longo dos primeiros 600 metros e em seguida, um leve aumento. De maneira que, os valores do último ponto, ou seja, a 1,4 km de distância, são semelhantes aos do primeiro ponto. Isso possivelmente ocorre porque outros componentes ambientais influenciaram como a presença de árvores que, através do movimento das folhas, geram ruídos, além da presença de animais em algumas casas, passagem de veículos e caixas de som utilizadas por moradores enquanto caminham.

Entretanto, esses elementos não foram identificados durante a medição realizada na área anterior as casas (Figura 6). Isso se confirma pelo fato de que a medição realizada apresentou maior variedade de níveis sonoros, ou seja, houve mínima influência externa, de forma que foi possível obter apenas resultados de ruído de elementos presentes na comunidade como mar, vento e parque eólico. Isso ocorreu, pois esses pontos de medição são distantes da rota de automóveis e motos, não há fluxo de pessoas, não foi percebido em campo músicas de caixas de som ou advindo das residências e, com exceção do ponto 14, não houve ruídos perceptíveis de animais.

Dessa maneira, é possível inferir que estes valores, espacializados na Figura 6 e detalhados na Figura 7, são os que melhor ilustram o ruído das torres dentro da comunidade.

**Figura 7 – Detalhamento dos ruídos diurnos aferidos atrás das casas (02 set. 2018).**



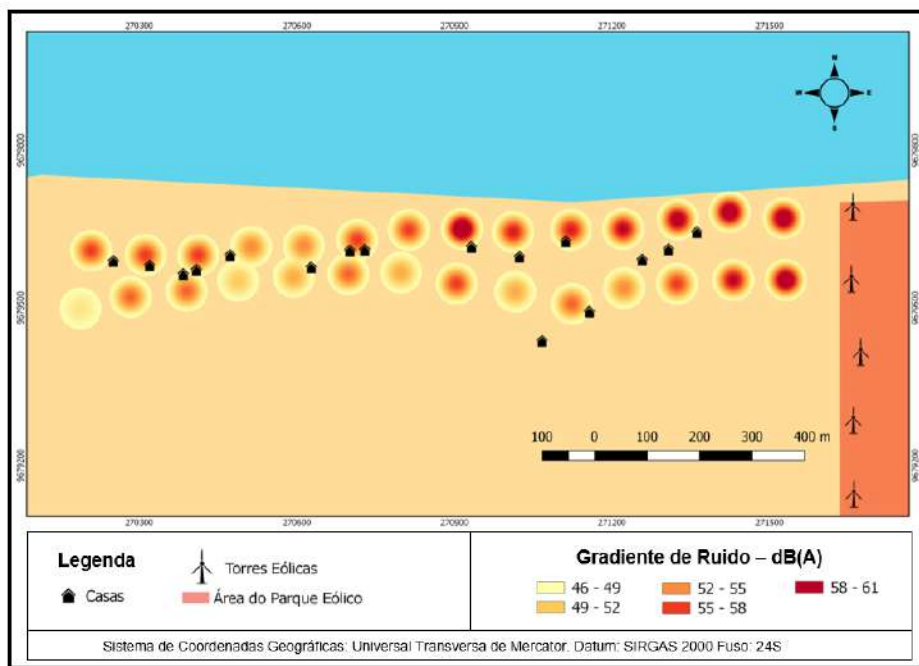
Fonte: Silva (2020).

Observa-se que, diferente dos outros valores obtidos nos quais a maioria está fora do parâmetro exigido, a Figura 6 apresenta cinco pontos em conformidade com a norma, ou seja, abaixo de 40 dB(A).

Os valores noturnos não estão em conformidade com a norma (Figura 8). É perceptível que, pela pouca variação de níveis de pressão sonora encontrados, não é

possível atribuir os altos níveis ao parque eólico, principalmente na faixa de praia, local de maiores interferências seja pelo fluxo de visitantes ou dos próprios moradores, além da variação de maré que altera o som das ondas.

**Figura 8 – Mapa de ruídos noturnos da Comunidade**



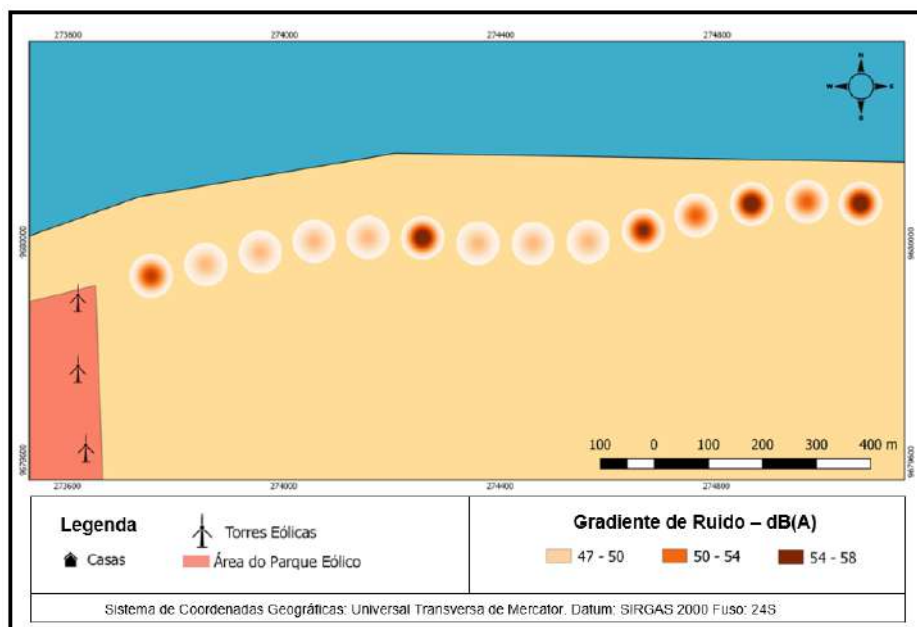
Fonte: Silva (2020).

Os ruídos noturnos apresentaram menor variação e se mantiveram entre 46 e 60 dB (A), ou seja, acima dos 45 estabelecido pela legislação brasileira. Contudo, devido à grande influência das condições naturais na composição do ambiente sonoro, não estar dentro do recomendado pela norma não é propriamente prejudicial, visto que é um cenário inerente aquele ambiente e ao qual os moradores estão habituados.

Também foram aferidos os níveis sonoros ao lado oposto de Xavier, antes do parque eólico. Uma vez que o vento segue de antes do parque em direção à comunidade, no sentido leste para oeste, é interessante observar se isso pode contribuir para o aumento dos ruídos nas residências.

Observa-se que os valores possuem o mesmo comportamento dos ruídos diurnos medidos na Comunidade Xavier, uma vez que decrescem até metade da distância medida, no ponto 5, e voltam a aumentar até o ponto 14. Neste caso, destaca-se que, diferente do constatado na Comunidade de Xavier, o ponto de maior valor é o mais distante do parque ([Figura 9](#)).

**Figura 9 – Níveis de ruídos diurnos, a leste do parque eólico.**

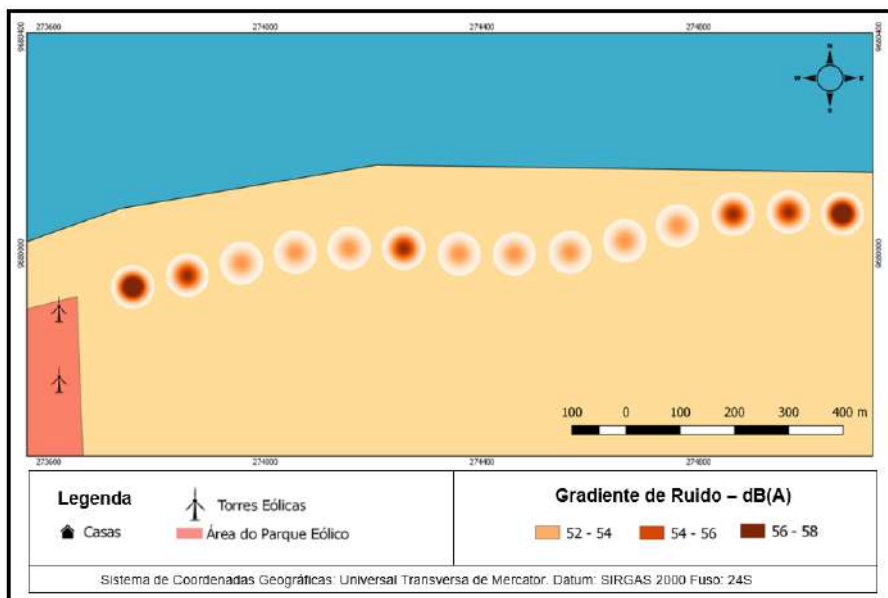


Fonte: Silva (2020).

Os níveis de ruídos são maiores na [Figura 6](#), o que demonstra uma possível influência do vento para direcionar o ruído do parque em direção à comunidade. Sublinha-se que essa influência pode ser ainda maior, pois os níveis aferidos na comunidade são de um período em que apenas 39 torres funcionavam, enquanto os valores espacializados na [Figura 9](#), correspondem ao funcionamento de 46 torres. Vale ressaltar que nessa área não há vegetação ou criação de animais, de forma que não foi perceptível em campo, a influência de algum componente sonoro além do vento e do mar.

Os ruídos noturnos, se comportam de forma análoga aos diurnos ([Figura 10](#)). É perceptível um leve decréscimo próximo as torres apenas nos quatro primeiros pontos. No entanto, observou-se altas velocidades de vento em relação à medição realizada em setembro. Assim, com ventos mais fortes, mais torres funcionando e, apesar disso, valores semelhantes a leste e oeste do parque, é possível inferir que a influência do ruído das torres na região antes do parque, oposta as residências, é menor do que o que pode ser encontrado na Comunidade.

**Figura 10 – Níveis de ruídos noturnos, a leste do parque eólico.**



Fonte: Silva (2020).

Observa-se que durante as medições noturnas, foi percebido além de vento e mar, cantos de pássaros principalmente nos pontos 2, 3 e 5. Entretanto, isso não altera o padrão identificado nessa região pois, apesar da presença dos animais, ainda há decréscimo de valores nos primeiros pontos aferidos.

## Limitações e potencialidades

A área de estudos foi escolhida devido ao contexto de manifestações contrárias aos ruídos, entretanto esta metodologia apresenta potencial para ser replicada em qualquer área localizada próximas aos parques eólicos. É recomendável, no entanto, seguindo o modelo do que foi aplicado, que os pontos de aferição acompanhem a distribuição espacial das residências e das áreas comuns frequentemente utilizadas como escolas, associação de moradores, principais acessos etc. Em caso de grandes áreas onde não seja possível a cobertura total, a coleta deve ocorrer através de amostras em pontos distribuídos por toda a área.

Na aplicação realizada na Comunidade Xavier, a primeira dessa metodologia, os resultados indicaram que os ruídos aos quais os moradores estão submetidos não atendem a legislação, porém não é possível afirmar que isso seja devido ao parque eólico, uma vez que a influência dos ruídos do parque foi perceptível principalmente em um raio de 600 metros dentro da comunidade, quando houve decréscimo constante dos valores aferidos. Após essa distância os valores não apresentaram linearidade, por

isso, provavelmente, outros elementos mais próximos aos pontos de medição tenham influenciado este resultado.

Apesar disso, deve ser considerado o fato de que os moradores que vivem há mais de 1km relataram escutar os ruídos específicos das torres, o que indica que nestes resultados, também está presente contribuição do ruído do parque eólico. Neste contexto, o vento surgiu como um possível influenciador, pois possui direção de leste do parque para sudoeste, no sentido das residências, e os valores aferidos antes do parque são menores que na comunidade, apesar de mais torres estarem funcionando no dia medição. Esse resultado revela a necessidade de incorporar à metodologia uma análise que identifique a relação entre nível de ruído e velocidade do vento para compreender, de fato, qual a contribuição das torres no nível sonoro percebidos por moradores.

Apesar disso, devido ao fato de que as manifestações de incômodo devido aos ruídos são constantes, sugere-se que haja implementação de tratamento acústico nas casas, como forma de compensação ambiental. A proteção acústica das residências pode ser uma compensação realizada pelo empreendedor, no entanto, o impacto gerado pelo ruído do parques deve estar comprovado para que ele o faça, o que reforça mais uma vez a necessidade de uma metodologia clara e aplicável para mensurar esse ruído no ambiente.

Entre as limitações encontradas, ressalta-se a impossibilidade de realizar comparação entre o ambiente sonoro antes e depois do parque, pois não consta no estudo ambiental qualquer aferição realizada na área. Nesse sentido, destaca-se a importância de incorporar aos estudos de impacto ambiental o monitoramento dos ruídos junto às comunidades próximas afetadas pela presença do parque eólico, antes e durante a instalação, além de elaboração e efetivação de uma rotina de acompanhamento durante a operação do parque.

É interessante que sejam realizados estudos futuros para o aprofundamento da temática, principalmente através da adoção de uma análise que quantifique o nível de relação existente entre a velocidade do vento e nível de decibéis aferidos naquele momento. Essa análise não traria alterações para o procedimento metodológico adotado, seria apenas mais um instrumento para complementar a análise dos dados obtidos por esta.

O aperfeiçoamento dessa proposta metodológica pode contribuir para a criação de legislação direcionada ao controle e monitoramento de emissão de ruídos por parques eólicos. Além disso, a definição de uma metodologia padrão facilita a comprovação do impacto gerado, principalmente em casos nos quais a comunidade decide recorrer a justiça em busca de compensações.

Portanto, faz-se necessária a aplicação em diferentes realidades para impulsionar resultados mais conclusivos sobre a temática uma vez que este estudo apresenta metodologia e *design* ainda experimental.



## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151: Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento**. Rio de Janeiro. 2000
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico**. Rio de Janeiro. 1987.
- BAKKER, R. H; Pedersen, E; VAN DEN BERG, G.P; STEWART, R.E; Lok,W; Bouma J. Impact of wind turbine sound on annoyance, self-reported sleep disturbance and psychological distress. **Science of the Total Environment**. P.42-51. 2012.
- BRASIL. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Brasília. 2001. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas\\_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf) Acesso em: 25 set. 2017
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 462 de 24 de julho de 2014. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=703> Acesso em: 10 dez. 2020
- FERNANDES, Ana Raquel Coutinho. **Avaliação da interferência aerodinâmica entre as pás e a torre de uma turbina eólica**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente). Universidade de Lisboa. Lisboa. 2010.
- GOMES, Leonardo Rafael Teixeira Cotrim. **Avaliação de ruídos em aerogeradores situados no Complexo Eólico Serra Azul-BA**. Dissertação (Mestrado Profissional em Planejamento ambiental). Universidade Católica do Salvador. Salvador. 2017. Disponível em: [http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UCSAL-1\\_b22525d9b4bde22b84873a63eea7aed0](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UCSAL-1_b22525d9b4bde22b84873a63eea7aed0) Acesso em: 08 ago 2018.
- HANNING, Christopher. **Wind Turbine Noise, Sleep And Health**. The Northumberland County Council Core Issues and Options Report Consultations. 2012 Disponível em: <http://docs.wind-watch.org/Hanning-Wind-Turbine-Noise-Sleep-and-Health-Report-Jul-2012.pdf> Acesso em: 08 ago 2018
- INTERNATIONAL ELECTROTENICHAL COMISSION. **IEC 61400-11 – Wind turbine: Acoustic noise measurement technique**. 2012.
- IEEE Instrumentation Measurement Society. **IEEE Standard for wind turbine aero acoustic noise measurement techniques**. United States of America. 2016.
- IMPROTA, Rafaella Lenoir. Implicações socioambientais da construção de um parque eólico no Município de Rio do Fogo – RN. Dissertação (Mestrado em Psicologia). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/17428> Acesso em: 20 fev. 2019
- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO ESTADO DO CEARÁ- IPECE, Perfil Básico Municipal. Fortaleza. 2009
- LIMA, SAMUEL ARAUJO LIMA. **Estudo de Medição e Análise do Ruído de Aerogeradores de Grande Porte No Estado do Ceará**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2015. p. 34. Disponível em: [http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/14730/1/2015\\_dis\\_salima.pdf](http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/14730/1/2015_dis_salima.pdf) Acesso em: 08 ago 2018.
- MAIA, Daniel Sérgio Névoa. **Ruídos de Parque Eólicos. Análise e Caracterização**. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Porto. Porto. 2010 Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/61503/1/000147708.pdf> Acesso em: 09 nov. 2017

- MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. **Revista Franco-Brasileira de Geografia** n.11 2011 Disponível em: <https://confins.revues.org/6970?lang=pt> Acesso em: 28 mar. 2017
- MENDES, Jociléa de Sousa. Parques Eólicos E Comunidades Tradicionais No Nordeste Brasileiro: Estudo De Caso Da Comunidade De Xavier, Litoral Oeste Do Ceará, Por Meio Da Abordagem Ecológica/Participativa. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/22807> Acesso em: 07 Out. 2017
- PEDERSEN, Eja; WAYE, Kerstin Persson. Perception and annoyance due to wind turbine noise—a dose–response relationship. *The Journal of the Acoustical Society of America*. V. 116, p. 3460-3470, dez. 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/8072125\\_Perception\\_and\\_annoyance\\_due\\_to\\_wind\\_turbine\\_noise-A\\_dose-Response\\_relationship/related#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/8072125_Perception_and_annoyance_due_to_wind_turbine_noise-A_dose-Response_relationship/related#fullTextFileContent) Acesso em: 09 dez. 2020.
- PEDERSEN, Eja; WAYE, Kerstin Persson. Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments. **Occup Environ Med** v. 64, p. 480-486, mar. 2007.
- SIMÕES, Sara Cristina Domingos. **Caracterização do Ruído produzido por um parque eólico. Efeito sobre a população.** Dissertação (Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho). Instituto Politécnico de Setúbal. Setúbal. 2015. Disponível em: [https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/10519/1/Tese%202015\\_Sara%20Sim%C3%B5es.pdf](https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/10519/1/Tese%202015_Sara%20Sim%C3%B5es.pdf) Acesso em: 24 ago 2018
- TERCIOTE, Ricardo. A Energia Eólica e o Meio Ambiente. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. Disponível em: < [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC000000022002000100002&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022002000100002&lng=en&nrm=abn) Acesso em: 07 Out. 2017.

## CAPÍTULO 9

# METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA VULNERABILIDADE DE AQUÍFEROS EM PARQUES EÓLICOS<sup>1</sup>

Raquel Morais Silva<sup>2</sup>

Maria da Conceição Rabelo Gomes<sup>2</sup>

Luis Glauber Rodrigues<sup>2</sup>

Adryane Gorayeb<sup>2</sup>

### Resumo

As fontes energéticas renováveis têm grande papel na mitigação dos impactos negativos oriundos das fontes tradicionais de energia. O Brasil tem investido amplamente no setor de energia eólica, flexibilizando leis e estudos ambientais para atrair investidores e expandido a instalação de novos parques eólicos. A região Nordeste se destaca nesse processo, tendo o litoral cearense como um dos destinos principais para a instalação desses empreendimentos que se avolumam de forma rápida e pouco planejada ao desconsiderar, muitas vezes, aspectos hidrogeológicos, geomorfológicos e socioambientais. Esta pesquisa teve como objetivo abordar uma metodologia de diagnóstico da vulnerabilidade do aquífero sedimentar e avaliação da qualidade das águas subterrâneas na comunidade da Praia de Xavier e o entorno do parque eólico. De acordo com a metodologia de diagnóstico da vulnerabilidade do aquífero, a partir da aplicação do método GOD (*Groundwater occurrence, Overall aquifer class, Depth to groundwater table*), foi possível observar que a comunidade de Xavier e da Barrinha apresentaram alto grau de vulnerabilidade. Enquanto ao sul do distrito de Amarelas (sede), onde se encontram as comunidades de Ziu, Tapuiú e Montevidéu apresentaram um índice médio

- 1 O texto foi adaptado do artigo: Gomes, M. C. R.; Gorayeb, A.; Brito, D. ; Silva, R. M. Analysis of the Levels of Alteration of Aquifers Caused by the Installation of Wind Farms on Dunes on the Coast of Ceará, Brazil. **Revista Ambiente e Água**, v. 16, p. 1-15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2430>. E ampliado com os resultados da dissertação de mestrado: Silva, R. M. **Parques eólicos, vulnerabilidade e qualidade das águas subterrâneas nas áreas do entorno da comunidade da Praia de Xavier, Camocim – CE. 2020**. 108 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.
- 2 Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil. [raquelmorais325@gmail.com](mailto:raquelmorais325@gmail.com)

de vulnerabilidade. Pode-se constatar a predominância de águas bicarbonatadas (70%) e magnesianas (60%). Em relação a qualidade da água, todas as amostras apresentaram presença de coliformes totais e fecais. Essa contaminação é oriunda das fossas sépticas próximas aos poços, logo estão impróprias para o consumo humano. Os impactos cumulativos decorrentes da implantação de novos parques eólicos em campos de dunas podem produzir relações ambientais negativas que atingem, sobremaneira, comunidades de pescadores artesanais próximas às áreas de influência desses empreendimentos.

**Palavras-chave:** Aquífero sedimentar. Método GOD. Potabilidade. Energia eólica.

## Introdução

A disseminação das fontes energéticas renováveis no mundo tem ganhado maior expressividade nas últimas décadas e se configura como uma das medidas para mitigar os impactos negativos decorrentes da larga utilização das fontes tradicionais de energia devido à redução da degradação ambiental, a maior conservação dos recursos naturais, a melhoria da qualidade de vida da sociedade e a perspectiva de promover o desenvolvimento sustentável ao gerar eletricidade por meio de uma fonte “limpa” proveniente dos ventos, principalmente.

Salienta-se que a expressão “energia limpa” se refere ao fato de que as energias renováveis, como a eólica, não emitem gases poluentes, mas sua implementação pode envolver diversos problemas socioambientais. No Brasil e, especialmente, no litoral nordestino, esses problemas podem ser expressos pela emissão de ruídos, desmonte de dunas e falésias, destruição do patrimônio histórico e arqueológico, expropriação de terras e geração de conflitos em comunidades tradicionais, descaracterização das paisagens litorâneas, extinção de lagoas interdunares e rebaixamento do lençol freático (BRANNSTROM *et al.*, 2017; GORAYEB *et al.*, 2016; 2018).

Apesar das intervenções ocasionadas nos ecossistemas litorâneos e nas comunidades tradicionais, o Brasil tem investido amplamente no setor de energia eólica nos últimos anos e tem flexibilizado as leis e os estudos ambientais como forma de atrair investidores estrangeiros do ramo para desenvolverem projetos e estudos de viabilidade para instalação de novos parques eólicos no país. Uma das razões pelas quais o Brasil despertou para a necessidade e urgência de diversificar sua matriz energética foi o problema de abastecimento elétrico em 2001 que conduziu a um programa de racionamento elétrico que durou até 2002 (GORAYEB *et al.*, 2016; HOCHSTETLER, 2021).

Nesse contexto, o Ceará tem destaque na implantação de projetos de instalação de parques eólicos no seu litoral. Em dezembro de 2021, o estado contabilizava 99 parques eólicos e capacidade instalada, em operação, de 2,5 GW, conforme dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Esse número de empreendimentos tem relação direta com a extensão da zona costeira, a velocidade, intensidade e

perenidade dos ventos, localização e posição geográficas, além de incentivos fiscais diversos do governo que atraíram os empresários do setor e despertaram interesses de investimentos na região (MEIRELES *et al.*, 2015).

Os referidos autores também afirmam que o Estado do Ceará, devido sua posição geográfica, que caracteriza um regime de ventos constantes com velocidade média de 5 a 9 m/s, e seu relevo favorável, constitui-se como um dos Estados brasileiros com melhores condições para o aproveitamento da energia eólica.

Meireles (2011) afirma que é possível evidenciar que as usinas eólicas estão se avolumando de forma descontrolada, sem monitoramento integrado e definição dos impactos cumulativos. Muitas vezes, as intervenções são realizadas em área de Preservação Permanente, segundo o Código Florestal brasileiro, abrangendo campo de dunas fixas e móveis, lagoas interdunares (sazonais), planície de aspersão eólica, manguezais e faixa de praia. E são impactados ecossistemas associados às matas de dunas e tabuleiros e, possivelmente, a dinâmica do lençol freático.

É nesse contexto que se insere essa pesquisa que tem como *locus* de análise a comunidade da Praia de Xavier e seu entorno. É uma comunidade tradicional de pescadores que dista 370 km da capital do estado, Fortaleza, situa-se no extremo oeste da região costeira cearense, no município de Camocim, e integra a zona rural de um dos três distritos do município, Amarelas.

Assim, este capítulo teve como objetivo abordar uma metodologia de diagnóstico da vulnerabilidade do aquífero sedimentar e avaliação da qualidade das águas subterrâneas em parques eólicos.

## Metodologia

Foi escolhido o método GOD (*Groundwater occurrence, Overall aquifer class, Depth to groundwater table*) (FOSTER; HIRATA, 1988) para realizar os estudos de vulnerabilidade natural do aquífero devido sua facilidade na determinação de seus parâmetros e pela boa espacialização dos dados em ambiente SIG - Sistema de Informações Geográficas.

O método GOD apresenta sua nomenclatura em três parâmetros fundamentais:

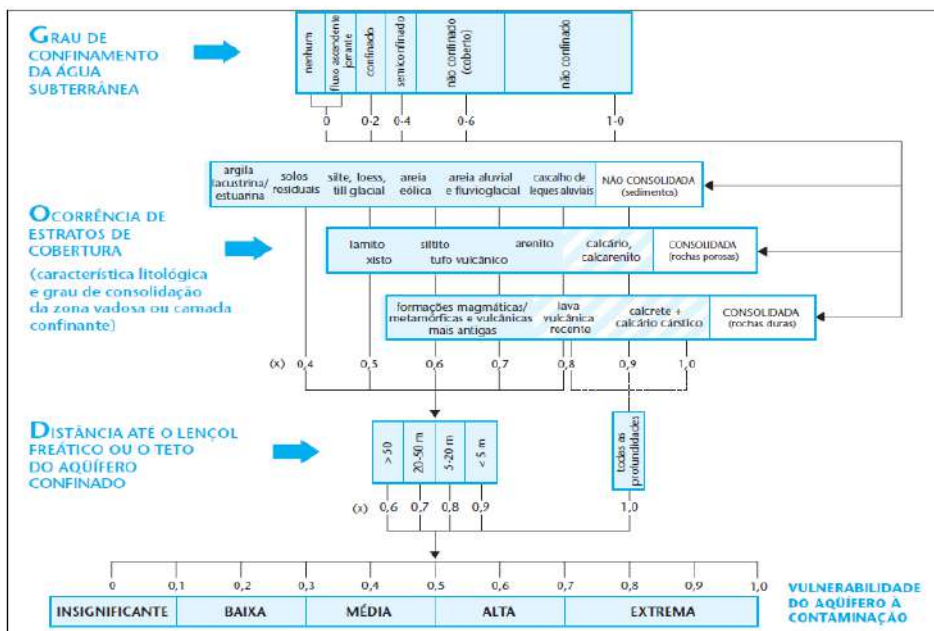
1. Ocorrência de água subterrânea (*Groundwater occurrence*), onde os valores são obtidos dentro de um intervalo de 0 a 1;
2. Classificação dos estratos acima da zona saturada do aquífero em termos do grau de consolidação e caráter litológico (*Overall aquifer class*) - essa propriedade conduz a um segundo ponto na escala de 0,3 a 1,0;
3. Profundidade do topo do aquífero (*Depth to groundwater table*), que define o terceiro ponto, na escala de 0,4 a 0,9 (FOSTER; HIRATA, 1988; FOSTER *et. al.*, 2006).

Destarte, **G** corresponde ao grau de confinamento do aquífero (a predominância, neste estudo, é livre ou não confinada, mas conta também com a presença de não confinado, porém coberto por dunas / sedimentos), **O** corresponde à litologia, natureza do material de origem (areia eólica ou arenito) e **D** corresponde ao nível de água.

Pelo sistema GOD ([Figura 1](#)), quanto mais confinado for o aquífero, menor será sua vulnerabilidade, enquanto aquíferos livres e não confinados apresentam maior vulnerabilidade. Aquíferos formados por materiais de maior permeabilidade possuem maior vulnerabilidade em relação aos aquíferos menos permeáveis, assim como seus graus de consolidação. A profundidade do lençol freático está relacionada a maiores ou menores graus de vulnerabilidade, considerando que lençóis mais superficiais seriam contaminados mais rapidamente do que lençóis mais profundos ([MANZIONE, 2015](#)).

Os componentes recebem valores entre 0 a 1,0 a partir das interpretações que resultam em mapas com índices gerados a partir de mapas geológicos e/ou pedológicos e alturas de nível freático. Os valores atribuídos são multiplicados entre si em ambiente de sistema de informação geográfica – SIG e os planos de informação G, O, D geram um mapa final contendo os índices de vulnerabilidade do aquífero à contaminação, de acordo com o [Quadro 1](#).

**Figura 1 - Croqui da metodologia “GOD” para o cálculo do índice de vulnerabilidade à contaminação de aquíferos**



Fonte: Foster *et al.* (2006).

**Quadro 1 - Classes de significância de vulnerabilidade do aquífero**

Intervalo	Classe	Características
0 – 0,1	Desprezível	Desconsidera as camadas confinantes com fluxos verticais descendentes não significativos.
0,1 – 0,3	Baixo	Vulnerável aos contaminantes conservativos em longo prazo, quando continuamente e amplamente lançados.
0,3 – 0,5	Médio	Vulnerável a alguns poluentes, mas somente quando continuamente lançados.
0,5 – 0,7	Alto	Vulnerável a muitos poluentes, exceto aqueles pouco móveis e pouco persistentes.
0,7 – 1,0	Extremo	Vulnerável a muitos poluentes, com rápido impacto em muitos cenários de contaminação.

Fonte: Modificada de Hirata (2006).

Os valores obtidos podem ser interpolados e atribuídos para cada poço utilizando a ferramenta *Geostatistic Wizard* do *ArcGis 13.0* (ESRI, 2016). Outra ferramenta que também pode ser utilizada para essa finalidade é o QGIS. Para isto, foi utilizada a *krigagem* que consiste num método comum de regressão, muito utilizado em Geostatística para realizar a interpolação espacial de dados.

Os parâmetros do método GOD foram identificados levando em conta os dados geológicos e hidrogeológicos contidos nos relatórios técnicos do IPECE (2010) e perfis construtivos dos poços a partir dos dados coletados em campo. A definição dos valores para cada parâmetro foi baseada na interpretação desses dados.

O método GOD possibilitou a elaboração de um mapa de vulnerabilidade por meio de isolinhas e o zoneamento das unidades geológicas que foram gerados em ambiente SIG.

## **Nível de vulnerabilidade do aquífero**

As águas subterrâneas representam um recurso natural dotado de múltiplos usos e de importância estratégica, portanto a avaliação de sua vulnerabilidade e risco de contaminação é fundamental para a gestão dos recursos hídricos de uma determinada região.

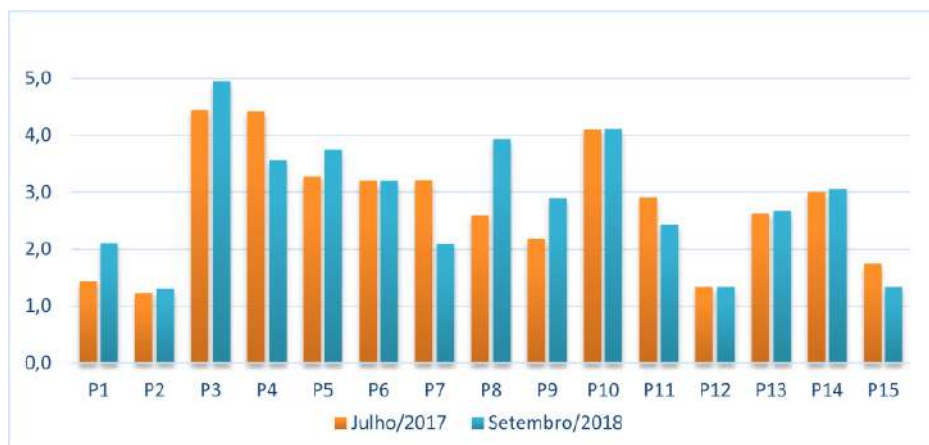
Foster e Hirata (1988 *apud* MOURA *et al.*, 2016) definiram que a vulnerabilidade natural de aquíferos representa sua sensibilidade para ser adversamente impactado por uma carga de contaminantes. Ocorre em função, sobretudo, da profundidade das águas subterrâneas e do tipo de aquífero, no que diz respeito ao confinamento e litologia; das características físicas e litológicas da zona vadosa e de fatores geoambientais.

Os parâmetros G e O foram obtidos de perfis construtivos/litológicos dos poços adquiridos no SIAGAS (Sistema de Informações de Águas Subterrâneas) e o parâmetro D obtido através das medidas de nível d'água dos 15 poços *in situ* (julho/2017 e setembro/2018) da comunidade de Xavier ([Figura 2](#)).

É possível perceber que o nível estático (NE) dos 15 poços de Xavier apresentou sensíveis variações entre os períodos chuvoso (julho/2017) e seco (setembro/2018), com média de 2,8 m a 2,9 m, respectivamente, ressaltando o seu reabastecimento decorrente do regime de chuvas no primeiro semestre, apesar de suas irregularidades.

Vale ressaltar que o monitoramento dos 15 poços de Xavier foi possível e priorizado devido às condições de acesso fácil para medições do nível estático (NE), já que estão abertos, desobstruídos e o medidor de NE pode ser utilizado sem dificuldades. Por sua vez, os poços das demais comunidades são dotados de sistema de bombeamento e estão lacrados, o que dificultou o acesso e uso do medidor eletro-sonoro Jaciri nesse procedimento.

**Figura 2 - Medição do nível estático (NE) dos 15 poços de Xavier**



Fonte: Silva ([2020](#)).

No tocante à vulnerabilidade do aquífero foram usados os dados de campo e do cadastramento já existente, e não o monitoramento periódico.

Para o estudo da vulnerabilidade do aquífero foram medidos 25 poços na área em questão ([Quadro 2](#)) cuja distribuição foi a seguinte: na comunidade da Praia de Xavier (15), Tapuiú (1), Montevideú (1), Amarelas (1), Barrinha (4) e Ziu (3), sendo que um dos poços da comunidade de Xavier é o mais raso apresentando 1,23 metros de profundidade (ambiente de praia), e o poço localizado na comunidade de Montevideú é o mais profundo e possui 22 metros de profundidade (Formação Barreiras).



**Quadro 2 - Índice de Vulnerabilidade GOD dos 25 poços de Xavier e seu entorno**

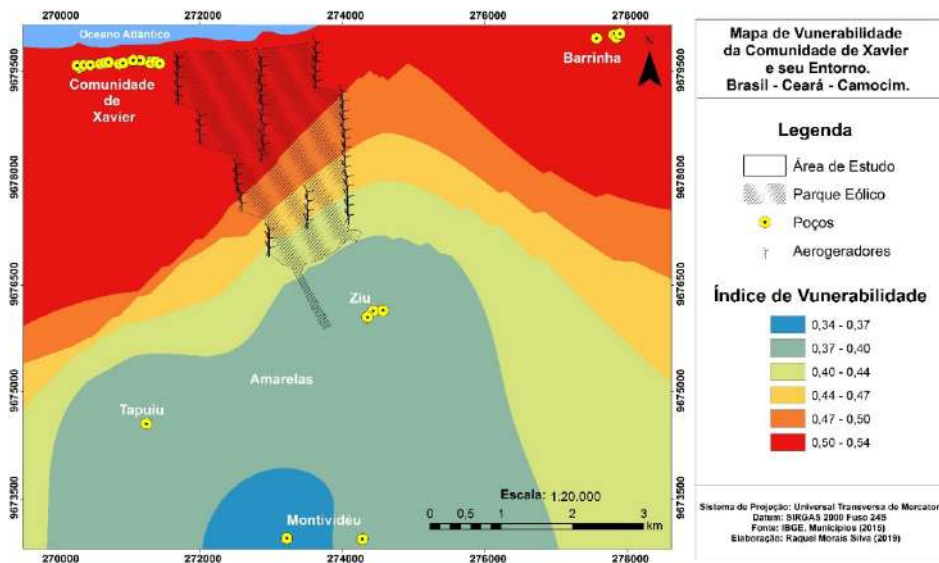
<b>Ordem</b>	<b>Comunidades</b>	<b>NE (m)</b>	<b>G</b>	<b>O</b>	<b>D</b>	<b>GOD</b>
P1	Praia Xavier	1,43	1,0	0,6	0,9	0,54
P2	Praia Xavier	1,23	1,0	0,6	0,9	0,54
P3	Praia Xavier	4,44	1,0	0,6	0,9	0,54
P4	Praia Xavier	4,42	1,0	0,6	0,9	0,54
P5	Praia Xavier	3,28	1,0	0,6	0,9	0,54
P6	Praia Xavier	3,20	1,0	0,6	0,9	0,54
P7	Praia Xavier	3,21	1,0	0,6	0,9	0,54
P8	Praia Xavier	2,60	1,0	0,6	0,9	0,54
P9	Praia Xavier	2,18	1,0	0,6	0,9	0,54
P10	Praia Xavier	4,10	1,0	0,6	0,9	0,54
P11	Praia Xavier	2,92	1,0	0,6	0,9	0,54
P12	Praia Xavier	1,34	1,0	0,6	0,9	0,54
P13	Praia Xavier	2,63	1,0	0,6	0,9	0,54
P14	Praia Xavier	3,00	1,0	0,6	0,9	0,54
P15	Praia Xavier	1,74	1,0	0,6	0,9	0,54
P16	Tapuiú	12,00	0,6	0,8	0,8	0,38
P17	Montevidéu	22,00	0,6	0,8	0,7	0,34
P18	Amarelas	18,00	0,6	0,8	0,8	0,38
P19	Barrinha	1,60	1,0	0,6	0,9	0,54
P20	Barrinha	2,43	1,0	0,6	0,9	0,54
P21	Barrinha	2,40	1,0	0,6	0,9	0,54
P22	Barrinha	2,84	1,0	0,6	0,9	0,54
P23	Ziu	11,00	0,6	0,8	0,8	0,38
P24	Ziu	13,00	0,6	0,8	0,8	0,38
P25	Ziu	14,40	0,6	0,8	0,8	0,38

Fonte: Silva (2020).

A área de pesquisa foi caracterizada com a ocorrência da água subterrânea de forma não confinada (aquíferos livres), com valores do Índice  $\underline{G}$  0,6 e 1,0. Quanto aos estratos de cobertura, constata-se a predominância de areias eólicas sobrepostas por arenitos com Índice  $\underline{O}$  entre 0,6 e 0,8. Com relação ao nível da água subterrânea, os Índices  $\underline{D}$  foram 0,7, 0,8 e 0,9.

De acordo com o método GOD, a vulnerabilidade dos aquíferos na área de pesquisa varia de 0,38 (baixa) a 0,54 (alta), com predomínio de vulnerabilidade média a alta ([Figura 3](#)).

**Figura 3 - Mapa de vulnerabilidade do aquífero na Comunidade de Xavier e seu Entorno, Camocim, Ceará, Brasil**



Fonte: Silva ([2020](#)).

Foi possível observar que a área da comunidade de Xavier e da Barrinha apresentaram alto grau de vulnerabilidade, ou seja, vulnerável a muitos poluentes, exceto aqueles pouco móveis e pouco persistentes. Esse valor pode ser explicado por essa área estar localizada nos sedimentos arenosos (dunas) onde o nível d'água pode ser encontrado próximo à superfície que vai de 1,23 metros até 2,84 metros de profundidade.

Já mais ao sul do distrito de Amarelas (sede), onde se encontram as comunidades de Ziu, Tapuiú e Montevideú apresentaram um índice médio de vulnerabilidade, o que indica que essa área é susceptível a alguns poluentes, mas somente quando continuamente lançados. Ressalta-se também que o distrito de Amarelas é caracterizado por arenitos argilosos com leitos conglomeráticos, com intercalações de níveis mais ou menos permeáveis e está predominantemente sobre a Formação Barreiras.

Gomes *et al.* (2019) corroboram ao afirmar que as áreas de vulnerabilidade moderada e baixa ocorrem nas porções centro e sul, associadas principalmente aos terrenos da Formação Barreiras (arenitos e conglomerados). Esses índices (moderado e baixo) sofreram influência de níveis estáticos mais profundos (> 10 metros de profundidade) e da litologia (níveis arenosos).

Para os autores, o grau de confinamento e a profundidade do nível estático foram determinantes na diferenciação da vulnerabilidade na área entre os índices alto, moderado e baixo (GOMES *et al.*, 2019).

A localização do parque eólico sobre o campo de dunas (ambiente de vulnerabilidade naturalmente alta) torna-se um agravante da instabilidade e vulnerabilidade dessa formação geomorfológica e hidrogeológica, principalmente por suas interferências no lençol freático raso e demais componentes socioambientais presentes na área estudada, o que destaca a necessidade de haver maior detalhamento nas informações contidas nos estudos ambientais que considerem tais aspectos.

## **Avaliação da qualidade das águas subterrâneas**

As águas subterrâneas oriundas dos aquíferos sempre foram vistas como reservas estratégicas de abastecimento humano devido às suas características naturais. Tal importância tem se acentuado nas últimas décadas em decorrência dos problemas de escassez, deficiência e insuficiência de saneamento básico, além do aumento da demanda.

Apesar de sua relevância, as águas subterrâneas têm sido ameaçadas e sua vulnerabilidade intensificada com o crescimento das cargas poluentes e contaminantes que alteram os padrões de potabilidade inviabilizando seus usos múltiplos.

Diante de sua essencialidade foi necessário realizar análises físico-químicas e microbiológicas para verificar se a potabilidade está dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente, principalmente aquela estabelecida pelo Ministério da Saúde do Brasil, com o objetivo de prevenir a disseminação de patologias de veiculação hídrica que afetem sobremaneira a saúde da população.

A avaliação da qualidade das águas subterrâneas e seus parâmetros de potabilidade se deu por meio de análises físico-químicas e microbiológicas de amostras coletadas em junho de 2019 no período chuvoso na região (de janeiro a abril) (IPECE, 2017). No entanto, há registros de acumulados pluviométricos bastante volumosos nos meses de maio e junho, tendo em vista que a quadra chuvosa apresenta certas irregularidades no decorrer dos anos.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas destacaram parâmetros que apresentaram concentrações significativas maiores que zero e que podem afetar substancialmente a potabilidade das águas subterrâneas. Assim é possível avaliar o comportamento dos parâmetros por meio do monitoramento.



O diagrama de Piper mostra que as águas subterrâneas são classificadas predominantemente como bicarbonatadas (70% das amostras), magnesianas (60% das amostras), seguidas de cloretadas (30%), mistas (30%) e sódicas (10%).

As águas bicarbonatadas (70%) e magnesianas (60%) são representadas pelos poços localizados em Xavier (P12 e P15), Tapuiú (P16), Montevidéu (P17), Amarelas (P18) e Ziu (P19), com profundidade mínima do nível estático de 1,34 metros (P12) e profundidade máxima de 22 metros (P17). Estas águas possuem um tempo de residência relativamente curto, com recarga relacionada às precipitações pluviométricas, durante o período chuvoso, através de solos arenosos caracterizados por elevada permeabilidade e porosidade que facilitam a recarga dos aquíferos freáticos e renovação de suas reservas.

As águas cloretadas (30%) são representadas pelos poços localizados em Xavier (P4, P8 e P10), com profundidade mínima do nível estático de 2,60 metros (P8) e profundidade máxima de 4,42 metros (P4). Segundo Gomes e Cavalcante (2015), a ocorrência de maiores concentrações de águas cloretadas está potencialmente relacionada às águas marinhas e pluviais ou fonte de poluição que favorece a concentração de cloretos nas águas subterrâneas.

### *Potássio, Cálcio, Magnésio e Sulfato*

O potássio variou pontualmente de 3 mg/L (P4 - Xavier) a 13,7 mg/L (P19 - Ziu); o cálcio variou de 2,4 mg/L (P12 - Xavier) a 35,2 mg/L (P18 - Montevidéu). Já o magnésio, oscilou de 8,2 mg/L (P4 - Xavier) e 47,5 mg/L (P16 - Tapuiú).

O potássio tem a tendência de estar sempre presente nos sedimentos argilosos em proporções maiores do que nas rochas ígneas. O cálcio em águas subterrâneas, em contato com rochas sedimentares de origem marinha são provenientes da dissolução da calcita, dolomita e gipsita, enquanto o magnésio apresenta propriedades semelhantes às do cálcio, porém é mais solúvel e mais difícil de precipitar e geralmente é encontrado em águas naturais, mas em concentrações menores do que o cálcio (GOMES; CAVALCANTE, 2015).

É fulcral frisar que o Ministério da Saúde, pela PRC Nº 5 de 28/09/2017, não estabelece um valor máximo permitido (VMP) para as concentrações de potássio, cálcio e magnésio nas águas subterrâneas, o que deve servir de alerta quanto a possíveis anormalidades na saúde da população, uma vez que as reservas subsuperficiais que abastecem a área em estudo são predominantemente classificadas como bicarbonatadas magnesianas.

Destarte, essas águas podem ajudar no tratamento de doenças estomacais, como gastrites e úlceras gastroduodenais, hepatite, diabetes e doenças cardiovasculares, além de controlar problemas do fígado. No entanto, em grandes concentrações, o magnésio pode prejudicar a saúde humana e provocar efeitos adversos.

Para os sulfatos, todas as amostras apresentaram qualitativamente valores menores que 0,5 mg/L de  $\text{SO}_4$ , estando de acordo com o estabelecido pela PRC Nº 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde que aponta como valor máximo permitido 250 mg/L.

## *Cloreto e Sódio*

Os cloretos estão presentes em todas as águas naturais, com valores situados entre 10 mg/L a 250 mg/L nas águas doces. As águas subterrâneas apresentam, geralmente, teores de cloretos inferiores a 100 mg/L (SANTOS, 2008).

O Ministério da Saúde, pela Portaria N° 5 de 28/09/2017, estabelece que a concentração máxima de cloretos nas águas é de 250 mg/L. As análises realizadas em junho de 2019 revelaram concentrações que variam de 10 mg/L até 247,9 mg/L Cl<sup>-</sup>, sendo que os poços 4, 12 e 15, localizados na praia de Xavier, apresentaram as menores concentrações, e os poços 17, 18 e 19, situados nas comunidades de Montevideú, Amarelas e Ziu, respectivamente, revelaram os maiores teores desses íons, 140,0 mg/L, 183,9 mg/L e 247,9 mg/L, respectivamente. Assim sendo, percebe-se que as concentrações de cloretos estão dentro dos padrões estabelecidos pela Portaria N° 5 de 28/09/2017 do Ministério da Saúde.

Entretanto, deve-se chamar atenção para o alto teor de cloreto (247,9 mg/L) registrado no poço 19 da comunidade de Ziu que fica ao sul do parque eólico, o que promove uma elevação da salinidade das águas subterrâneas captadas para abastecimento da população, e eleva os teores dos sais dissolvidos, a condutividade elétrica (371,5  $\mu$ S/cm) e os sólidos totais dissolvidos (288 mg/L).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) pela Resolução N° 357 de 18/03/2005 dispõe sobre classificação, enquadramento, condições e padrões de lançamentos de efluentes nos corpos hídricos e estabelece que as águas doces devem apresentar de 0 a 500 mg/L de STD, as águas salobras devem possuir de 500 a 1500 mg/L de STD e as águas salgadas devem ter valores iguais ou superiores a 1500 mg/L de STD.

Nos resultados constatados acima referentes ao poço 19 da comunidade de Ziu, onde as concentrações de STD são de 288 mg/L é possível concluir que as águas subterrâneas desse ponto de captação, especificamente, estão bem abaixo dos estabelecidos pela resolução supracitada e classificam-se como águas doces. Portanto, não existe intrusão salina nesse ponto de coleta, apesar dos teores de cloretos e sólidos totais dissolvidos serem bastante expressivos em relação aos parâmetros estabelecidos pelo Ministério da Saúde (PRC N° 5 de 28/09/2017) e pelo CONAMA (Resolução N° 357/2005).

A origem desse elemento nas águas subterrâneas da área pode estar ligada à proximidade do mar, visto que a área está localizada na zona litorânea, ou ainda, está sendo causado por poluição antrópica proveniente de efluentes líquidos e resíduos sólidos dispostos de maneira inadequada.

Em relação ao sódio, o Ministério da Saúde (Portaria N° 5 de 28/09/2017) estabelece que a concentração máxima nas águas é de 200 mg/L. As análises realizadas em junho de 2019 apontaram que as concentrações de sódio nas 10 amostras variaram de 10 mg/L a 99,7 mg/L, sendo que os poços 17 (Montevideú) e 18 (Amarelas) apresentaram as menores concentrações e o poço 10 (Xavier) mostrou o maior teor desse íon.

É possível constatar que os valores de sódio resultantes nas análises das amostras estão bem abaixo do limite estabelecido pelo Ministério da Saúde (Portaria N° 5) que é de 200 mg/L e não indicam a presença de intrusão salina na área em questão.

### Nitratos

O Nitrato representa o estágio final da oxidação da matéria orgânica proveniente de resíduos da atividade humana (GOMES, 2006).

Nas dez amostras coletadas e analisadas em março de 2018 foram encontrados valores de 0,06 mg/L a 0,7 mg/L de nitrato. De acordo com o Ministério da Saúde (Portaria N° 5 de 28/09/2017), o valor máximo tolerável de nitrato ( $N-NO_3$ ) é de 10 mg/L. Dessa forma, os resultados das análises estão dentro do valor máximo permitido.

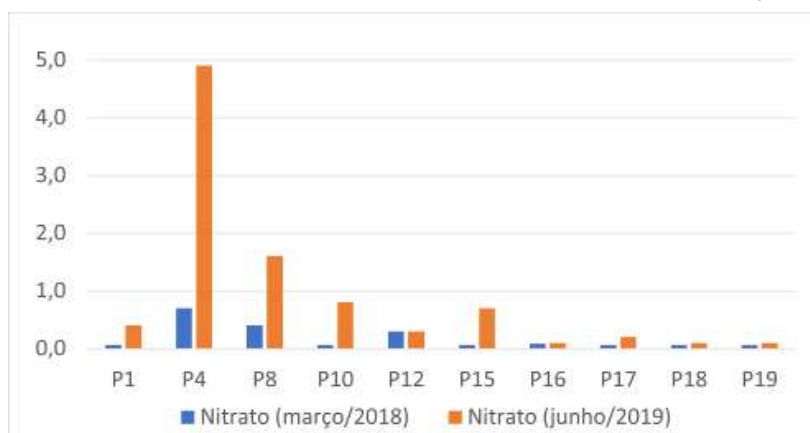
As análises feitas em junho de 2019 revelam resultados que variam entre 0,1 mg/L (P16, em Tapuiú; P18, em Amarelas e P19, em Ziu) e 4,9 mg/L (P4, em Xavier).

Em ambas análises é possível observar que todos os poços tiveram aumento nas concentrações de nitrato em junho de 2019 com destaque os poços P4 (4,9 mg/L), P8 (1,6 mg/L), P10 (0,8 mg/L) e P15 (0,7 mg/L), todos em Xavier. Esse fato se deve à existência de fossas construídas bem próximas aos poços que abastecem as residências, uma vez que o sistema de saneamento básico é inexistente.

Destaca-se uma exceção na comunidade de Xavier que é o P12. Esse ponto de captação manteve uma estabilidade no teor de nitratos com 0,3 mg/L em ambos períodos.

A [Figura 5](#) mostra as análises realizadas, seus comparativos e a tendência de aumento do nitrato ao longo do tempo.

**Figura 5 - Concentração de N-Nitrato nas águas subterrâneas ( $N-NO_3$ )**



Fonte: Silva (2020).

A análise e o monitoramento desse parâmetro são fundamentais para a área em estudo, uma vez que a presença de fossas nas proximidades dos poços rasos em ambiente dunar, muito permeável, favorece a descarga de efluentes que contaminam as reservas hídricas subterrâneas dotando-as de matéria orgânica composta por diversas partículas, sais, metais e compostos nitrogenados, como os nitratos que, em elevadas concentrações comprometem a potabilidade.

Importante saber que o nitrato é uma espécie química persistente, móvel e que não degrada com facilidade em meios aeróbicos subterrâneos, podendo migrar por grandes distâncias a partir do local de origem (PEREIRA, 2012).

O nitrato, devido à sua grande capacidade de lixiviação, é comumente encontrado em águas subterrâneas. A análise de nitrato nos corpos de água fornece informações importantes sobre o nível de contaminação dessas águas, e devem ser incluídos em todos os programas básicos de monitoramento.

### *Análises microbiológicas*

A qualidade de uma água está relacionada a ausência de microrganismos patogênicos (principalmente bactérias, protozoários e vírus) e essa é avaliada através de análises bacteriológicas dessas águas (PEREIRA, 2012).

Na primeira coleta realizada em março de 2018 foram analisadas dez amostras de águas subterrâneas, utilizando-se como indicador as bactérias do grupo coliforme (totais e fecais), tendo como representante dos coliformes fecais, ou termotolerantes, a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal. Tais bactérias são indicadores biológicos de contaminação fecal, que alteram os padrões de potabilidade das águas destinadas ao consumo humano e afetam a saúde ao ocasionar problemas gastrointestinais e complicações, caso não sejam devidamente tratadas.

Segundo o padrão de potabilidade adotado pelo Ministério da Saúde, em sua Portaria N° 5 de 28/09/2017, as águas utilizadas para consumo humano, sejam elas provenientes do abastecimento público ou de fontes alternativas como os poços, devem apresentar ausência (em 100 ml da amostra) para o grupo dos coliformes fecais (Termotolerantes), bem como os coliformes totais.

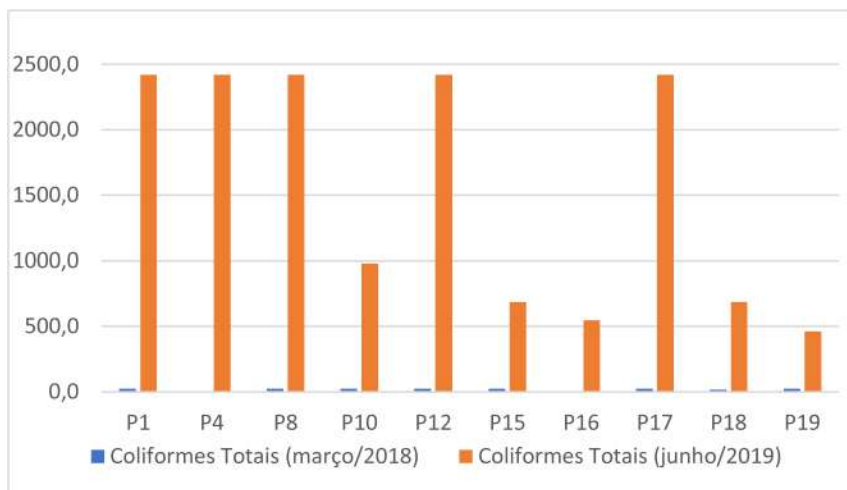
As análises realizadas em março de 2018 (Figura 6) apresentam resultados bem expressivos que indicam 3,60 NMP/100 mL a 23 NMP/100 mL para os coliformes totais. De forma mais detalhada, P16, em Tapuiú, indicou 3,60 NMP/100 mL e P4, em Xavier, apresentou 5,10 NMP/100 mL; P18, em Montevideú, mostrou 16,0 NMP/100 mL. Os demais poços apresentaram 23,0 NMP/100 mL.

As análises realizadas em junho de 2019 (Figura 6) apresentam teores bem acima do esperado e estabelecido pelo Ministério da Saúde (Portaria N° 5) e, se comparado com as análises anteriores, tiveram um crescimento alarmante. Assim, os valores registrados foram 461,1 NMP/100 mL (P19, em Ziu), 547,5 NMP/100 mL (P16,



em Tapuiú), 686,7 NMP/100 mL (P15, em Xavier; P18, em Montevidéu), 980,4 NMP/100 mL (P10, em Xavier) e 2419,6 NMP/100 mL (P1, P4, P8, P12, todos em Xavier; P17, em Montevidéu).

**Figura 6 - Coliformes Totais nas águas subterrâneas**



Fonte: Silva (2020).

A presença de coliformes totais nas águas dos poços analisados não implica ação patogênica, mas o Ministério da Saúde (PRC N° 5) aponta que a simples presença de bactérias desse grupo nas águas destinadas ao consumo humano descarta esses recursos e os classificam como não potáveis, ou seja, essas águas não podem ser ingeridas por apresentar riscos à saúde.

Do grupo dos coliformes totais destaca-se a bactéria *Escherichia coli* que é a mais utilizada como indicador biológico de contaminação das águas.

Para Santos (2008), a *Escherichia coli* é um coliforme de origem exclusiva fecal. É uma bactéria não patogênica, que normalmente habita os intestinos dos animais superiores. A sua presença não representa risco para a saúde pública, mas indica que poderão estar presentes microrganismos causadores ou transmissores de doenças (patogênicos). São, assim, indicadores microbiológicos de contaminação fecal da água, mundialmente utilizados, indicando eventuais perigos para a saúde. Portanto, nem toda água que contenha coliformes é contaminada por microrganismos patogênicos.

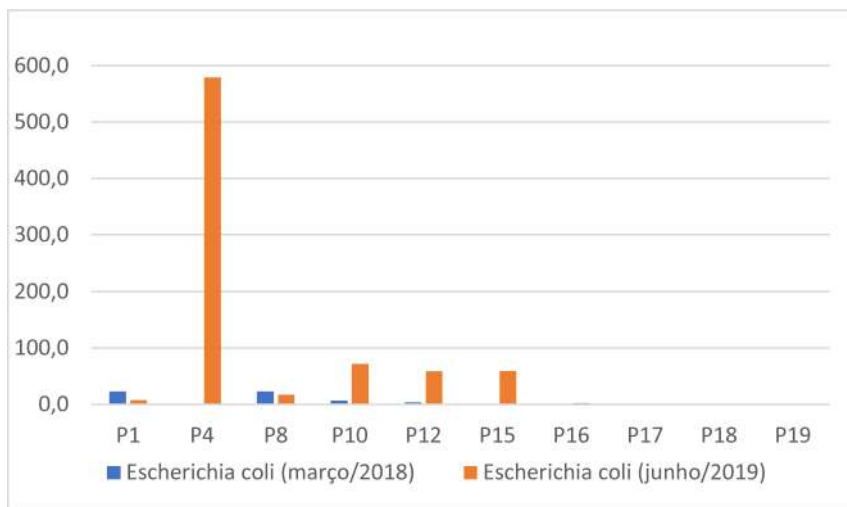
As análises feitas em março/2018 apontam valores que variam de 1,10 NMP/100 mL a 23 NMP/100 mL para *Escherichia coli*. De forma mais detalhada tem-se que P4, P15 (ambos em Xavier), P16 (Tapuiú), P17 e P18 (ambos em Montevidéu) e P19 (em Ziu) possuem concentrações de 1,10 NMP/100 mL; P12, em Xavier, apresenta 3,60 NMP/100 mL; P10, em Xavier, indica 6,90 NMP/100 mL. Os dois poços que

expressam maiores teores de *Escherichia coli* são P1 e P8, ambos em Xavier, com 23 NMP/100 mL.

Já as análises realizadas em junho/2019 demonstram concentrações que variam de 1,0 NMP/100 mL a 579,4 NMP/100 mL para *Escherichia coli*. De forma mais precisa, as concentrações desse parâmetro podem ser distribuídas por P17 e P18 (ambos em Montevideú) e P19 (em Ziu) que indicam 1,0 NMP/100 mL; P16, em Tapiuí possui teor de 2,0 NMP/100 mL; P1, P8, P12, P15 e P10, todos em Xavier, apresentam concentrações 7,4 NMP/100 mL, 17,3 NMP/100 mL, 58,9 NMP/100 mL, 59,1 NMP/100 mL, 71,7 NMP/100 mL, respectivamente. A maior concentração de todos os poços analisados é o P4, localizado em Xavier, com 579,4 NMP/100 mL.

Os resultados foram plotados na [Figura 7](#). Vale ressaltar que as concentrações dos poços P16, P17, P18 e P19 não são visíveis no gráfico por serem muito baixas e variam de 1,0 NMP/100 mL a 2,0 NMP/100 mL.

**Figura 7 - *Escherichia coli* nas águas subterrâneas**



Fonte: Silva ([2020](#)).

As análises microbiológicas indicam que as águas dos poços estão contaminadas por coliformes totais e fecais. Essa contaminação é oriunda das fossas sépticas próximas aos poços e não das instalações do parque eólico. Assim, é possível concluir que as águas subterrâneas da área em questão estão impróprias para o consumo humano.

As fossas sépticas e despejos domésticos consistem em fontes contaminantes pontuais bastante presentes na área estudada que comprometem a potabilidade das águas subterrâneas que servem para consumo humano.

Portanto, destaca-se a necessidade do monitoramento das águas subterrâneas da comunidade de Xavier e seu entorno, bem como a sensibilização da própria população

nos cuidados com a água consumida, manutenção de higiene em suas atividades corriqueiras, bem como a atuação da prefeitura na implementação do sistema de saneamento básico suficiente e eficaz para dar melhor qualidade de vida e resguardar a saúde dos habitantes.

## Conclusões

De acordo com a metodologia de diagnóstico da vulnerabilidade do aquífero, foi possível observar que a comunidade de Xavier e da Barrinha apresentaram alto grau de vulnerabilidade. Isso é explicado por essa área estar localizada nos sedimentos arenosos (dunas) onde o nível d'água pode ser encontrado próximo à superfície (1,2 a 2,8 metros de profundidade). Enquanto ao sul do distrito de Amarelas (sede), onde se encontram as comunidades de Ziu, Tapuíú e Montevideú apresentaram um índice médio de vulnerabilidade. Essa área é caracterizada por arenitos argilosos com leitos conglomeráticos, com intercalações de níveis mais ou menos permeáveis e está predominantemente sobre a Formação Barreiras.

De acordo com a classificação iônica das amostras subterrâneas, pode-se constatar a predominância de águas bicarbonatadas (70%) e magnesianas (60%). Em relação a qualidade da água na área de pesquisa, pode-se constatar que todas as amostras apresentaram concentrações de coliformes totais e fecais. Essa contaminação é oriunda das fossas sépticas próximas aos poços, logo estão impróprias para o consumo humano.

Foi possível perceber, durante a leitura do Relatório Ambiental Simplificado (RAS) do parque eólico, que as análises ambientais realizadas para solicitar as licenças ambientais foram insuficientes, uma vez que o parque foi construído em uma área de elevada instabilidade formada por ecossistemas dunares e lacustres com forte presença de lençol freático raso, além de ser classificada como uma área de proteção permanente. Dessa forma, sugere-se a realização de estudos futuros para analisar os efeitos da vibração dos aerogeradores sobre as dunas e aquíferos, tendo em vista a ausência dessas informações no RAS.

Além disso, sugere-se que seja realizada análise da vulnerabilidade dos aquíferos durante a elaboração dos estudos de impacto ambiental (EIA) em futuros empreendimentos, com a metodologia proposta neste capítulo e ampliada na dissertação de mestrado de Silva (2020). É fundamental que haja monitoramento após a implantação do parque eólico para que, após a construção das estruturas, sejam avaliados os efeitos das intervenções.

Por fim, destaca-se que os impactos cumulativos decorrentes da implantação de novos parques eólicos em campos de dunas podem conduzir ao confinamento de aquíferos, produzindo relações ambientais negativas que atingem, sobremaneira, comunidades de pescadores artesanais próximas às áreas de influência desses empreendimentos.

## Agradecimentos

Agradecemos aos financiamentos dos projetos CAPES PGPSE Proc. 88887.123947/2016-00: Sistemas Ambientais costeiros e ocupação econômica do Nordeste; CAPES PRINT Proc. 88887.312019/2018-00: *Integrated socio-environmental technologies and methods for territorial sustainability: alternatives for local communities in the context of climate change*; PRONEM/CAPES/FUNCAP, “Análise socioambiental da implantação de parques eólicos no Nordeste: perspectivas para a sustentabilidade da geração de energia renovável no Brasil” (Processo PNE-0112-00068.01.00/16) e ao Projeto CNPq/ Nexus I Proc. n.º 441489/2017-6, “Tecnologias sociais e ações integradas de sustentabilidade para a garantia da segurança hídrica, energética e alimentar em nível comunitário no semiárido cearense.

## Referências

- BRANNSTROM, C.; GORAYEB, A.; MENDES, J. S.; LOUREIRO, C.; MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V.; FREITAS, A. L. R.; OLIVEIRA, R. F. Is Brazilian wind power development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 62-71, 2017.
- ESRI. Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS Professional GIS for the desktop**. Versão 9.2. Redlands: ESRI, 2006.
- FOSTER, S. S. D.; HIRATA, R. C. A. **Groundwater pollution risk assessment: a methodology using available data**. Lima: WHO-PAHO/HPE-CEPIS Technical Manual, 1988.
- FOSTER, S.; HIRATA, R.; GOMES, D.; D’ELIA, M.; PARIS, M. **Proteção da qualidade da água subterrânea: um guia para empresas de abastecimento de água, órgãos municipais e agências ambientais**. São Paulo: Servemar, 2006.
- GORAYEB, A.; MENDES, J. S.; MEIRELES, A. J. A.; BRANNSTROM, C.; SILVA, E. V.; FREITAS, A. L. R. Wind-energy development causes social impacts in coastal Ceará state, Brazil: the case of the Xavier Community. The Case of the Xavier Community. **Journal of Coastal Research**, v. 75, n. 1, p. 383-387, 2016.
- GOMES, M. C. R.; GORAYEB, A.; SOUZA, D. B.; SILVA, R. M. Analysis of the levels of alteration of aquifers caused by the installation of wind farms on dunes on the coast of Ceará, Brazil. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 14, n. 6, p. 1-15, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v14n6/1980-993X-ambiagua-14-06-e2430.pdf>. Acesso em: 21 set. 2019.
- GOMES, M. C. R.; CAVALCANTE, I. N. Análise Geoquímica das Águas Subterrâneas de Fortaleza, Ceará – Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 42-59, 2015.
- GOMES, C. R. **Qualidade das águas subterrâneas e superficiais no Campus Universitário do Pici (Fortaleza, Ceará)**. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2006.
- HOCHSTETLER, K. **Political economies of energy transition: Wind and Solar Power in Brazil and South Africa**. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

- INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ. **Perfil Municipal de Camocim**. Fortaleza: IPECE, 2017. Disponível em: [https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Camocim\\_2017.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Camocim_2017.pdf). Acesso em: 25 jun. 2019.
- MANZIONE, R. L. Recarga das águas subterrâneas. *In*: MANZIONE, R. L. **Águas Subterrâneas**. Conceitos e aplicações sob uma visão multidisciplinar. Jundiá: Paco Editorial, 2015. p. 194.
- MEIRELES, A. J. A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos Campos de Dunas do nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. **Confins (Paris)**, v. 11, p. 1-23, 2011. Disponível em: <https://journals.openedition.org/confins/6970?lang=pt>. Acesso em: 6 out. 2018.
- MEIRELES, A. J. A.; GORAYEB, A.; LIMA, G. S.; SILVA, D. R. F. **Impactos Socioambientais da Energia Eólica no Litoral Cearense**. Análise Integrada do Litoral Cearense: Contextualização Socioambiental e Evolução dos Ambientes Costeiros. Fortaleza: FCPC, 2015.
- MOURA, P.; SABADIA, J. A. B.; CAVALCANTE, I. N. Mapeamento de vulnerabilidade dos aquíferos Dunas, Barreiras e Fissural na porção norte do Complexo Industrial e Portuário do Pecém, Estado do Ceará. **Geociências**, São Paulo, v. 35, n. 1, p.77-89, 2016. Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/8997>. Acesso em: 31 ago. 2019.
- PEREIRA, S. **Qualidade e uso das águas subterrâneas na porção noroeste do município de Fortaleza – Ceará**. 2012. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.
- SANTOS, A. C. Noções de Hidroquímica. *In*: FEITOSA, F. A. C.; MANOEL FILHO, J.; FEITOSA, E. C.; DEMETRIO, J. G. A. **Hidrogeologia**: conceitos e aplicações. 3. ed. Rio de Janeiro: CPRM; LABHID, 2008. p. 325-357.
- SILVA, R. M. **Parques eólicos, vulnerabilidade e qualidade das águas subterrâneas nas áreas do entorno da comunidade da Praia de Xavier, Camocim – CE**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

## CAPÍTULO 10

# VULNERABILIDADE ENERGÉTICA E SOCIOECONÔMICA EM DOMICÍLIOS NA ARGENTINA

Rodrigo Javier Duran<sup>1</sup>  
Miguel Angel Condori<sup>1</sup>

### Resumo

Estudou-se a vulnerabilidade energética do setor residencial na Argentina. Foi utilizada uma base de microdados disponibilizada pelo Instituto Nacional de Estatística e Censos, baseada na forma ampliada do censo de 2010. Foi utilizado um algoritmo de árvore de decisão para caracterizar, modelar e descrever os padrões dos agregados familiares vulneráveis. A partir da aplicação de gráficos, estudou-se a proximidade das configurações desses domicílios para os departamentos da Argentina. O modelo de árvore de decisão foi avaliado com base na estimativa de sua precisão, *recall*, especificidade, medida de F, acurácia e Kappa de Cohen. Foram identificados quatro grandes grupos de famílias vulneráveis que não têm acesso à saúde, são trabalhadores temporários e informais, pertencem a grupos originários, vivem em domicílios com serviços básicos ou insuficientes e têm pouco acesso às tecnologias de informação e comunicação. Conclui-se que as famílias energeticamente vulneráveis também não têm acesso a outros direitos elementares. Propõe-se que as políticas energéticas para o setor residencial sejam focadas em políticas de desenvolvimento social, sendo socialmente inclusivas e ampliando o acesso a outros direitos elementares.

**Palavras-Chave:** Vulnerabilidade energética. Árvore de decisão. Pobreza. Privação. Política energética. Desenvolvimento social.

### Introdução

A definição de políticas energéticas para o setor residencial é um tema que vem sendo desenvolvido sob diferentes perspectivas (BRADSHAW, [2014](#); VELO GARCÍA,

<sup>1</sup> Instituto de Pesquisas em Energias não Convencionais (INENCO), Conselho Nacional de Pesquisas Científicas; Técnicas (CONICET), Universidade Nacional de Salta (UNSa), Argentina. [duran.cayon@gmail.com](mailto:duran.cayon@gmail.com)

[2006](#)). Há um forte reconhecimento da relação entre o acesso à energia e outros direitos elementares que compõem a qualidade de vida, como moradia, trabalho, educação e saúde (COTTRELL, [2009](#); OMER, [2008](#)). Atualmente, as contribuições sobre o planejamento de recursos energéticos têm incorporado abordagens de análise e metodologias tradicionalmente vinculadas a estudos sociais e territoriais, como pobreza, desigualdade e privação (ALLCOTT *et al.*, [2014](#); GONZÁLEZ-EGUINO, [2015](#)). Os trabalhos que abordam questões relacionadas à pobreza energética, privação de energia ou vulnerabilidade energética (BOUZAROVSKI; PETROVA, [2015](#); BOUZAROVSKI *et al.*, [2012](#)) propõem uma perspectiva de análise do planejamento energético por meio de um posicionamento ético, em que a justiça social se torna relevante para a práxis política.

Cabe destacar as contribuições proporcionadas pelo debate sobre o reconhecimento do acesso à energia como um direito humano (BRADBROOK; GARDAM, [2006](#)), pois além da abordagem do livre acesso, permitem refletir sobre o lugar do mercado de energia e a comercialização de energia. A discussão sobre o acesso à energia como um direito humano repercute na definição das políticas energéticas e dá outro sentido à discussão sobre a capacidade do Estado de gerir e decidir sobre seus recursos energéticos, aproximando essas políticas do desenvolvimento e da economia social (MOLINA RUIZ, [2017](#)). Isso implica que a responsabilidade decisória pela gestão dos recursos energéticos cabe aos países e não às empresas que os comercializam (RECALDE, [2011](#)).

Uma série de acontecimentos político-econômicos levou a Argentina a passar de exportadora de gás natural nos anos 90 para dependente de importações em 2011 (KOZULJ, [2005](#)). A privatização do setor energético na década de 1990 (ABELES *et al.*, [1999](#); BASUALDO *et al.*, [2002](#)), a transferência das decisões energéticas para o setor privado (RECALDE, [2011](#)), a precificação dos custos residenciais devido à crise política institucional e atividade econômica do ano de 2001, desinvestimento no sistema energético e exportação de reservas (CHUN, [2017](#); GÓMEZ SÁNCHEZ, [2017](#)), o aumento do consumo de energia industrial e residencial de 2003 a 2014 (GASTIARENA *et al.*, [2017](#)), entre outros fatos, levou a um sistema energético deficitário cujos valores máximos foram observados entre 2011 e 2016, quando até 3,5% do Produto Interno Bruto foi destinado ao pagamento de subsídios ao consumo de energia (KOZULJ, [2015](#)). Posteriormente, de 2017 para 2019, a redução do subsídio ao consumo de energia residencial manteve estes valores em 1,3.

No final de 2015, o presidente Mauricio Macri decretou estado de emergência energética para a Argentina. O principal efeito dessa medida foi a eliminação dos subsídios ao consumo de energia. Isso implicou um aumento das tarifas, que no período de seu mandato (dezembro de 2015 a dezembro de 2019) foram superiores a 1000% para energia residencial (TESSMER *et al.*, [2017](#); WYCZYKIER, [2018](#)). A retirada do subsídio passa a vigorar em fevereiro de 2016 e somente em novembro é

definida uma “taxa social” que trata do acesso à energia em domicílios vulneráveis e que se mantém desde então. As alterações nas políticas energéticas com vistas ao setor residencial que vêm sendo efetuadas desde 2016 aumentaram os níveis de pobreza energética urbana num contexto de aumento das taxas de desemprego, pobreza, inflação e retração da economia (FERNÁNDEZ, 2017; NEFFA, 2018; TISCORNIA, 2019). Do final de 2016 ao final de 2019, houve um aumento acumulado do índice de preços ao consumidor (IPC) de 300,6%, uma incidência estimada de 35,5% de pobreza sobre a população urbana (INDEC, 2020) e 8,9% de desemprego (INDEC, 2020). É importante questionar o estado de vulnerabilidade relativa da população em relação às mudanças nas políticas de desenvolvimento energético. Os aspectos de vulnerabilidade (PERONA *et al.*, 2001) constituem um processo que se configura a partir da existência de relações e gestão desigual do capital econômico, simbólico e social, que se materializa a partir do impacto que uma externalidade exerce sobre a situação de vida de um ser humano, grupo, afetando-o diferencialmente de acordo com a posição que ocupa no espaço simbólico e econômico. O conceito de vulnerabilidade é proposto como um *continuum*, que permite analisar a situação de um grupo humano ligando aos conceitos de coesão e exclusão social (CHAN *et al.*, 2006; OXOBY, 2009), relativa falta e exclusão de acesso a um direito elementar. O conceito de vulnerabilidade é utilizado em trabalhos sobre ecologia, geografia humana e meio ambiente para analisar e fornecer perspectivas de possíveis eventos naturais prejudiciais (BROOKS, 2003; CUTTER, 1996).

O modelo de desenvolvimento argentino demarca uma forte dependência do interior produtivo em relação ao porto de Buenos Aires, o que favoreceu a centralização da produção de matérias-primas e implicou uma forte desigualdade no que diz respeito ao desenvolvimento econômico e acesso a direitos básicos de grande parte da população do norte da Argentina. Essa região, caracterizada como “Norte Grande”, apresenta os maiores índices de pobreza estrutural do país. Este trabalho tem como objetivo identificar e estudar como são compostos os domicílios vulneráveis às mudanças na política energética para o setor residencial. Faz parte de um conjunto de contribuições nas áreas de vulnerabilidade energética, justiça social e pobreza energética (BOUZAROVSKI *et al.*, 2014; BOUZAROVSKI *et al.*, 2017; CARRIZO; CARRE, 2014; CASTAÑO-ROSA, 2018; DAY; WALKER, 2013). Este trabalho também é uma contribuição para a definição de indicadores de vulnerabilidade com base em dados censitários para a Argentina (PAOLASSO *et al.*, 2011; PERONA *et al.*, 2001; PRIETO, 2016). É descrita uma nova abordagem metodológica baseada em métodos de análise de *big data*, que contribui para uma segmentação mais precisa das características da população vulnerável e permite fornecer informações para a definição de políticas focais que atuam no território. Para atingir esse objetivo, propõe-se uma dupla análise, por um lado, ao nível dos departamentos da Argentina e, por outro, ao nível dos domicílios. As diferentes configurações adquiridas pela situação



de vulnerabilidade dos domicílios argentinos são descritas a partir da identificação de características semelhantes ou equivalentes. A metodologia de árvore de decisão foi utilizada em nível domiciliar e, em nível de departamento foi aplicada à visualização de gráficos. Espera-se que as informações obtidas sejam úteis para a definição de políticas de desenvolvimento social e energético adequadas à população vulnerável.

## Metodologia

### *Índice de vulnerabilidade energética*

Foi utilizada a base de dados do INDEC, baseada na forma ampliada do CNPHV 2010. Embora o censo tenha sido realizado em um contexto socioeconômico diferente do atual, os indicadores e variáveis utilizadas correspondem a características estruturais da população, portanto seu comportamento não é sazonal. Os mapas foram preparados usando QGIS, a partir de um banco de dados geográficos para departamentos da Argentina fornecido pelo Instituto Geográfico Nacional. As variáveis e indicadores escolhidos na elaboração do índice ([Quadro 1](#)) refletem diferentes dimensões da situação de vulnerabilidade energética e estrutural pela qual um domicílio está passando.

**Quadro 1 - Dimensões e variáveis do Índice de Vulnerabilidade Energética (IVE)**

DIMENSÃO	INDICADOR	VARIÁVEIS	BIBLIOGRAFIA
Conforto térmico; casa termicamente ineficiente	Casas com pelo menos duas das seguintes características: - Piso de terra ou tijolo solto - Parede de madeira, folha de palmeira ou palha sem adobe - Parede sem revestimento externo - Teto sem telha - Telhado de chapa (em qualquer de suas formas) de cana ou palma sem adobe.	Características materiais de: - Piso - Parede - Revestimento externo das paredes - Forro interno do teto - Revestimento externo do telhado	Castaño-Rosa (2018); Ormandy e Ezratty (2012); Petrova, Gentile, Mäkinen e Bouzarovski (2013)
Acesso a eletricidade	Domicílios que não têm acesso à energia elétrica, seja pela rede ou por qualquer outra forma.	Acesso à eletricidade. - Por rede - Autoabastecimento (diesel ou renovável)	Day e Walker (2013); Kanagawa e Nakata (2008); Pachauri e Spreng (2004)
Acesso ao gás	Domicílios que não têm acesso a fontes de gás, seja por rede ou botijão.	Combustível usado para cozinhar: - Gás envasado - Gás natural por rede	

DIMENSÃO	INDICADOR	VARIÁVEIS	BIBLIOGRAFIA
Educação	Chefe de família cujo nível de escolaridade mais elevado seja: - Primário completo - Primário incompleto - Inicial - Nunca estudou	Máximo nível educativo	Kemmler e Spreng (2007); Thomson, Bouzarovski e Snell (2017)
Trabalhado	Chefe de família cuja situação seja desempregado ou que esteja empregado, mas não efetua nem recebe contribuições.	Condição de atividade Faz contribuições para aposentadoria.	

Fonte: De autoria própria.

A validade interna do índice foi feita com base na capacidade dos indicadores em formar fatores, por isso foi realizada uma análise dos fatores principais (MCDONALD, 1970) por meio da aplicação do software estatístico SPSS. O teste de adequação Kaser Meyer Olkim mostra um valor aceitável de 73% (HUTCHESON; SOFRONIOU, 1999). A extração foi realizada por rotação Varimax com normalização Kaiser. Obtiveram-se dois fatores bem constituídos: um, que integra as variáveis de acesso a gás e eletricidade; outro que relaciona as características térmicas do domicílio, características ocupacionais e educacionais do chefe da família. O primeiro descreve a exclusão dos domicílios em relação ao sistema energético, que são os mais vulneráveis (CASTEL, 1995). O segundo fator refere-se ao nível socioeconômico do domicílio e conforto térmico; conceitualmente, permite-nos rever a capacidade de privação material dos agregados familiares para passarem pela alteração da política energética em termos da sua vulnerabilidade. Por outro lado, o indicador tem pouquíssimos casos omissos, apenas 0,5% dos casos analisados não apresentam respostas para algumas das variáveis estimadas.

Embora cada uma dessas dimensões possa ser conceituada como parte de um mesmo problema socioenergético, cada dimensão atua de maneira diferente sobre a população vulnerável. Assim, em vez de definir um índice sintético baseado no reescalonamento dos valores dos principais fatores (LANGLOIS; KITCHEN, 2001), optou-se por manter as dimensões que o compõem de forma independente. Essa decisão permite a criação de vetores e matrizes com os valores das cinco variáveis que posteriormente serão utilizadas para comparar a composição e intensidade com que atua a vulnerabilidade energética em residências e departamentos na Argentina.

Definimos um domicílio como energeticamente vulnerável com base no cumprimento de três ou mais das condições estabelecidas no [Quadro 1](#). Isso implica que os domicílios considerados podem ser excluídos do sistema energético e também manter

uma das condições do segundo fator, ou estão incluídos exclusivamente no segundo fator, o que implica que mantenham características de vulnerabilidade socioeconômica e eficiência térmica.

### *Estudo da composição da vulnerabilidade em domicílios e departamentos da Argentina*

Neste trabalho, os conjuntos de dados domiciliares foram descritos a partir da aplicação de um modelo preditivo denominado árvore de decisão. Essa técnica, ao revisar o conjunto de valores de um grupo de variáveis com base no cumprimento de uma condição, permite que sejam agrupadas de acordo com seus valores e em função da probabilidade de ocorrência dessa condição. Ao focar na condição e não nos conjuntos de valores do grupo de variáveis, como acontece com as técnicas de agrupamento, permite fornecer um detalhamento mais fino para a análise de sua conformidade. A utilização de gráficos para visualizar as características dos departamentos permite a definição de conjuntos com base no cumprimento de valores pré-estabelecidos, o que é útil para definir rapidamente um conjunto de departamentos com problemas semelhantes.

Em primeiro lugar, os indicadores já descritos foram estimados como percentuais do total de domicílios para o departamento em que está localizado. Em seguida, esses indicadores foram padronizados e a distribuição de seus valores foi dividida em quintis de duas formas: 1 - com relação aos valores dessa variável para todos os departamentos; 2 - com relação aos valores das outras variáveis para o mesmo departamento. Esses procedimentos são úteis para identificar as características que se destacam em cada departamento e sua composição, de forma relativa.

Em segundo lugar, para cada departamento foi criado um vetor cujos valores correspondem ao número do quintil de cada variável. Dessa forma, por exemplo, um vetor com a forma [5, 5, 4, 3, 3] representa um departamento localizado no quinto quintil para as variáveis relacionadas à falta de acesso a gás e eletricidade, quarto quintil para a taxa de moradias termicamente ineficientes e terceiro quintil para as variáveis desemprego ou trabalho não registrado e maior nível de ensino fundamental completo. A partir da vetorização dos valores é possível definir conjuntos de departamentos com configurações semelhantes ou equivalentes. Para isso, foi construída uma matriz na qual as colunas são as variáveis, as linhas são os departamentos e os valores correspondem ao número do quintil para cada variável. A matriz permite a comparação entre os diferentes vetores e os gráficos permitem visualizar, a partir de sua notação matemática, a forma como um conjunto de elementos se relaciona (MENÉDEZ, 1998).

Em terceiro lugar, procedemos à transformação dos *arrays* de valores em *arrays* adjacentes, que indicam a direção da ligação entre os elementos, ao mesmo tempo que definimos o seu agrupamento. Foram construídas duas matrizes adjacentes, que contêm a estrutura do gráfico, uma para comparar valores entre todos os

departamentos e outra utilizada para comparar os valores das variáveis com relação ao mesmo departamento. As estruturas das matrizes adjacentes, que marcam o grau de proximidade ou distância entre departamentos foram desenvolvidas a partir dos valores médios do vetor para comparação entre todos os departamentos e, por outro lado, para comparação de valores dentro de cada departamento, foi utilizada uma estrutura em camadas, de acordo com a distribuição dos valores máximos de cada vetor. No nível mais externo foram agrupados aqueles que compartilham exatamente a mesma configuração e que possuem valores máximos para uma ou mais variáveis. O nível seguinte agrupa os conjuntos com configuração interna idêntica a partir da segunda característica de maior valor; esse nível está vinculado a um terceiro, que agrupa os dois primeiros de acordo com a terceira característica de maior valor, assim sucessivamente até a quinta. Como resultado, observa-se uma configuração de filiais interligadas, que em sua parte externa engloba departamentos que possuem exatamente a mesma configuração, que se relacionam com outros internos, com os quais compartilha aspectos de segunda, terceira, quarta e, finalmente, de quinta ordem. Por fim, foi utilizado o *software* Visone para visualização dos gráficos.

O estudo da composição dos domicílios vulneráveis com três ou mais das características descritas, também foi realizado por meio de uma árvore de decisão (MYLES *et al.*, 2004). Uma árvore de decisão classifica a probabilidade de que uma condição seja atendida a partir da matriz de valores de outras variáveis. Permite saber ao nível do agregado familiar quais são os valores mais prováveis que as variáveis censitárias que não compõem o índice de vulnerabilidade adquirem para um agregado familiar ser energeticamente vulnerável. O algoritmo avalia os valores das variáveis de acordo com a ocorrência de uma condição conhecida e já estimada, nesse caso que o domicílio é vulnerável. O algoritmo avalia a probabilidade de que, dada essa condição, as variáveis adquiram um valor conhecido. À medida que acumula um maior número de casos, define as probabilidades com mais precisão e “aprende”, o que permite prever valores futuros a partir das probabilidades conhecidas e também validar o modelo contrastando a conformidade dos casos com um lote de dados que já foi estimado.

Foi utilizado o *software* KNIME (BERTHOLD *et al.*, 2009), um *software* livre e de licença aberta para mineração de dados. O algoritmo utilizado pelo KNIME corresponde ao de Quinlan (SALZBERG, 1994) e a implementação do KNIME fazem parte do pacote SPRINT (SHAFER *et al.*, 1996). O KNIME fornece um ambiente gráfico no qual o usuário coloca os algoritmos, que são organizados na forma de caixas coloridas. A relação entre os algoritmos é determinada na forma de um circuito a partir da conexão entre essas caixas por meio de setas que indicam sua ordem de execução. As funções do algoritmo KNIME são as seguintes: primeiro lê a base de dados fornecida pelo INDEC e depois isola aquelas variáveis que estão relacionadas com as dimensões avaliadas no indicador. Nessa nova base de dados, destaca em cores os casos que atendem a três ou mais condições (IVE). Posteriormente,

essa base de dados foi separada em duas partes, escolhendo os casos aleatoriamente, sendo a primeira composta por 80% dos casos e a segunda pelos restantes 20%. Essa divisão é realizada para aplicar o algoritmo de aprendizado do modelo de árvore de decisão a 80%, a fim de avaliar a acurácia da estimativa feita a partir do modelo com os 20% restantes. Um algoritmo de impureza Gini foi usado para estabelecer a relação entre os valores que a variável assume e os subconjuntos de valores formados a partir das demais variáveis. O modelo criado pelo algoritmo da árvore de decisão é então retomado pelo algoritmo de previsão, que aplica o modelo aos 20% restantes dos dados e esse algoritmo cria uma nova coluna de dados, cujo conteúdo prevê para cada domicílio se será ou não altamente vulnerável, o que permite ao algoritmo de avaliação (pontuador) comparar se os casos previstos correspondem a casos reais.

A avaliação do modelo, com base nas medidas de precisão, *recall*, especificidade e Medida F, ajudam a estimar o quão precisa foi sua previsão. “Acurácia” refere-se à relação entre o número total de vezes que o modelo acertou em relação ao número total de hipóteses por ele propostas. “Recall”, por outro lado, relaciona o número total de vezes que o modelo previu que o evento aconteceria com o número total de vezes que ele realmente aconteceu. “Especificidade” avalia o número de vezes que o modelo propôs que o resultado seria negativo (que a condição não seria atendida) em relação ao número total de vezes que ele realmente não foi atendido. A medida F relaciona precisão; *recall* calculando a média harmônica entre os dois coeficientes. Finalmente, o coeficiente Kappa de Cohen fornece uma medida de concordância entre duas séries de dados levando em consideração o efeito do acaso. O circuito se fecha a partir da aplicação dos algoritmos de extração da imagem da árvore de classificação e extração do modelo. O [Quadro 2](#) mostra que o modelo estima corretamente os casos em que os domicílios terão três ou menos características de vulnerabilidade. Os valores avaliados indicam que a previsão para aqueles casos em que mais de três características são observadas é boa, embora não seja excepcional. As medidas globais referem-se a um alto grau de precisão e um coeficiente Kappa de Cohen de concordância moderada.

**Quadro 2 - Resultados da validação do modelo**

CARACTERÍSTICAS	PRECISÃO	RECORDAÇÃO	ESPECIFICIDADE	MEDIDA F	EXATIDÃO	KAPPA DE COHEN
Três ou mais	0,6830	0,7057	0,9611	0,6785	0,8956	0,4226
Três ou mais	0,9235	0,9611	0,4057	0,9419		

Fonte: De autoria própria.

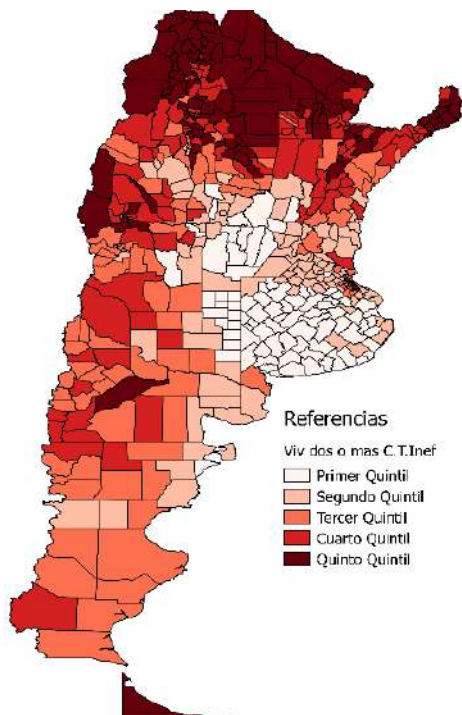
## Resultados

### *Índice de vulnerabilidade energética e seus indicadores*

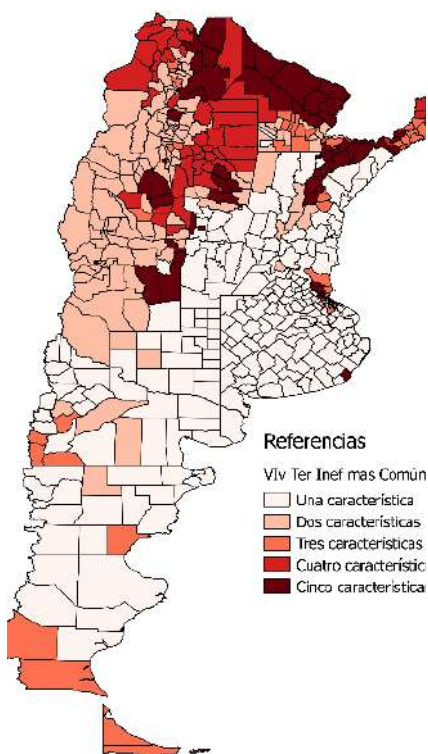
A eficiência térmica das habitações foi descrita com base na presença de características materiais utilizadas como indicativas, que foram definidas no [Quadro 1](#). Uma habitação tem maior eficiência térmica ao mesmo tempo que minimiza as perdas desse tipo. A partir da análise do indicador de conforto térmico definido no [Quadro 1](#), observa-se que, na Argentina, 28% das residências não apresentam deficiência térmica em sua construção, 42% apresentam apenas uma e 28,4% mantêm duas ou mais.

As Figuras 1 e 2 mostram a situação térmica das residências nos diferentes departamentos da Argentina. O mapa da esquerda mostra a distribuição dos valores dos domicílios com mais de duas características térmicas deficientes em quintis, enquanto o mapa da direita indica quantas características térmicas a maioria dos domicílios possui. A Argentina apresenta uma grande variedade de climas e temperaturas médias anuais, de acordo com as diferentes regiões geográficas, do extremo sul ao centro do país. A Patagônia mantém temperaturas médias entre 2°C e 12°C no inverno, então pode-se esperar que as casas dessa região sejam, em geral, mais bem equipadas, exatamente o que se verifica na [Figura 2](#), onde se observa que a maioria das casas daquela região apresenta no máximo uma característica de ineficiência térmica. No centro do país, região onde se concentra a produção de matérias-primas, as temperaturas médias variam entre 12°C e 18°C; especialmente nas áreas rurais de Buenos Aires, Córdoba, La Pampa e Santa Fé, observam-se os melhores valores de eficiência térmica para residências na Argentina. A região Noroeste do país tem a maior variedade climática, com temperaturas médias variando de 4°C nas áreas de altitude próxima à Cordilheira dos Andes; de 16°C a mais de 22°C no sentido leste. Essa região, juntamente com o nordeste, que possui temperaturas médias acima de 20°C, mantém os maiores valores de pobreza estrutural, privação relativa e concentra a maioria da população nativa. Tanto o aspecto ambiental como o de privação material têm repercussões nas características materiais das habitações, pelo que é de esperar que a maior proporção de habitações termicamente ineficientes se localize nestas regiões, o que se confirma na [Figura 1](#).

**Figura 1 - Departamentos de acordo com a ineficiência térmica dos domicílios. Distribuição em quintis**



**Figura 2 - Departamentos segundo o número de características térmicas ineficientes de suas residências**



Fonte: De autoria Própria.

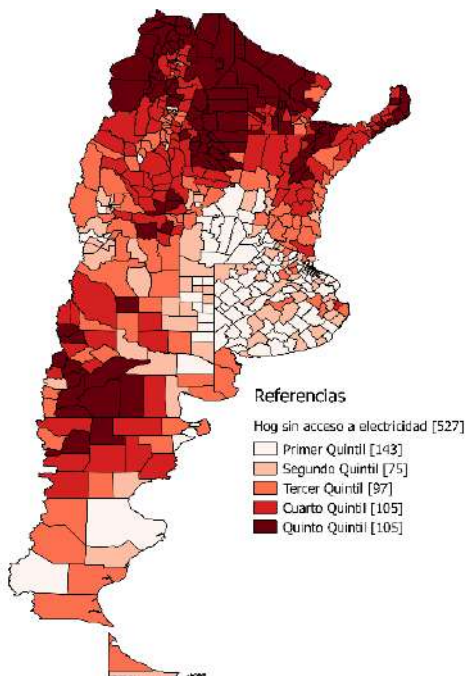
O acesso à energia residencial também é desigual na Argentina. As [Figuras 3 e 4](#) mostram a distribuição dos departamentos segundo domicílios sem acesso a gás e eletricidade em quintis; em ambos os casos se destaca o norte da Argentina. Isso é esperado, tendo em vista que a rede de conexão de gás não chega ao nordeste e a rede elétrica não é acessível à população rural desses departamentos. O indicador estima o acesso a gás e eletricidade em qualquer uma das suas formas, seja através da rede, gás engarrafado, ou autofornecimento de eletricidade através de equipamentos a gásóleo ou energias renováveis. A população das províncias dessa região apresenta uma significativa proporção rural (14% a 30%). Devido ao seu bom recurso solar, tem sido motivada a aplicação de diferentes projetos de eletrificação rural, como é o caso do Projeto de Eletrificação dos Mercados Rurais de Eletricidade (PERMER), que se tem focado, sobretudo, em escolas e salas de cuidados primários da rede de saúde, pelo que o seu impacto na população rural foi limitado.

Existem muitas dificuldades para a população rural ter acesso aos combustíveis tradicionais. As maiores distâncias percorridas e a precariedade das estradas implicam

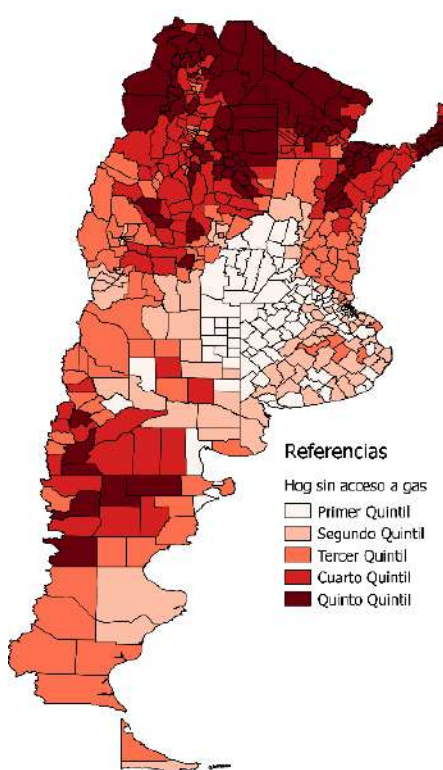


em maior custo de distribuição. Em lares dispersos e auto-reconhecidos como população nativa, somam-se as dificuldades de obtenção de dinheiro.

**Figura 3 - Departamentos segundo domicílios sem acesso à energia elétrica em qualquer uma de suas modalidades**



**Figura 4 - Departamentos segundo domicílios sem acesso ao gás em qualquer uma de suas modalidades**



Fonte: De autoria Própria.

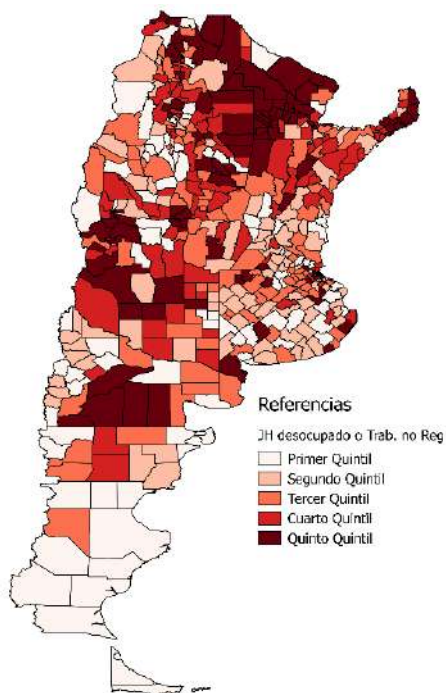
A situação educacional e laboral dos chefes de família é mostrada nas Figuras 5 e 6, onde o norte da Argentina é a área mais privada. Em nível nacional, observa-se que, para a zona rural, 54% da população com mais de 14 anos tem nível educacional máximo (EMN) até o ensino fundamental completo. Esse valor aumenta ao contar apenas com a população localizada no espaço rural disperso, resultando em 69% dos maiores de 14 anos, enquanto para o espaço urbano é de 35%. Se considerada apenas a população do Noroeste, os valores são maiores, resultando em 59% para a zona rural, 75% para a zona rural dispersa e 37% para a zona urbana.

A questão do acesso ao trabalho e sua qualidade é atravessada pelas mesmas diferenças observadas anteriormente entre os espaços rurais e urbanos para o quadro educacional. 35% da população entre 14 e 18 anos localizada no espaço rural disperso

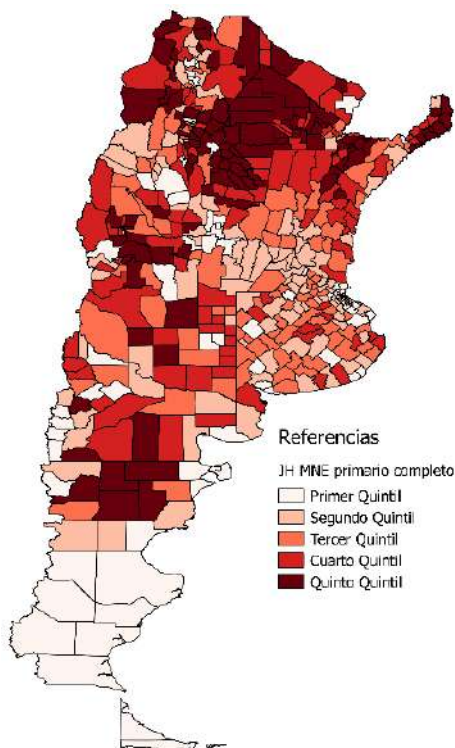


é ativa, o que por sua vez está relacionado ao componente familiar do trabalho rural e à participação dos filhos. Estes valores são mais elevados nas zonas do norte com componente rural, sendo superiores a 50% em alguns casos. Essas diferenças também apontam para formas específicas de pobreza estrutural e vulnerabilidade social que atuam no país, diferenciando novamente o centro produtivo e, principalmente, a Cidade Autônoma de Buenos Aires.

**Figura 5 - Departamentos segundo chefes de família desempregados ou trabalhadores sem carteira**



**Figura 6 - Departamentos segundo chefes de família com fundamental completo sendo o maior nível de ensino**

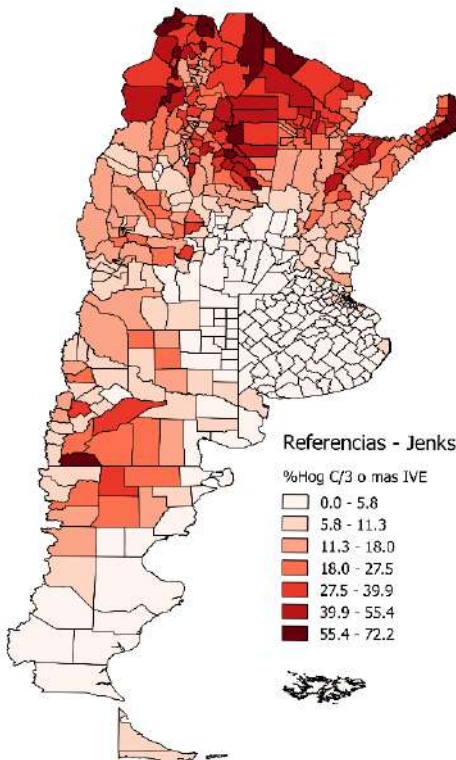


Fonte: De autoria Própria.

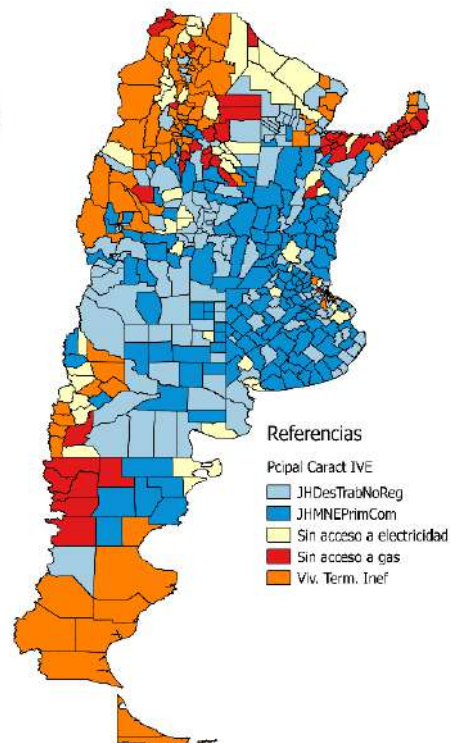
Os domicílios cuja composição se refere à alta vulnerabilidade, por atenderem a três das cinco condições, representam casos em que tanto os aspectos socioeconômicos quanto os relacionados ao acesso a direitos elementares são violados. São domicílios em que há pelo menos um aspecto de exclusão do acesso ao direito (não têm acesso a pelo menos uma fonte de energia) ou de clara vulnerabilidade socioeconômica (apresentam características associadas à pobreza estrutural ou baixo nível socioeconômico). Esse grupo de domicílios representa 11,78% dos domicílios argentinos e, por sua vez,

representa 40% dos domicílios rurais dispersos, 16% dos domicílios rurais agrupados; 9% dos domicílios urbanos. As Figuras 7 e 8 indicam a distribuição dos departamentos segundo os domicílios altamente vulneráveis. No primeiro caso, foi utilizada uma distribuição em intervalos naturais ou Jenks (JENKS, 1967), que permite uma melhor apreciação das mudanças na variabilidade. Os departamentos do norte da Argentina, principalmente Rivadavia na província de Salta, apresentam os valores mais altos, com 72% de domicílios vulneráveis. No departamento de San Pedro, na província de Misiones, mantém valores semelhantes, com 71% de famílias vulneráveis. Os valores mais baixos do indicador de vulnerabilidade são observados nas zonas centro e sul do país, mas a província de Rio Negro apresenta os valores mais altos (entre 18% e 40%). O Departamento de Ñorquincó possui 58% dos domicílios vulneráveis. A Figura 8 mostra qual dessas dimensões é a mais presente no total de domicílios vulneráveis, o que permite localizar qual dimensão do problema é a mais urgente e, além disso, comparar essas características entre as diferentes regiões do país.

**Figura 7 - Percentual de domicílios com três ou mais características do IVE**



**Figura 8 - Principais características vulneráveis por departamento**



Fonte: De autoria Própria.

Dessa análise evidencia-se que, em primeiro lugar, naqueles departamentos constituídos maioritariamente por população urbana, exceto nos cordões urbanos de pobreza estrutural, a principal característica corresponde a aspectos relacionados com a baixa escolaridade e o trabalho precário, o que implica que o acesso à energia e à habitação sem graves problemas de eficiência térmica seja generalizado. Em segundo lugar, nas áreas urbanas periféricas, naqueles espaços que se constituem como destino da população rural e dos pobres deslocados do interior do país, identifica-se com maior intensidade. Em terceiro lugar, os departamentos com forte concentração de população indígena e rural apresentam problemas estruturais que se sustentam na falta de acesso a direitos básicos e que implicam desenvolvimentos desiguais em termos de qualidade de vida e que se identificam, com maior intensidade, na falta de acesso à energia residencial e as habitações termicamente ineficientes. Em quarto lugar, tendo em conta as regiões geográficas do país, identificam-se as principais características comuns entre os diferentes departamentos, as regiões centro e sul apresentam valores mais elevados nas dimensões socioeconômicas (acesso ao trabalho e educação), enquanto as regiões noroeste e nordeste que reúnem a maioria da população nativa, expõem os valores mais altos de falta de acesso a habitações termicamente eficientes e energia residencial. Por fim, nos departamentos em que se observam altos valores de vulnerabilidade, a principal característica está ligada à falta de acesso à energia residencial.

A partir da definição, para cada departamento, de um vetor cujos valores correspondem ao número do quintil que apresenta para cada variável, o *software* Visone foi utilizado para grafar os conjuntos de departamentos com composições semelhantes a gráficos, o que permite ordenar a proximidade de níveis dos diferentes vetores. Como resultado, surgiram cinco grandes aglomerações.

O primeiro conjunto de departamentos associa principalmente três características como prioritárias: falta de acesso à eletricidade, habitação ineficiente termicamente e altos níveis de desemprego. Essas características são sustentadas por baixos níveis educacionais e estão localizadas principalmente nas regiões noroeste e nordeste da Argentina. Uma segunda aglomeração relaciona o baixo nível educacional com habitações termicamente ineficientes e abrange principalmente departamentos das regiões de Buenos Aires, Central e Patagônia, sendo representada principalmente pela população rural desses espaços. Uma terceira aglomeração, relacionada à segunda, associa problemas ligados ao emprego e residências termicamente ineficientes, sendo centralizada, principalmente, na população urbana das margens de Buenos Aires, e secundariamente, pela região nordeste. A quarta aglomeração é a mais heterogênea, ligando principalmente problemas relacionados ao nível educacional, acesso ao gás e emprego, é composta por departamentos das regiões da Patagônia e uma minoria das regiões nordeste e noroeste, sendo representada principalmente pela população rural do centro produtivo do País. E, também, a população urbana sem acesso ao gás, no nordeste. Finalmente, uma quinta aglomeração está ligada principalmente aos

aspectos de acesso à eletricidade, gás e mão de obra. É representada principalmente pelos departamentos da Patagônia e, em menor escala, pelo nordeste do país.

Essas categorizações são úteis para a definição de políticas públicas que atuem no desenvolvimento energético do setor residencial em termos de desenvolvimento social, pois permitem a visualização de problemas específicos de diferentes populações do país, independentemente de sua localização regional. Para reverter os problemas de vulnerabilidade energética, é importante ter em mente que as políticas de eletrificação ou acesso em massa à energia devem ser integradas a outras políticas de desenvolvimento social.

### *Estudo da composição da vulnerabilidade nos domicílios: árvore de decisão*

A partir da aplicação de métodos de tratamento de *big data*, é possível revisar a relação que cada um dos domicílios vulneráveis do país mantém com o restante das variáveis elencadas no censo. Os 525.000 domicílios vulneráveis foram relacionados a outras variáveis ligadas às dimensões de saúde, acesso e capacidade de uso de tecnologias de comunicação e informação, pertencentes a um povo originário e ramos da ocupação principal do chefe do domicílio.

No caso analisado, cujos principais resultados são apresentados no [Quadro 3](#), a variável principal define se o chefe do domicílio tem ou não cobertura de saúde, o que permite dividir o total de 525.000 domicílios em dois grupos. Aqueles que não acessam um trabalho social ou pré-pago incluem 402.000 famílias. Da mesma forma, os 26% que não têm acesso ao serviço social estão localizados em domicílios com alta vulnerabilidade. A seguinte classificação, com base nos 402.000 casos, foi feita com base no acesso aos serviços básicos domiciliares e, nesse sentido, verificou-se que 326.000 casos apresentam condição de acesso insuficiente aos serviços básicos. Essa caracterização é realizada pelo INDEC por meio do indicador INCALSERV, que identifica o acesso do domicílio a fontes de água e saneamento.

Os 326.000 casos identificados anteriormente foram categorizados, por sua vez, de acordo com a presença ou não de telefone celular. Com base nessa categorização, são identificados 115.000 domicílios que não possuem telefone celular. Esse grupo é constituído por chefes de família que exercem majoritariamente atividades relacionadas à agricultura, pecuária ou em estabelecimentos comerciais, domésticos, construção civil ou em oficinas de veículos. Nesse segundo grupo de ocupações (correspondente a 3% do total), há a presença de chefes de família pertencentes a alguma etnia, 79% dos domicílios descendentes da população originária são vulneráveis. Dos 326.000 casos, 211.000 possuem celular; 200.000 não usam computador, portanto o uso da tecnologia fica restrito à comunicação, além disso, as atividades mais comuns correspondem à agricultura, pecuária, pesca, manufatura, comércio ou como empregados domésticos ou em oficinas de veículos.

Um terceiro grupo é composto por famílias com acesso a serviços básicos e cujos chefes de família não possuem previdência social e corresponde aos 76.000 casos restantes dos 402.000 do segundo grupo. Nesse grupo de 76.000 domicílios, eles têm telefone celular, mas não têm computador; eles trabalham principalmente como empregados; secundariamente como autônomos.

Por fim, um quarto grupo, formado por 123.000 domicílios que possuem seguro social; a maioria com serviços básicos insuficientes, a maioria dos chefes de família usa computador e, em minoria, exerce atividades relacionadas ao ensino e, em sua maioria, trabalha em lojas de venda ao público e na reparação de automóveis. Assim, o total de domicílios que se encontram em situação de alta vulnerabilidade foi classificado com base em quatro grupos principais, definidos a partir das características da composição dos domicílios.

**Quadro 3 - Domicílios vulneráveis segundo seus grupos**

DIMENSÕES	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
Número de domicílios	115.000	211.000	76.000	123.000
Percentual do total de domicílios	21,9%	40,2%	14,5%	23,4%
Saúde	Sem cobertura	Sem cobertura	Sem cobertura	Com cobertura
Serviços básicos	Insuficiente	Insuficiente	Básicos	Básicos
TICS	Não apresenta	Apenas celular	Apenas celular	Apenas celular
Ramo de atividade	Agricultura, pecuária, caça, pesca, fabricação ou comércio, reparação de motocicletas e automóveis	Agricultura, pecuária, manufatura, empregados domésticos ou comerciais, construção, reparação de veículos	Comércio, construção	Autônomo, empregado na construção, serviço doméstico ou produção agrícola
Superlotação	Mais de 3 pessoas por quarto	2 - 3 pessoas por quarto	2 - 3 pessoas por quarto	Mais de 3 pessoas por quarto
Autorreconhecimento	Originário	Crioulo	Crioulo	-

Fonte: De autoria própria.

Esses agrupamentos do [Quadro 3](#) expõem as configurações mais comuns da composição dos domicílios com alta vulnerabilidade. Existem características que os identificam, bem como aspectos que os diferenciam. Em três dos quatro grupos, os domicílios não têm cobertura de saúde e ocupam domicílios com acesso insuficiente aos serviços básicos. Por outro lado, a caracterização relacionada à disponibilidade e uso de telefones celulares e computadores refere-se ao grau de acesso à energia; também ao nível socioeconômico do domicílio, vinculando também o acesso às tecnologias de informação e comunicação. Por fim, as ocupações em que trabalham os chefes de família de todos os grupos correspondem aos empregos que foram incluídos como trabalho manual sem especialização, exceto no caso daqueles que trabalham na reparação de veículos, caso em que corresponde ao trabalho manual especializado.

Levando em conta os resultados observados a partir da análise de departamentos e domicílios vulneráveis, é possível estabelecer vínculos entre os grupos detectados. Embora ambas as unidades de análise sejam diferentes, observam-se configurações condizentes com o conteúdo teórico do conceito de vulnerabilidade. Por outro lado, deve-se notar que os agrupamentos de departamentos foram criados com base nos valores das variáveis incluídas no indicador, enquanto os agrupamentos de domicílios são estimados com base nas variáveis censitárias que não estão incluídas no indicador.

Como resultado, observam-se diferentes grupos no universo de domicílios vulneráveis. Em primeiro lugar, os pertencentes aos departamentos do norte do país, representados majoritariamente por agregados familiares pertencentes à população originária. Estes agregados familiares, com muito pouco acesso aos direitos básicos e em situação de pobreza estrutural, mantêm tradicionalmente uma economia familiar dependente dos recursos naturais. Desde meados da década de 1990, o avanço da fronteira agrícola aprofundou as condições de exclusão dos povos indígenas. A inação do Estado, no que diz respeito à proteção do território e da população indígena, valida e atualiza a proposta biopolítica foucaultiana de “fazer viver, deixar morrer” para o caso argentino. Assim, o Estado realizou processos de reordenamento territorial que agravaram a tensa relação entre indígenas e crioulos, vendo reduzido seu acesso aos bens naturais necessários à sua reprodução material. A conjugação entre esses aspectos e a inação do Estado implicou, por um lado, o aumento do número de mortes por desnutrição de crianças nativas e, por outro, a dependência dessa população do dinheiro, o que aprofundou os processos de precarização da mão de obra rural e o deslocamento para as margens do espaço urbano.

Em segundo lugar, existem dois grupos de agregados familiares, majoritariamente rurais que não são autóctones, por um lado, os localizados no norte do país e, por outro, os do centro e do sul. O primeiro grupo não tem acesso generalizado a gás e eletricidade e mantém empregos precários na agricultura e pecuária. Compartilha com a população nativa a falta de acesso a direitos básicos, embora se distinga dela por uma melhor posição no que diz respeito ao acesso a empregos, o que favorece sua

economia familiar. Da mesma forma, esse grupo integra os estruturalmente pobres das áreas urbanas do norte do país. Por outro lado, integra também a população rural do centro e sul do país, que é majoritariamente constituída por agregados familiares pertencentes ao segundo e terceiro grupos, apresenta melhores valores de acesso a direitos básicos, como trabalho e serviços básicos, mantendo algumas características de privação com os demais grupos, como falta de acesso à educação e falta de cobertura médica.

Pode-se definir um grupo formado por domicílios localizados no espaço urbano periférico e rural-urbano que se concentra principalmente na região Central e em Buenos Aires. Em geral, esse grupo tem baixo nível educacional, bom acesso a serviços básicos, tecnologias de comunicação, tem algum tipo de cobertura médica e normalmente tem acesso a empregos autônomos na construção civil, trabalho doméstico ou produção agrícola.

## Discussão

Na Argentina, há precedentes relacionados a trabalhos sobre pobreza com dados censitários (ÁLVAREZ *et al.*, [2007](#); BECCARIA; GROISMAN, [2008](#)), entre os quais alguns trabalham diretamente sobre a situação de vulnerabilidade em um quadro socioeconômico. Os resultados observados a partir da definição do índice de privação material por Álvarez *et al.* ([2007](#)), embora tenham sido obtidos a partir de dados do censo de 2001, mostram coincidências no que diz respeito à distribuição espacial dos domicílios materialmente carentes e sua composição sociodemográfica, espacial e socialmente diferenciada. Por outro lado, a distribuição e caracterização da situação de informalidade laboral observada em Beccaria; Groisman ([2008](#)), segundo dados da Pesquisa Permanente de Domicílios, é compatível com a aqui observada para os departamentos com população urbana ou predominantemente urbana.

Essa contribuição complementar expõe alguns dos resultados de Golovanevsky ([2007](#)), onde se define um índice de vulnerabilidade social urbana para a Argentina com base nos dados da Pesquisa de Condições de Vida de 2001, embora os valores observados nessa publicação sejam maiores (algo esperado) dado o contexto da coleta de dados), a composição sociodemográfica dos domicílios com alta vulnerabilidade é semelhante à explicada nos resultados desse estudo, que inclui domicílios com alta informalidade laboral, superlotação e serviços básicos insuficientes.

Embora haja uma importante produção bibliográfica que trabalhe com a questão energética argentina e sua política econômica (KOZULJ, [2005](#); RECALDE, [2011](#)), não são tantos os trabalhos que elaboram a proposta sobre a política energética para o setor residencial a partir de uma perspectiva vinculada aos estudos de desenvolvimento social e desigualdade. Nos últimos anos, intimamente ligado ao estudo dos efeitos das políticas energéticas para o setor residencial impostas no governo do presidente



Macri, é possível contar com contribuições que discutem a questão da pobreza energética em termos dos custos associados ao acesso (DURÁN; CONDORÍ, 2019), a questão tarifária (CHÉVEZ *et al.*, 2019), políticas para o tratamento de novos setores vulneráveis, gênero (CARUANA; MÉNDEZ, 2019), ruralidade (MARTÍN *et al.*, 2020), entre outros.

Em particular, a abordagem utilizada nas contribuições de Chévez e San Juan, que analisam o comportamento de consumo de energia de famílias vulneráveis no cenário urbano argentino, é um antecedente direto dessa proposta. Em diferentes trabalhos, Chévez e San Juan apresentam a questão energética residencial em termos de composição da vulnerabilidade econômica e social. Assim, os resultados indicados neste trabalho são consistentes, em termos da definição da situação de vulnerabilidade nas suas diferentes dimensões e contribuem para os apresentados por estes autores nos seus estudos sobre a definição de subsídios dedicados aos agregados familiares energeticamente vulneráveis e a sua eficácia, o custo de acesso a fontes de energia residenciais (CHÉVEZ, MARTINI; DISCOLI, 2018) e o planejamento energético da matriz renovável para sua aplicação residencial (CHÉVEZ, 2016).

Esta publicação contribui indiretamente para o estudo da pobreza energética para a Argentina, em particular, os resultados expostos são correlativos aos observados na caracterização da população rural que é objeto das ações do Programa de Energias Renováveis para Mercados Rurais na Argentina na publicação de Guzowski; Maidana (2020). Foram publicados estudos que analisam os atos de resistência e a produção de áreas vulneráveis em relação aos aumentos de alíquota desde 2016 (SLIMOVICH, 2017; WYCZYKIER, 2018). Essas contribuições, que revisam a dimensão política, discursiva e ideológica dos domicílios urbanos em situação de vulnerabilidade energética e social em relação à adequação tarifária, ampliam os resultados apresentados neste trabalho, por isso espera-se que esta publicação contribua também para os estudos dos problemas relacionados para a população afetada pelas mudanças de taxa.

Os resultados complementam outros observados em estudos de pobreza, privação e pobreza energética com dados censitários (DURÁN; CONDORÍ, 2016). Observam-se semelhanças com as publicações que tratam geograficamente e territorialmente a pobreza estrutural argentina (BECCARIA; GROISMAN, 2008; BOLSI *et al.*, 2005; INDEC, 2003), permitindo que as propostas sejam ampliadas e apresentadas com maior precisão a partir da aplicação de metodologias de análise de *big data*. O trabalho contribui para os novos estudos da pobreza a partir da aplicação de métodos e técnicas de análise de *big data* e agrupamento (HASSANI *et al.*, 2019; NJUGUNA; MCSHARRY, 2017), dentre os quais se destacam experiências de análise de pobreza energética e também a definição de indicadores de pobreza e vulnerabilidade.



## Conclusões

Um índice sintético de vulnerabilidade socioeconômica e energética para o setor residencial argentino foi definido e estudado em sua composição a partir de uma base de microdados fundamentada no questionário ampliado do censo nacional de 2010. Os domicílios vulneráveis representam 11,78% do total de domicílios do país, agrupando, por sua vez, 40% dos domicílios rurais dispersos, 16% dos domicílios rurais agrupados e 9% dos domicílios urbanos. Sua ampla extensão rural expõe as fortes diferenças entre esse espaço e o urbano, no que diz respeito à falta de acesso a fontes de energia residenciais e ao baixo acesso à educação formal e ao trabalho de qualidade.

Contar com uma base de microdados específica para a abordagem deste trabalho permitiu realizar diferentes análises que dão conta das dimensões da vulnerabilidade socioenergética das famílias argentinas. Assim, permite, entre outras coisas, uma descrição geral da eficiência térmica das habitações argentinas com base em seus materiais de construção. A partir daí, pode-se observar que, em geral, as zonas centrais e sul apresentam uma menor distribuição de moradias termicamente ineficientes, com algumas exceções como o Departamento de Ñorquincó no Rio Negro. Por outro lado, a nível regional e entre áreas urbanas e rurais, são evidentes profundas desigualdades no que diz respeito ao acesso a direitos básicos, como educação, trabalho e acesso à energia residencial. Em geral, a zona rural do norte do país, especialmente a população rural dispersa do noroeste, apresenta a pior situação, com até 75% da população com mais de 14 anos com o nível mais elevado do ensino primário completo e, ao mesmo tempo, taxas de atividade superiores a 50% para a população entre 14 e 18 anos. Da mesma forma, a falta de acesso à energia residencial no norte, principalmente no nordeste, é algo que vem se sustentando historicamente, uma vez que essa região não tem acesso a gás de rede e a rede elétrica interligada não cobre o espaço rural disperso.

A análise da situação de vulnerabilidade foi abordada através de uma dupla abordagem, por um lado, para os departamentos, em termos das dimensões que constituem o índice de vulnerabilidade e, por outro, ao nível do agregado familiar, em relação aos valores das variáveis avaliadas no censo. Os métodos utilizados permitiram agrupar departamentos e domicílios com características de vulnerabilidade semelhantes em termos de intensidade que suas dimensões adquirem. Essa dupla análise permitiu descrever cinco grupos de departamentos que compartilham configurações semelhantes, no que diz respeito às dimensões do índice, quatro grupos de domicílios que mantêm características semelhantes em relação ao restante das variáveis avaliadas no censo. Em geral, a partir de ambas as análises se observa, em primeiro lugar, a proeminência do espaço rural, integrando a maioria dos domicílios vulneráveis. Em segundo lugar, a importância do problema para a população indígena do norte da Argentina, que é a mais afetada e cuja situação se agrava continuamente devido à

inação do Estado e ao avanço da fronteira agrícola argentina. Terceiro, a caracterização de dois grupos de domicílios majoritariamente pertencentes à área rural e os cordões de pobreza estrutural do noroeste urbano, sem população nativa. O primeiro desses grupos está concentrado na região noroeste, compartilha os mesmos níveis de falta de acesso a direitos básicos que a população nativa, mas tem melhores perspectivas de emprego. O segundo grupo compreende, principalmente, os agregados familiares rurais das zonas centro e sul do país, apresenta melhores níveis de acesso aos direitos básicos do que o primeiro, embora com a mesma qualidade em termos de nível de escolaridade mais elevado e tipos de ocupações. Em quarto e último lugar estão os domicílios localizados nas áreas urbanas e rurais periféricas de Buenos Aires, que têm os melhores níveis de acesso a direitos básicos, têm algum tipo de cobertura médica e normalmente têm acesso a ocupações como autocuidado.

A caracterização dos diferentes grupos de famílias vulneráveis coincide com aqueles estudados no contexto da pobreza estrutural e da falta de acesso aos direitos básicos. A formação de grupos dentro desses domicílios vulneráveis permite uma melhor definição de políticas focais para o desenvolvimento energético residencial em uma chave social. Os resultados sugerem a necessidade de aprimorar as ações dos programas de eletrificação rural baseados em energias renováveis, dotando-os de uma perspectiva socialmente inclusiva, que inclua a população rural originária e integre o acesso a outros direitos básicos, como educação e saúde de qualidade. Por outro lado, tendo em conta o setor rural nas zonas centro e sul do país, é necessário ativar políticas de reabilitação de habitações com problemas de eficiência térmica e de inclusão da energia solar térmica. Por fim, levando em conta os domicílios urbanos e rurais periféricos de Buenos Aires, seria oportuno, em primeiro lugar, aprofundar a ação de programas de conexão e registro de conexões em bairros recém-formados, uma vez que, conforme explicado, a área urbana periférica de Buenos Aires é um dos destinos mais frequentes da população rural do interior do país que é expulsa. Em segundo lugar, a aplicação de alternativas de melhoramento térmico das habitações e produção de energia residencial com base em energias renováveis, o que reduziria o custo de acesso à energia, desafogando a economia familiar e favorecendo a produção descentralizada de eletricidade. Terceiro, a definição de ações voltadas para o habitat e o território que busquem integrar as estratégias mencionadas com melhorias na formação educacional e na qualidade do trabalho.

Por fim, essa contribuição faz parte de um conjunto de trabalhos que propõe a definição de políticas de desenvolvimento energético com sentido inclusivo, evitando sua definição com base nos critérios restritivos do mercado de energia e considerando a ampliação do acesso aos direitos e autonomia dos usuários. Nesse sentido, espera-se que no futuro desta pesquisa sejam gerados resultados que permitam o desenvolvimento de políticas energéticas residenciais descentralizadas, na chave das cidades inteligentes, para proporcionar maior autonomia aos usuários-geradores.

## Referências

- ABELES, M. *et al.* El proceso de privatizaciones en la Argentina de los noventa. ¿Reforma estructural o consolidación hegemónica? Época. **Revista argentina de economía política**, v. 1, n. 1, p. 89-115, 1999.
- ALLCOTT, H.; MULLAINATHAN, S.; TAUBINSKY, D. Energy policy with externalities and internalities. **Journal of Public Economics**, v. 112, p. 72-88, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2014.01.004>.
- ÁLVAREZ, G.; GÓMEZ, A.; OLMOS, M. F. Pobreza y comportamiento demográfico en Argentina: La heterogeneidad de la privación y sus manifestaciones. **Papeles de población**, v. 13, n. 51, p. 77-110, 2007.
- BASUALDO, E.; AZPIAZU, D.; ABELES, M.; ARZA, C.; FORCINITO, K.; PESCE, J.; SCHORR, M. **El proceso de privatización en la Argentina**: La renegociación con las empresas privatizadas-revisión contractual y supresión de privilegios y de rentas extraordinarias. Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), Sede Argentina. Área de Economía y Tecnología, 2002.
- BECCARIA, L.; GROISMAN, F. Informalidad y pobreza en Argentina. **Investigación económica**, v. 67, n. 266, p. 135-169, 2008.
- BERTHOLD, M. R.; CEBRON, N.; DILL, F.; GABRIEL, T. R.; KÖTTER, T.; MEINL, T.; WISWEDDEL, B. KNIME-the Konstanz information miner: Version 2.0 and beyond. **AcM SIGKDD explorations Newsletter**, v. 11, n. 1, p. 26-31, 2009.
- BOLSI, A.; PAOLASSO, P.; LONGHI, F. El Norte Grande Argentino entre el progreso y la pobreza. **Población & sociedad**, v. 12, n. 1, p. 231-270, 2005.
- BOUZAROVSKI, S.; PETROVA, S. A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty-fuel poverty binary. **Energy Research & Social Science**, v. 10, p. 31-40, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2015.06.007>.
- BOUZAROVSKI, S.; PETROVA, S.; SARLAMANO, R. Energy poverty policies in the EU: A critical perspective. **Energy Policy**, v. 49, p. 76-82, 2012.
- BOUZAROVSKI, S.; PETROVA, S.; TIRADO-HERRERO, S. **From fuel poverty to energy vulnerability**: the importance of services, needs and practices, 2014.
- BOUZAROVSKI, S.; TIRADO HERRERO, S.; PETROVA, S.; FRANKOWSKI, J.; MATOUŠEK, R.; MALTBY, T. Multiple transformations: Theorizing energy vulnerability as a socio-spatial phenomenon. *Geografiska Annaler: Series B*, **Human Geography**, v. 99, n. 1, p. 20-41, 2017.
- BRADBROOK, A. J.; GARDAM, J. G. Placing Access to Energy Services within a Human Rights Framework. **Human Rights Quarterly**, v. 28, n. 2, p. 389-415, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1353/hrq.2006.0015>.
- BRADSHAW, J. **Energy and Social Policy** (Routledge Revivals). Routledge, 2014.
- BROOKS, N. Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. **Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper**, v. 38, n. 38, p. 1-16, 2003.
- CARRIZO, S.; CARRE, M. N. Vulnerabilidad energética en la metrópoli de Buenos Aires. **Territorios**, v. 30, p. 127-146, 2014.
- CARUANA, M. E. C.; MÉNDEZ, F. M. La pobreza energética desde una perspectiva de género en hogares urbanos de Argentina. **SaberEs**, v. 11, n. 2, 2019.

- CASTAÑO-ROSA, R. **Identificación de hogares vulnerables a partir del concepto pobreza energética**: Indicador y modelo de evaluación, 2018.
- CASTEL, R. De la exclusión como estado a la vulnerabilidad como proceso. **Archipiélago**, v. 21, p. 27-36, 1995.
- CHAN, J.; TO, H.-P.; CHAN, E. Reconsidering Social Cohesion: Developing a Definition and Analytical Framework for Empirical Research. **Social Indicators Research**, v. 75, n. 2, p. 273-302, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11205-005-2118-1>.
- CHÉVEZ, P. J. **Análisis de medidas de eficiencia energética y energías renovables en el sector residencial**. 2016. Tese (Doutorado). Universidad Nacional de Salta, 2016.
- CHÉVEZ, P. J.; MARTINI, I.; DISCOLI, C. Análisis territorial y temporal del consumo eléctrico en el sector residencial de Argentina (1995-2014). **Cuadernos geográficos de la Universidad de Granada**, v. 57, n. 2, p. 162-188, 2018.
- CHÉVEZ, P.; SAN JUAN, G.; MARTINI, I. Alcances y limitaciones de la ‘tarifa social’ eléctrica en urbanizaciones informales (La Plata, Buenos Aires). Estudios Socioterritoriales. **Revista de Geografía**, v. 26, p. e034-e034, 2019.
- CHUN, M. **Decisión de desinversión del activo de distribución de electricidad, Edesur, por parte de la empresa petrolera Petrobras Argentina, en el año 2013**. 2017. Tese (Doutorado). Universidad Argentina de la Empresa, 2017.
- COTTRELL, F. **Energy & society**: The relation between energy, social change, and economic development, 2009.
- CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in human geography**, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996.
- DAY, R.; WALKER, G. Household energy vulnerability as “assemblage”. *In*: BICKERSTAFF, K; WALKER, G; BULKELEY, H. **Energy justice in a changing climate: social equity and low-carbon energy**, London: Zed Books, 2013.
- DURÁN, R.; CONDORÍ, M. Índice multidimensional de pobreza energético para argentina su definición, evaluación y resultados al nivel de departamentos para el año 2010. **Avances en energías renovables y medio ambiente**, v. 4, 2016.
- DURÁN, R.; CONDORÍ, M. Evolución de la pobreza energética en Argentina durante el período 2002-2018. Oportunidades para las energías renovables. **Extensionismo, Innovación y Transferencia Tecnológica**, v. 5, p. 430-437, 2019.
- FERNÁNDEZ, R. B. **Dólar, inflación, déficit y la economía política Argentina**. 2017 (Serie Documentos de Trabajo).
- GASTIARENA, M.; FAZZINI, A.; PRIETO, R.; GIL, S. **Uso de la energía en el sector residencial**. Buenos Aires, 2017.
- GOLOVANEVSKY, L. Vulnerabilidad social: Una propuesta para su medición en Argentina. **Revista de economía y estadística**, v. 45, n. 2, p. 53-94, 2007.
- GÓMEZ SÁNCHEZ, A. **Inversión y desinversión directa española en el exterior**. Evolución en el sector de las industrias extractivas en América Latina, 2017.
- GONZÁLEZ-EGUINO, M. Energy poverty: an overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 47, p. 377-385, 2015.

- HASSANI, H.; YEGANEHI, M. R.; BENEKI, C.; UNGER, S.; MORADGHAFARI, M. Big Data and Energy Poverty Alleviation. **Big Data and Cognitive Computing**, v. 3, n. 4, p. 50, 2019.
- HUTCHESON, G. D.; SOFRONIOU, N. **The multivariate social scientist**: Introductory statistics using generalized linear models, 1999.
- INDEC. El estudio de la pobreza con datos censales: Índice De Privación Material De Los Hogares (IPMH) Algunos resultados desde la perspectiva de género1. *In: Reunión técnica sobre incorporación de la perspectiva de género en la medición de la pobreza*. La Paz, Bolivia, 23-25 set. 2003.
- INDEC. Mercado de trabajo. Tasas e indicadores socioeconómicos (EPH). Cuarto trimestre de 2019. **Informes técnicos Numero**, v. 53, n. 4, p. 28, 2020.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS (INDEC). **Incidencia de la pobreza y la indigencia en 31 aglomerados urbanos**. Segundo semestre de 2019, p. 17, 2020.
- JENKS, G. F. **The data model concept in statistical mapping**. **International yearbook of cartography**, v. 7, p. 186-190, 1967.
- KEMMLER, A.; SPRENG, D. Energy indicators for tracking sustainability in developing countries. **Energy Policy**, v. 35, n. 4, p. 2466-2480, 2007.
- KOZULJ, R. **La crisis energética de la Argentina**: Orígenes y perspectivas. Fundación Bariloche IDEE paper, 7, 2005.
- KOZULJ, R. **El sector energético argentino**: un análisis integrado de sus problemas, impactos y desafíos macroeconómicos, 2015.
- LANGLOIS, A.; KITCHEN, P. Identifying and measuring dimensions of urban deprivation in Montreal: An analysis of the 1996 census data. **Urban Studies**, v. 38, n. 1, p. 119-139, 2001.
- MARTÍN, M. M. I.; GUZOWSKI, C.; MAIDANA, F. Pobreza energética y exclusión en Argentina: Mercados rurales dispersos y el programa PERMER. **Revista Reflexiones**, v. 99, n. 1, 2020.
- MCDONALD, R. P. The theoretical foundations of principal factor analysis, canonical factor analysis, and alpha factor analysis. **British Journal of Mathematical and Statistical Psychology**, v. 23, n. 1, p. 1-21, 1970.
- MENÉDEZ, A. Una breve introducción a la teoría de grafos. **Suma**, v. 28, p. 11-26, 1998.
- MOLINA RUIZ, S. **La pobreza energética y los derechos fundamentales**, 2017.
- MYLES, A. J.; FEUDALE, R. N.; LIU, Y.; WOODY, N. A.; BROWN, S. D. An introduction to decision tree modeling. **Journal of Chemometrics: A Journal of the Chemometrics Society**, v. 18, n. 6, p. 275-285, 2004.
- NEFFA, J. C. Pasado, presente y futuro de la relación salarial en Argentina. **El Futuro del Trabajo**, v. 10, n. 15, p. 37, 2018.
- NJUGUNA, C.; MCSHARRY, P. Constructing spatiotemporal poverty indices from big data. **Journal of Business Research**, v. 70, p. 318-327, 2017.
- OMER, A. M. Energy, environment and sustainable development. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 12, n. 9, p. 2265-2300, 2008.
- ORMANDY, D.; EZRATTY, V. Health and thermal comfort: From WHO guidance to housing strategies. **Energy Policy**, v. 49, p. 116-121, 2012.

- OXOBY, R. Understanding social inclusion, social cohesion, and social capital. *International Journal of Social Economics*, v. 36, n. 12, p. 1133-1152, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1108/03068290910996963>.
- PAOLASSO, P.; MALIZIA, M.; LONGHI, F. Vulnerabilidad y segregación socioespacial en el gran san miguel de tucumán (Argentina). *Vulnerabilidad en grandes ciudades de América Latina*, v. 50, 2011.
- PERONA, N.; ROCCHI, G.; OTHERS. Vulnerabilidad y exclusión social. Una propuesta metodológica para el estudio de las condiciones de vida de los hogares. *Kairos*, v. 8, n. 8, 2001. Recuperado de: <http://www.revistakairos.org/sitio-old/k08-08.htm>.
- PETROVA, S.; GENTILE, M.; MÁKINEN, I. H.; BOUZAROVSKI, S. Perceptions of thermal comfort and housing quality: Exploring the microgeographies of energy poverty in Stakhanov, Ukraine. *Environment and Planning A*, v. 45, n. 5, p. 1240-1257, 2013.
- PRIETO, M. B. Vulnerabilidad sociodemográfica en el aglomerado urbano de Bahía Blanca-Argentina. *Anais*, v. 1, p. 20, 2016.
- RECALDE, M. Energy policy and energy market performance: The Argentinean case. *Energy Policy*, v. 39, n. 6, p. 3860-3868, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.04.022>.
- RECALDE, M. Y. Determinantes de la inversión en exploración de hidrocarburos: Un análisis del caso argentino. *Cuadernos de economía*, v. 34, n. 94, p. 40-53, 2011.
- SALZBERG, S. L. C4.5: Programs for machine learning by J. Ross Quinlan. Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1993. Kluwer Academic Publishers, *Mach Learn*, v. 16, p. 235-240, 1994.
- SHAFER, J.; AGRAWAL, R.; MEHTA, M. SPRINT: A scalable parallel classifier for data mining. *Vldb*, v. 96, p. 544-555, 1996. Citeseer.
- SLIMOVICH, A. **Los enunciadores políticos de la protesta por el aumento de tarifas en Argentina**. Un análisis hipermediático de un movimiento social contemporáneo, 2017.
- TESSMER, G. A.; JARA MUSURUANA, L. A.; ALMEIDA GENTILE, P. H. ' Llegó la factura de la luz!, 2017.
- THOMSON, H.; BOUZAROVSKI, S.; SNELL, C. Rethinking the measurement of energy poverty in Europe: A critical analysis of indicators and data. *Indoor and Built Environment*, v. 26, n. 7, p. 879-901, 2017.
- TISSORNIA, C. Inflación y pacto social. *Cultura Económica*, v. 25, n. 70, p. 66-68, 2019.
- VELO GARCÍA, E. **Desafíos del sector de la energía como impulsor del desarrollo humano**, 2006. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/2014>.
- WYCZYKIER, G. Las disputas por el gas: Tarifazo, acción colectiva y servicio público en la Argentina reciente. *Realidad económica*, v. 47, n. 319, p. 75-107, 2018.



## **SEÇÃO: TECNOLOGIAS E PERSPECTIVAS PARA O FUTURO**

---



## CAPÍTULO 11

# DESCARBONIZAÇÃO COM JUSTIÇA? CONCEITOS E ABORDAGENS

Christian Brannstrom<sup>1, 2</sup>

### Resumo

Cientistas sociais interessados em descarbonização da matriz energética estão adotando, cada vez mais, estruturas analíticas e abordagens científicas fundamentadas no conceito de justiça. A justiça distributiva enfatiza a distribuição de custos e benefícios, enquanto a justiça processual visa a inclusão das pessoas afetadas na tomada de decisão, e a justiça de reconhecimento enfoca setores e grupos invisibilizados da sociedade. Este capítulo apresenta três caminhos de aplicação dessas dimensões de justiça na pesquisa sobre parques eólicos: (i) identificação de injustiças ao longo da cadeia produtiva de produtos de descarbonização; (ii) medição de percepções de justiça em estudos empíricos de comunidades anfitriãs (*host communities*); e (iii) aplicação de desenhos experimentais para medir aspectos de justiça de infraestruturas hipotéticas de descarbonização.

**Palavras-Chaves:** Descarbonização. Energia renovável. Justiça participativa. Justiça distributiva.

### Introdução

As soluções de descarbonização necessárias para evitar uma meta de aquecimento global de +2 Graus Celsius exigem investimentos significativos em tecnologia de engenharia e capital humano (GEELS *et al.*, 2017). A descarbonização com justiça social é um grande desafio no século XXI (MCCAULEY *et al.*, 2019; SOVACOOOL *et al.*, 2017; SOVACOOOL *et al.*, 2016; SOVACOOOL, 2021; CARLEY; KONISKY, 2020). Afinal, como migraremos para sistemas de geração de energia de baixo ou zero carbono, melhorando, concomitantemente, os indicadores sociais, de modo que a descarbonização seja sinérgica com medidas aprimoradas de justiça social? Atualmente, existe um hiato de compreensão em relação à interseção entre a descarbonização e a

1 Texas A&M University (TAMU), College Station, Estados Unidos. [cbrannst@geos.tamu.edu](mailto:cbrannst@geos.tamu.edu)

2 Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil.

justiça social, situação que persiste em todas as áreas do conhecimento. Este capítulo pretende apresentar três definições recentes da ciência que mostram entendimentos altamente variáveis em relação às preocupações sobre justiça nos processos de descarbonização da matriz energética global.

No final de 2019, Veers *et al.* (2019) descreveram três “grandes desafios” na ciência da energia eólica, confrontando os objetivos de aumentar a contribuição da energia eólica para o fornecimento global de eletricidade. Eles identificaram três problemas principais: compreensão incompleta da física do fluxo na altura dos cubos das turbinas eólicas; suposições questionáveis sobre a aerodinâmica que afeta as pás das turbinas eólicas sobre o mar e a terra; e a necessidade de avançar na integração da energia eólica intermitente nas redes elétricas. No entanto, Veers *et al.* (2019) ignoraram qualquer menção às dimensões sociais dos parques eólicos, como se não houvesse um “grande desafio” social envolvendo a energia eólica. Indicativo dessa lacuna é uma ilustração mostrando turbinas eólicas em uma paisagem desprovida de pessoas. Como Firestone (2019, p. 1206) observou, em sua resposta ao “grande desafio” de Veers, “é improvável que a implementação de energia eólica em larga escala seja bem-sucedida sem as ciências sociais”. Ele continuou argumentando que “sem uma compreensão completa do contexto humano, a sociedade pode ficar aquém de realizar todo o potencial da energia eólica”.

Um segundo exemplo é um artigo visionário que descreve um sistema de emissões líquidas zero (*net zero*) como alcançável por meio de engenharia (DAVIS *et al.*, 2018). O artigo mostra a geração de energia renovável, instalações de baterias para armazenamento e muitas outras importantes inovações de engenharia, como os sistemas de energia para gás e energia para hidrogênio que utilizariam energia renovável, solar e eólica, para produzir combustíveis “verdes” que substituiriam os combustíveis fósseis. Aqui, novamente, vemos um plano ambicioso para o tipo de sistema de energia que nos ajudaria a reduzir o aquecimento global, mas não temos noção de quem se beneficiaria e quem arcaria com os ônus do sistema de energia de emissão zero. Uma interpretação de seu argumento sugeriria que grandes empresas que, atualmente, investem fortemente em combustíveis fósseis, controlariam a tecnologia e a infraestrutura de emissões zero do futuro. Nenhuma menção é feita à acessibilidade de energia de baixo carbono entre os bilhões de pessoas que dependem de resíduos animais, resto de colheita, madeira ou carvão para necessidades energéticas.

Uma terceira intervenção, de Sovacool *et al.* (2020), descreve desafios de sustentabilidade, como meios de subsistência dos trabalhadores, rastreabilidade e governança para o lítio e outros metais necessários para a transição para sistemas de energia de baixo carbono. No entanto, nenhuma menção é feita ao fato de que uma transição energética “sustentável” dependeria da extração de recursos não renováveis. Paralelamente, estudiosos do lítio na América do Sul (BARANDIARÁN, 2019; FORNILLO, 2019; DORN; RUIZ PEYRÉ, 2020) ofereceram críticas à extração de

lítio que incluem perspectivas de justiça climática, questionando as fontes e condições de fornecimento de lítio que ajudariam a fornecer a energia elétrica para abastecer os veículos elétricos das elites globais (MORALES BALCAZAR, 2021), além de oferecer o armazenamento de energia necessária para o sistema de energia *net zero* (DAVIS *et al.*, 2018)

Essas três intervenções devem nos levar a considerar o que entendemos por justiça social em relação à descarbonização, ou seja, que tipo de justiça para que tipo de descarbonização? As dimensões da justiça serão sempre consideradas após o fato, e não antes de desenvolver as soluções tecnológicas? Deve-se ter atenção ao fato de que qualquer recurso energético provoca indagações tecnológicas, ambientais, sociais, econômicas e políticas (além dos elementos técnicos). Na Geografia, priorizamos o controle do espaço onde o recurso energético é utilizado, entendendo o território no sistema energético (BRIDGE *et al.*, 2013). Existem várias propostas técnicas para criar sistemas energéticos descarbonizados, porém nenhuma reflete sobre como descarbonizar sem causar novos problemas, mais pobreza, mais desigualdade e mais concentração de poder. Como argumenta Sovacool (2021, p.13), a descarbonização está repleta de “lutas de poder e processos de exacerbação da vulnerabilidade” e pode “consistentemente excluir outros, concentrar ativos e prejudicar comunidades”.

## **Princípios fundamentais: dimensões territoriais da energia renovável**

Faz-se necessário descrever as questões críticas dos princípios fundamentais para geração de energia renovável em escala global, como forma de entender as dimensões de justiça da descarbonização. Para geração intermitente de energia eólica ou solar, precisamos avaliar não apenas as grandes demandas de terra para parques solares e eólicos, mas também a necessidade de infraestrutura associada, como linhas de transmissão, construção de subestações e, no futuro, armazenamento de energia em baterias ou usinas eletrolisadoras. Alguns autores sugeriram uma possível “corrida global da terra” resultante dessas grandes demandas territoriais (SCHEIDEL; SORMAN, 2012; CAPELLÁN-PÉREZ, 2017) e uma correção socioecológica (*socio-ecological fix*) correspondente às crises de acumulação do capitalismo (MCCARTHY, 2015; HUBER; MCCARTHY, 2017). Densidades de energia relativamente baixas, aproximadamente, 0,9 Watts por metro quadrado para vento e cerca de 5,7 Watts por metro quadrado para energia solar fotovoltaica (MILLER; KEITH, 2019), caracterizam essas fontes de energia devido a sua natureza intermitente e às condições específicas do fluxo de vento em parques eólicos terrestres.

Para minerais, o fator de princípios fundamentais envolve a natureza fixa dos minerais, propriedades geoquímicas que requerem transformações *in situ*, que podem gerar subprodutos tóxicos, e o relativamente pouco valor agregado local. Além disso, as condições de extração podem incentivar abusos trabalhistas na forma de condições de

trabalho degradantes e perigosas. Assim como na mineração tradicional e na extração de petróleo e gás da “floresta subterrânea” (SIEFERLE, 2001), a mineração com foco na descarbonização mostra todas as possibilidades de criar setores de enclave que raramente distribuem benefícios além de uma elite restrita e que, frequentemente, geram uma maldição de recursos (*resource curse*).

## Justiça e sistema energético

No sentido mais amplo, a aplicação de princípios de justiça e categorias analíticas aos sistemas energéticos visa identificar injustiças no tempo e no espaço e propor meios para reduzir ou eliminar as injustiças. O que é um sistema energético? O [Quadro 1](#) indica os contornos de uma abordagem sistemática para descrever sistemas de energia solar e eólica que usa disponibilidade, acessibilidade, resiliência, sustentabilidade e segurança como variáveis-chave.

**Quadro 1 - Perfil de risco do sistema de energia para geração de energia solar ou eólica**

Combustível ou Fonte de Energia	Disponibilidade	Acessibilidade econômica	Resiliência	Sustentabilidade	Segurança
Solar ou Eólico (a favor)	Recurso doméstico	Tecnologia comercialmente viável	Diferentes tecnologias atendem a diferentes necessidades Possibilidade de escalonamento Descentralizado	Baixo carbono Altos empregos por KW/h	A geração descentralizada melhora a segurança do sistema e minimiza o impacto dos aumentos de combustíveis fósseis
Solar ou Eólico (contra)	Fornecimento intermitente e imprevisível	Custos ocultos de energia intermitente	Mudanças ambientais ou climáticas podem alterar o recurso eólico	Requer integração com outros sistemas	A fabricação depende de minerais de terras raras

Fonte: Stern *et al.* (2017).

Aplicado aos sistemas de energia, uma abordagem de justiça ([Quadro 2](#)) proposto por Sovacool *et al.* (2017, p. 677) define justiça energética como “um sistema energético global que dissemina de forma justa os benefícios e os custos dos serviços de energia, e que tem uma tomada de decisão de energia representativa e imparcial”.

## Quadro 2 - Princípios de Justiça Energética

Princípios	Descrição
Disponibilidade	As pessoas merecem recursos energéticos suficientes de alta qualidade
Acessibilidade econômica	As pessoas não devem pagar mais de 10% de sua renda líquida por serviços de energia
Processo justo ( <i>due process</i> )	Os países devem respeitar o devido processo legal ( <i>due process</i> ) e os direitos humanos em sua produção e uso de energia
Transparência e <i>accountability</i>	Todas as pessoas devem ter acesso a informações de alta qualidade sobre energia e meio ambiente e formas justas, transparentes e responsáveis de tomada de decisões sobre energia
Sustentabilidade	Os recursos energéticos devem ser esgotados levando em consideração a economia, o desenvolvimento da comunidade e a precaução
Equidade intrageracional	Todas as pessoas têm direito a um acesso justo aos serviços de energia
Equidade intergeracional	As gerações futuras têm o direito de desfrutar de uma boa vida sem serem perturbadas pelos danos que nossos sistemas de energia infligem ao mundo hoje
Responsabilidade	Todos os atores têm a responsabilidade de proteger o ambiente natural e minimizar as ameaças ambientais relacionadas à energia
Resistência	As injustiças energéticas devem ser interrompidas ativa e deliberadamente
Interseccionalidade	Expandir a ideia de justiça de reconhecimento para atingir identidades novas e em evolução nas sociedades modernas e reconhecer como a realização da justiça energética está ligada a outras formas de justiça

Fonte: Sovacool *et al.* (2017, p. 687)

Mais recentemente, Van de Graaf e Sovacool (2020) sugeriram três instâncias específicas sobre justiça energética: (i) as inter-relações de energia e pobreza; (ii) as ligações entre energia, democracia e direitos humanos; e (iii) as dimensões éticas da descarbonização ou da “transição justa” dos combustíveis fósseis. As inter-relações entre energia e pobreza são entendidas como a extrema diferença no consumo de energia, qualidade e acesso entre populações com acesso precário ou sem acesso à eletricidade (~1 bilhão de pessoas) ou combustíveis líquidos/gasosos para cozinhar (~3 bilhões) e populações que residem em locais relativamente ricos onde as pessoas têm acesso a eletricidade, gasolina, gás natural e outras formas de energia.

Essas diferenças extremas no acesso à energia foram descritas décadas atrás por Earl Cook (1976, p. 257-8), um pioneiro na Geografia da Energia, porém sem mencionar a estrutura de justiça. As tecnologias de descarbonização, como energias

renováveis autônomas ou *off-grid*, representam uma “revolução energética silenciosa” em andamento no Sul Global (VAN DE GRAAF; SOVACOOOL, 2020, p. 123), permitindo que as famílias substituam madeira, carvão ou esterco por sistemas de energia solar que não estão conectados à rede. Um conceito relacionado é a pobreza energética, que descreve a situação das famílias que devem gastar mais de 10% de sua renda familiar em energia necessária para suas necessidades básicas, como preparação de alimentos e aquecimento. Esse fenômeno afeta as famílias do Norte e do Sul Global e é mencionado no Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 da Agenda, 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), que visa “garantir o acesso à energia acessível, confiável, sustentável e moderna para todos”.

Van de Graaf e Sovacool (2020) também consideram a justiça energética em termos de inter-relações entre energia, democracia e direitos humanos. Há muito se sabe que os sistemas de energia podem ser contraditórios aos sistemas democráticos por meio da corrupção. Esquemas de corrupção de bilhões de dólares relacionados ao petróleo que corroem os sistemas democráticos são revelados regularmente; todavia, menos conhecido, é o grau em que as energias renováveis podem estar implicadas na corrupção e na erosão da democracia, uma vez que a energia eólica e solar não estão imunes a práticas corruptas. A tomada de decisão autoritária é outra maneira pela qual as práticas antidemocráticas se infiltram nos sistemas de energia. O licenciamento fraudulento e a captura da agência estatal por empresas poderosas e grupos de *lobby* são dois meios para minar a democracia e perpetuar as injustiças. Uma segunda área é o abuso dos direitos humanos nos sistemas de energia, observado há décadas, com empresas de petróleo e gás usando operações paramilitares para proteger os seus empreendimentos. Os abusos dos direitos humanos também podem aparecer em sistemas de energia renovável. A pesquisa mostrou abusos trabalhistas na mineração de cobalto no Congo e no processamento de lixo eletrônico em Gana. O deslocamento involuntário é especialmente proeminente como consequência do desenvolvimento de energia hidrelétrica. Estima-se que 80 milhões de pessoas no mundo foram forçadas a se mudar devido à construção de 300 barragens nos últimos 50 anos.

A terceira ampla área de considerações sobre energia e justiça diz respeito à moralidade dos combustíveis fósseis “não queimáveis” (VAN DE GRAAF; SOVACOOOL, 2020). Os ativistas se concentraram em campanhas que visam pressionar o desinvestimento de capital de empresas de combustíveis fósseis, proibições contra extração e processamento de combustíveis fósseis e litígios contra estados e empresas dependentes de combustíveis fósseis. As questões emergentes sobre os combustíveis fósseis “não queimáveis” concentram-se em quais combustíveis fósseis, apoiando quais estados e povos, devem permanecer no subsolo e quais podem ser liberados (queimados) gradualmente. Outro aspecto relacionado diz respeito aos processos que levam a uma transição “justa” dos combustíveis fósseis. Quem e o que será prejudicado ou beneficiado pela descarbonização?

Em uma síntese de trabalhos recentes sobre mitigação das mudanças climáticas levando-se em consideração questões de justiça, Sovacool (2021) identificou quatro processos que correspondem às dimensões econômica, política, ecológica e social (Quadro 3). Esses conceitos são altamente aplicáveis à descarbonização e definem quais são os processos pelos quais os recursos públicos passam para o controle privado (*enclosure*), como para os recursos de energia renovável, podendo ter como exemplo a instalação de parques eólicos e a mineração de lítio. A exclusão é o uso de instrumentos de política e planejamento para excluir as pessoas dos processos de tomada de decisão que favorecem os parques eólicos ou a mineração de lítio. A invasão refere-se a danos que a infraestrutura de descarbonização pode causar à água, à terra ou à vida selvagem. O entrincheiramento (*entrenchment*) descreve a exacerbação das desigualdades devido à infraestrutura de energia renovável. O Quadro 3 destaca os principais aspectos dessa estrutura e sugere aplicações para os casos de parques eólicos e extração de lítio que são o foco deste livro.

**Quadro 3 - Descrição de Sovacool (2021) sobre cercamento, exclusão, invasão e entrincheiramento aplicado para parques eólicos no Nordeste do Brasil e extração de lítio na Puna Argentina**

Conceito	Descrição	Parques Eólicos	Extração de Lítio
Cercamento ( <i>enclosure</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Captura de recursos ou autoridade</li> <li>- Os recursos públicos são privatizados</li> </ul>	Parques eólicos localizados em terras públicas e territórios comunitários	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acesso limitado a territórios ancestrais</li> <li>- Empresas privadas detêm serviços essenciais</li> </ul>
Exclusão	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Stakeholders</i> são marginalizados</li> <li>- Processo injusto de planejamento</li> </ul>	Comunidades anfitriãs não participam das tomadas de decisão	Ideia de 'estratégia' do lítio enfatiza a tomada de decisão centrada no Estado.
Invasão	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Causa prejuízo ao meio ambiente</li> </ul>	Acesso reduzido aos recursos de subsistência e aos territórios culturalmente significativos	
Etrincheiramento ( <i>entrenchment</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desigualdade e vulnerabilidade são agravadas</li> <li>- Aumento da concentração da riqueza</li> </ul>	As elites locais e regionais acumulam riqueza em detrimento das comunidades anfitriãs	As comunidades anfitriãs são excluídas dos benefícios econômicos e sociais

Fonte: 1ª e 2ª colunas: Sovacool (2021); 3ª e 4ª colunas: De autoria própria.

## Formas de justiça aplicadas aos sistemas energéticos

O [Quadro 4](#) resume os quatro principais tipos de justiça aplicados aos estudos de sistemas energéticos. A justiça distributiva refere-se à distribuição de danos e benefícios entre as pessoas afetadas, concentrando-se na localização de injustiças energéticas, tais como a eliminação da poluição e a localização das torres eólicas. A justiça de reconhecimento preocupa-se em melhorar o reconhecimento das pessoas que podem ser prejudicadas pela instalação de empreendimentos energéticos. A justiça processual assenta no reconhecimento, enfatizando a participação das pessoas nos processos de tomada de decisão. Finalmente, a justiça cosmopolita sustenta todas estas formas de justiça, apelando à aplicação universal destes princípios. Velasco-Herrejon e Bauwens ([2020](#), p.2) descrevem a distribuição, reconhecimento e processual como o “triumvirato dos princípios da justiça energética”. Enfatizam ainda a necessidade de desenvolver técnicas para obter concepções de justiça por parte das comunidades afetadas pelas infraestruturas energéticas, sugerindo a abordagem da capacidade como uma abordagem promissora.

**Quadro 4 - Resumo das formas de justiça, principais preocupações relativas aos sistemas energéticos e desafios emergentes**

Formas de Justiça	Conceitos-Chave	Desafios
Justiça Distributiva	<ul style="list-style-type: none"><li>- Onde estão localizados os principais impactos?</li><li>- Quem irá receber as consequências positivas e negativas?</li><li>- Quem são as gerações futuras afetadas?</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Antropocentrismo: os impactos só são importantes se afetarem os seres humanos?</li></ul>
Justiça do Reconhecimento (pós-distributiva)	<ul style="list-style-type: none"><li>- Como entendemos as vítimas de consequências negativas?</li><li>- Preocupação sobre o reconhecimento cultural, não reconhecimento e desrespeito</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Sistemas de energia multi-escalares exigem análises de justiça complexas</li></ul>
Justiça Processual	<ul style="list-style-type: none"><li>- Direito a um processo justo, unindo justiça distributiva e de reconhecimento</li><li>- Participação na tomada de decisões formais e informais</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Como compreender em contextos autoritários?</li></ul>
Justiça Cosmopolita	<ul style="list-style-type: none"><li>- Os princípios da justiça devem aplicar-se universalmente a todos os seres humanos em todos os lugares</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Noções de justiça biológica ou biocêntrica expandiram para além dos seres humanos</li></ul>

Fonte: Sovacool *et al.* ([2017](#)); McCauley *et al.* ([2019](#)); Velasco-Herrejon e Bauwens ([2020](#)).

Com esta concepção de justiça energética, podemos agora perguntar como, empiricamente, os estudiosos estão medindo ou descrevendo as dimensões da justiça energética no que diz respeito à descarbonização. Três áreas principais de investigação



surgiram: (i) identificação de injustiças ao longo de cadeias produtivas, ou do sistema energético como um “todo” (*whole system*); (ii) avaliações empíricas da resposta em comunidades anfitriãs (*host communities*) a empreendimentos de energia renovável utilizando conceitos de justiça com métodos de pesquisa e campo; e (iii) abordagens experimentais utilizando cenários hipotéticos de implantação de energia renovável.

## Identificação de injustiças ao longo de cadeias produtivas

Uma abordagem de investigação promissora centra-se na identificação de uma iniciativa de baixo teor de carbono de acordo com a sua cadeia produtiva, estendendo-se pelo tempo e espaço, e descrevendo locais e questões de injustiças categorizadas no quadro da justiça (SOVACOOL *et al.*, 2019). A cadeia produtiva é vista como uma abordagem multi-escalar de “todo o sistema” (*whole system*) que inclui dimensões espaciais e temporais. A escala espacial é considerada em termos de macro ou global, meso ou regional, e micro ou local. As escalas temporais são entendidas como abrangendo desde a produção até o consumo e eliminação. Importante ressaltar que os autores reconhecem que as injustiças são percebidas por especialistas em casos de energia nuclear na França, contadores inteligentes (*smart meters*) de eletricidade na Grã-Bretanha, veículos elétricos na Noruega, e painéis solares na Alemanha. A equipe de investigação perguntou aos peritos envolvidos: “O que você vê como custos ou desvantagens mais significativos para a transição energética?” e “Em uma perspectiva de sistemas inteiros, quem ou o que podem ser os maiores perdedores fora da Europa?” (SOVACOOL *et al.*, 2019, p. 3). O [Quadro 5](#) resume as conclusões da pesquisa. Os autores enfatizam que esta abordagem não “mina a lógica global para as transições de baixo carbono”, em vez disso enfatizam que as partes interessadas devem “conhecer melhor o potencial das transições de baixo carbono para criar novos - e piorar os padrões pré-existentes - de exploração e desigualdade” (p. 14).

**Quadro 5 - Síntese das injustiças considerando quatro sistemas de descarbonização**

Escala espacial/ Escala temporal	Produção/Distribuição	Consumo	Eliminação/Reciclagem
Macro (global)	- extração de minerais - condições de trabalho - cadeia de abastecimento	- a procura por energia aumenta	- resíduos
Meso (regional)	- subsídios e políticas fiscais - pegada de carbono das instalações	- má distribuição de benefícios - aumento da desigualdade e da vulnerabilidade	- resíduos - custos de eliminação
Micro (local)	- destruição do sistema - riscos de saúde para os trabalhadores	- exposição à poluição - divisão rural-urbana	- herança de poluição

Fonte: Sovacool *et al.* (2019).

No trabalho de acompanhamento, Sovacool *et al.* (2021) concentraram-se especificamente nos processos de despossessão decorrentes de quatro transições de baixo teor de carbono na Europa. Consideraram quatro aspectos da despossessão: ambiental; política; econômica; e física. Por exemplo, descreveram o caso da indústria solar alemã, que sofreu elevadas perdas de emprego devido a importações de placas fotovoltaicas mais baratas da China, que o governo alemão não quis ou não foi capaz de evitar. Aproximadamente 90% dos empregos da indústria de energia solar alemã desapareceram, atingindo de forma particularmente dura os trabalhadores pouco qualificados, além da situação financeira dos governos municipais que dependiam das receitas fiscais da produção solar. Outro caso que os autores descrevem é o fluxo de resíduos eletrônicos do Reino Unido para um estaleiro de sucata em Accra, em Gana. Os fluxos de resíduos eletrônicos resultam de instalações de contadores inteligentes de eletricidade, que têm uma vida útil de cinco a dez anos. Em conclusão, argumentam que “as transições com baixo teor de carbono podem criar, refletir e enraizar injustiças e desigualdades” (SOVACOOL *et al.*, 2021, p. 12).

## **Medição das percepções de justiça nos estudos empíricos das comunidades anfitriãs**

Alguns estudos implantaram metodologias baseadas em aplicação de questionários, aplicados a uma amostragem aleatória para representar a população, com perguntas sobre a relação do respondente com uma determinada infraestrutura de energia renovável. Normalmente, as opiniões sobre o parque eólico são consideradas como variáveis dependentes, explicadas por numerosas variáveis potenciais independentes que, frequentemente, são derivadas dos conceitos de justiça. Portanto, as dimensões de justiça são variáveis independentes que ajudam a explicar o apoio ou a rejeição dos parques eólicos próximos às comunidades dos participantes da pesquisa.

Esses estudos desenvolveram-se durante anos em que cientistas sociais investigaram a aceitação social da energia eólica e de outras tecnologias renováveis (WÜSTENHAGEN *et al.*, 2007; SOVACOOL, 2009; SOVACOOL; RATAN, 2012; RAND *et al.*, 2017). Essa investigação tem sido conduzida, principalmente, na América do Norte e na Europa, embora locais no Sul Global estejam lentamente sendo estudados (BRANNSTROM *et al.*, 2017; BRANNSTROM *et al.*, 2022; LEITE *et al.*, 2022; GORAYEB *et al.*, 2018; ACHIBA, 2019; DUNLAP, 2019; ZÁRATE-TOLEDO *et al.*, 2019; ARAÚJO *et al.*, 2020; GEBRESLASSIE, 2020; VELASCO-HERREJON; BAUWENS, 2020). Essa abordagem evoluiu a partir de entendimentos bastante simplistas considerando-se, inicialmente, a distância entre as casas e a turbina eólica e, posteriormente, entendimentos multidimensionais mais sofisticados. Durante quase vinte anos, tem-se enfatizado a importância da justiça processual e distributiva na influência da aceitação ou rejeição de parques eólicos pelas

comunidades anfitriãs (*host communities*). As principais áreas de investigação incluem arranjos institucionais ideais, rendas e *royalties*, emprego, e propriedade relacionados com parques eólicos e solares.

Os conceitos de justiça distributiva e processual são cada vez mais importantes para a compreensão das relações entre as comunidades anfitriãs e as infraestruturas de energia renovável. As preocupações com a justiça distributiva e processual como motivos de aceitação e rejeição da energia eólica são uma virada decisiva em relação às abordagens *Not-In-My-Backyard* (NIMBY) “não no meu quintal”, que começou há mais de quinze anos, quando Devine-Wright (2005) e Wolsink (2000; 2007) chamaram a atenção para os aspectos multidimensionais da rejeição da energia eólica, tais como a relação emocional com o local, as preocupações estéticas, os processos de planeamento e localização, a distribuição desigual dos benefícios, e a percepção dos impactos ambientais negativos. Esta abordagem é também visível na síntese de Rand e Hoen (2017) em toda a América do Norte, que destacou questões de justiça distributiva e processual dentro dos aspectos socioeconômicos, de saúde e visuais da aceitação da energia eólica.

Tal como aplicado às comunidades anfitriãs perto de parques eólicos, a justiça processual inclui a partilha de informações, a participação na tomada de decisões, a capacidade de influenciar os resultados, e as relações com os empreendedores dos projetos. De acordo com Walker e Baxter (2017a), a justiça processual na localização de empreendimentos de energia renovável é realizada ou alcançada através da partilha de informação, participação em oportunidades de tomada de decisão, capacidade de influenciar os resultados, e relações com os empreendedores do projeto.

A justiça distributiva refere-se à percepção da equidade em relação à introdução e distribuição dos benefícios, tais como receitas fiscais, pagamentos de arrendamento, e compreensão dos resultados negativos do parque eólico (WALKER; BAXTER, 2017b). Estudos centrados em conceitos de justiça distributiva visam compreender como a distribuição dos custos e dos benefícios dos parques eólicos influenciam a aceitação e a oposição. Este entendimento baseia-se na virada analítica para a compreensão multidimensional da aceitação pela comunidade anfitriã em relação à infraestrutura de energia renovável (BELL *et al.*, 2005, 2013; GROSS, 2007; DEVINE-WRIGHT, 2005, 2011; WOLSINK, 2000, 2007; WÜSTENHAGEN *et al.*, 2007).

Nas Grandes Planícies dos Estados Unidos, o apoio à energia eólica foi associado ao aumento do emprego e da atividade econômica (SLATTERY *et al.*, 2012). No leste do Canadá, a distribuição justa e a quantidade de benefícios locais foram os principais influenciadores do apoio aos parques eólicos (WALKER; BAXTER, 2017a). Estudos relacionam o processo de planeamento com o nível de apoio aos parques eólicos, concluindo que “a falta de elementos de justiça processual - especialmente a capacidade de afetar os resultados das instalações - são fatores importantes que explicam a percepção dos moradores em relação aos processos de localização da

energia eólica e do apoio às instalações” (WALKER; BAXTER, [2017b](#), 166). A equidade na tomada de decisões e a distribuição de resultados positivos e negativos nas comunidades anfitriãs “pode contribuir para a aceitabilidade local do desenvolvimento de turbinas” (BAXTER, [2017](#)).

Conclusões semelhantes foram obtidas para os parques eólicos *offshore* no leste dos Estados Unidos, onde os autores defenderam a importância de “processos de decisão justos e transparentes” (FIRESTONE *et al.*, [2020](#), p. 1). As medidas de justiça processual também foram consideradas estatisticamente significativas na explicação do apoio aos parques eólicos. Esta análise foi apresentada por Firestone *et al.* ([2018](#)) a partir de estudo realizado com moradores que residem próximos aos parques eólicos nos EUA. As opiniões de justiça, um “empreendedor aberto e transparente”, e a contribuição e influência da comunidade no processo de planejamento de parques eólicos previram uma atitude global positiva em relação aos empreendimentos. A percepção de justiça dos processos de tomada de decisão foi considerada como estando relacionada com “um importante determinante das atitudes locais”. Com base nessas conclusões, os autores recomendam que “as jurisdições devem considerar o desenvolvimento de procedimentos que assegurem que os cidadãos sejam consultados e ouvidos e estabelecer referências ou melhores práticas para a interação dos empreendedores com as comunidades e cidadãos” (FIRESTONE *et al.*, [2018](#), p. 382).

No Sul Global, a maior parte dos estudos tem desenvolvido projetos de investigação qualitativa. Por exemplo, no sul do México, as elites asseguraram o acesso à terra desejada pelos investidores eólicos (DUNLAP, [2019](#); ZARÁTE-TOLEDO *et al.*, [2019](#)). No Quênia, Achiba ([2019](#)) relatou como os investidores obtiveram milhares de hectares para construir parques eólicos e utilizar os recursos despojados. Reportando sobre a Etiópia, Gebreslassie ([2020](#)) encontrou apoio superior a 90% entre os participantes da pesquisa, porém com o registro de preocupações relativas ao processo de consulta e à compensação de terras que a pesquisa não investigou completamente.

Grande parte da investigação baseada em aplicação de questionários é quantitativa, apoiando-se em amostras aleatórias e análises estatísticas que procuram determinar a força das variáveis independentes sobre uma variável dependente, geralmente no que diz respeito às opiniões dos respondentes em relação à infraestrutura de energia renovável. No entanto, os investigadores também se dedicam à pesquisa qualitativa, tais como entrevistas semiestruturadas e grupos focais, para determinar as perguntas apropriadas que devem ser feitas e a forma de interpretar os resultados quantitativos.

## Medição de justiça através de investigação experimental

Outro grupo de estudiosos adotaram uma abordagem experimental para analisar as preocupações de justiça nas infraestruturas de energia renovável. Em relação à energia eólica, um dos primeiros estudos utilizou a concepção de um questionário

fatorial (FSE; *factorial survey design*), também chamado experimento de *vignette* ou cenários hipotéticos no qual os investigadores apresentam aos participantes vinhetas hipotéticas que mostram características específicas, tais como número de turbinas, tipo de investidor, destino da eletricidade, participação no planejamento e receitas fiscais (LIEBE *et al.*, 2017). Esta técnica pode reduzir o preconceito social (*social bias*), o erro resultante quando os respondentes dizem aos investigadores o que pensam que querem ouvir. Liebe apresentou aos inquiridos quatro vinhetas; foi pedido aos inquiridos que dissessem os seus pontos de vista numa escala de onze pontos, variando de “totalmente inaceitável” a “totalmente aceitável”. No estudo, a justiça distributiva foi enquadrada como “o número de turbina eólicas distribuídas entre regiões e grupos sociais” e a justiça processual foi enquadrada como “até que ponto os cidadãos podem participar nos processos de tomada de decisão” (LIEBE *et al.*, 2017, p. 301). Em trabalhos posteriores, Liebe e Dobres (2020) afirmam medir diretamente as percepções de equidade através do FSE, argumentando que é difícil separar os efeitos.

Na Europa, vários pesquisadores têm destacado experiências de escolha declarada ou *vignette* (LEIBE; DOBERS, 2020). Um experimento no sul da Alemanha descobriu que os participantes preferiam mais informação do que compensação financeira (LANGER *et al.*, 2017). Outro estudo constatou uma maior aceitação de parques eólicos com maior participação nos processos de tomada de decisão e observou que a justiça participativa era mais importante que os resultados da justiça distributiva (LIEBE *et al.*, 2017). Em contraste, Lienhoop (2018, p. 102) descobriu que 90% dos respondentes em um experimento de escolha na Alemanha “trocariam a participação financeira e processual por alterações na sua conta de eletricidade”. Outros estudos sublinharam as ligações entre questões processuais e de justiça distributiva. Por exemplo, os inquiridos na Irlanda apoiariam parques eólicos (hipotéticos) para exportação de energia se os parques eólicos proporcionassem empregos, informação, tarifas de eletricidade reduzidas, e permitissem a participação no processo de localização (BRENNAN; VAN RENSBURG, 2020).

No entanto, os investigadores devem proceder com extrema cautela na implementação de abordagens experimentais em alguns contextos da comunidade anfitriã. Por exemplo, no Nordeste do Brasil, e em outras áreas do Sul Global, são comumente observados processos consultivos de exclusão, vastas assimetrias de informação entre membros da comunidade anfitriã e tomadores de decisão, e elevada dependência dos recursos terrestres e marítimos que competem com infraestruturas da energia renovável. O levantamento rigoroso e seguro de dados válidos e confiáveis só é possível após contatos prévios entre os líderes da comunidade e a equipe de investigação, devido às complicadas relações entre as comunidades anfitriãs e os grupos investidores externos, que utilizam a aparente “invisibilidade” das comunidades para usurpar terras e recursos (DUNLAP, 2019; BRANNSTROM *et al.*, 2017; GORAYEB *et al.*, 2018). Nesse contexto, as abordagens experimentais podem gerar desconfiança e confusão porque

cenários hipotéticos de parques eólicos poderiam ser interpretados como propostas reais em comunidades carentes de informação e sem opções de emprego para os jovens.

## Conclusões

As justiça processual e distributiva são frequentemente aplicadas em estudos de ciências sociais sobre os sistemas energéticos. Ambas dependem da tradução dos conceitos de justiça em variáveis (perguntas) a serem aplicadas em abordagens qualitativas e quantitativas. A aplicação de conceitos de justiça, especialmente justiça distributiva e processual, é um acréscimo bem-vindo aos estudos de descarbonização, permitindo aos pesquisadores fazer perguntas mais incisivas sobre descarbonização a escalas que vão desde uma abordagem de “sistemas inteiros” (*whole system*), incluindo toda a rede de produção dos materiais e equipamentos necessários para os sistemas energéticos descarbonizados, até um enfoque nas comunidades anfitriãs residentes nas proximidades de parques eólicos.

Em estudos futuros será importante avaliar os pontos fortes e fracos relativos aos conceitos de justiça e abordagens de investigação em estudos de descarbonização, perguntando que tipo de conceitos de justiça energética são apropriados para que tipo de investigação das ciências sociais sobre processos de descarbonização.

## Referências

- ACHIBA, G. A. Navigating contested winds: development visions and anti-politics of wind energy in Northern Kenya. **Land**, v. 8, n. 1, p. 7, 2019.
- ARAÚJO, J. C. H.; SOUZA, W. F.; MEIRELES, A. J. A.; BRANNSTROM, C. Sustainability challenges of wind-power deployment in coastal Ceará state, Brazil. **Sustainability**, v. 12, n. 14, p. 5562, 2020.
- BARANDIARÁN, J. Lithium and development imaginaries in Chile, Argentina and Bolivia. **World Development**, v. 113, p. 381-391, 2019.
- BAXTER, J. Energy Justice: Participation promotes acceptance. **Nature Energy**, v. 2, n. 17128, 2017.
- BELL, D.; GRAY, T.; HAGGETT, C. The ‘social gap’ in wind farm siting decisions: Explanations and policy responses. **Environmental Politics**, v. 14, n. 4, p. 460-477, 2005.
- BELL, D.; GRAY, T.; HAGGETT, C.; SWAFFIELD, J. Re-visiting the “social gap”: Public opinion and relations of power in the local politics of wind energy. **Environmental Politics**, v. 22, n. 1, p. 115-135, 2013.
- BRANNSTROM, C.; GORAYEB, A.; MENDES, J. S.; LOUREIRO, C. V.; MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V.; FREITAS, A. L. R.; OLIVEIRA, R. F. Is Brazilian wind power development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 62-71, 2017.
- BRANNSTROM, C.; LEITE, N. S.; LAVOIE, A.; GORAYEB, A. What explains the community acceptance of wind energy? Exploring benefits, consultation, and livelihoods in coastal Brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 83, p.102344, 2022.

- BRIDGE, G.; BOUZAROVSKI, S.; BRADSHAW, M.; EYRE, N. Geographies of energy transition: space, place and the low-carbon economy. **Energy Policy**, v. 53, p. 331-340, 2013.
- CAPELLÁN-PÉREZ, I.; CASTRO, C.; ARTOD, I. Assessing vulnerabilities and limits in the transition to renewable energies: Land requirements under 100% solar energy scenarios. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 77, p. 760-782, 2017.
- CARLEY, S.; KONISKY, D.M. The justice and equity implications of the clean energy transition. **Nature Energy**, v. 5, p. 596-577, 2020.
- COOK, E. **Man, Energy, Society**. San Francisco: W. H. Freeman and Company, 1976.
- DAVIS, S. J. *et al.* Net-zero emissions energy systems. **Science**, v. 360, n. 6396, p. eaas9793, 2018.
- DEVINE-WRIGHT, P. Beyond NIMBYism: Toward an integrated framework for understanding public perceptions of wind energy. **Wind Energy**, v. 8, p. 125-91, 2005.
- DEVINE-WRIGHT, P. Public engagement with large-scale renewable energy technologies: Breaking the cycle of NIMBYism. **WIREs Climate Change**, v. 2, p. 19-26, 2011.
- DORN, F. M.; RUIZ PEYRÉ, F. Lithium as a strategic resource: geopolitics, industrialization, and mining in Argentina. **Journal of Latin American Geography**, v. 19, n. 4, p. 68-90, 2020.
- DUNLAP, A. **Renewing Destruction: Wind energy development, conflict and resistance in a Latin American context**. New York: Rowman and Littlefield, 2019.
- FIRESTONE, J. Wind energy: a human challenge. **Science**, v. 366, n. 6470, p. 1206, 2019.
- FIRESTONE, J.; HIRT, C.; BIDWELL, D.; GARDNER, M.; DWYER, J. Faring well in *offshore* wind power siting? Trust, engagement and process fairness in the United States. **Energy Research & Social Science**, v. 62, p. 101393, 2020.
- FIRESTONE, J.; HOEN, B.; RAND, J.; ELLIOTT, D.; HÜBNER, G.; POHL, J. Reconsidering barriers to wind power projects: community engagement, developer transparency and place. **Journal of Environmental Policy & Planning**, v. 20, n. 3, p. 370-386, 2018.
- FORNILLO, B.; ARGENTO, M.; GAMBA, M. KAZIMIERSKI, M.; PUENTE, F.; ROMEO, G.; SANTOS, E.; SLIPAK, A.; URRUTIA, S.; ZICARI, J. **Litio en Sudamérica: geopolítica, energía y territorios**. Buenos Aires: CLACSO, 2019.
- GEBRESLASSIE, M. G. Public perception and policy implications towards the development of new wind farms in Ethiopia. **Energy Policy**, v. 139, p. 111318, 2020.
- GEELS, F. W.; SOVACOOOL, B. K.; SCHWANEN, T.; SORRELL, S. Sociotechnical transitions for deep decarbonization. **Science**, v. 357, n. 6357, p. 1242-1244, 2017.
- GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MENDES, J. S.; MEIRELES, A. J. A. Wind power gone bad: critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. **Energy Research and Social Science**, v.40, p. 82-88, 2018.
- GROSS, C. Community perspectives of wind energy in Australia: the application of a justice and community fairness framework to increase social acceptance. **Energy Policy**, v. 35, n. 5, p. 2727-2736, 2007.
- HUBER, M. T.; MCCARTHY, J. Beyond the subterranean energy regime? Fuel, land use and the production of space. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 42, n. 4, p. 655-668, 2017.

- LANGER, K.; DECKER, T.; MENRAD, K. Public participation in wind energy projects located in Germany: Which form of participation is key to acceptance? **Renewable Energy**, v. 112, p. 63-73, 2017.
- LEITE, N. S.; BRANNSTROM, C.; GORAYEB, A. Justiça processual e respostas de comunidades tradicionais à implantação de parques eólicos no litoral oeste do Ceará, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 42, n. 1, p. e69801, 2022.
- LIEBE, U.; BARTCZAK, A.; MEYERHOFF, J. A turbine is not only a turbine: The role of social context and fairness characteristics for the local acceptance of wind power. **Energy Policy**, v. 107, p. 300-308, 2017.
- LEIBE, U.; DOBERS, G. M. Measurement of fairness perceptions in energy transition research: A factorial survey approach. **Sustainability**, v. 12, n. 19, p. 8084, 2020.
- LIENHOOP, N. Acceptance of wind energy and the role of financial and procedural participation: An investigation with focus groups and choice experiments. **Energy Policy**, v. 118, p. 97-105, 2018.
- MCCARTHY, J. A socioecological fix to capitalist crisis and climate change? The possibilities and limits of renewable energy. **Environment and Planning**, v. 47, p. 2485-2502, 2015
- MCCAULEY, D.; RAMASAR, V.; HEFFRON, R. J.; SOVACOOOL, B. K.; MEBRATU, D.; MUNDACA, L. Energy justice in the transition to low carbon energy systems: Exploring key themes in interdisciplinary research. **Applied Energy**, v. 233-234, p. 916-921, 2019.
- MILLER, L. M.; KEITH, D. W. Corrigendum: Observation-based solar and wind power capacity factors and power densities (2018 Environ. Res. Lett. 13 104008). **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 7, p. 079501, 2019.
- MORALES BALCAZAR, R. Crisis y minería del litio en el Salar de Atacama. La necesidad de una mirada desde la justicia climática. In: MORALES BALCAZAR, R. (coord.). **Salares Andinos: Ecología de saberes por la protección de nuestros salares y humedales. Antofagasta: Observatorio Plurinacional de Salares Andinos**, 2021. p. 69-82.
- RAND, J.; HOEN, B. Thirty years of North American wind energy acceptance research: What have we learned? **Energy Research and Social Science**, v. 29, p. 135-148, 2017.
- SCHEIDEL, A.; SORMAN, A. H. Energy transitions and the global land rush: Ultimate drivers and persistent consequences. **Global Environmental Change**, v. 22, p. 588-595, 2012.
- SIEFERLE, R. P. **The Subterranean Forest: Energy Systems and the Industrial Revolution**. Cambridge: The White Horse Press, 2001.
- SLATTERY, M. C.; JOHNSON, B. L.; SWOFFORD, J. A.; PASQUALETTI, M. J. The predominance of economic development in the support for large-scale wind farms in the U.S. Great Plains. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, p. 3690-3701, 2012.
- SOVACOOOL, B. K.; ALI, S. H.; BAZILIAN, M.; RADLEY, B.; NEMERY, B.; OKATZ, J.; MULVANEY, D. Sustainable minerals and metals for a low-carbon future. **Science**, v. 367, n. 6476, p. 30-33, 2020.
- SOVACOOOL, B. K.; HEFFRON, R. J.; MCCAULEY, D.; GOLDTHAU, A. Energy decisions reframed as justice and ethical concerns. **Nature Energy**, v. 1, n. 16024, 2016.
- SOVACOOOL, B. K. Rejecting renewables: The socio-technical impediments to renewable electricity in the United States. **Energy Policy**, v. 37, p. 4500-4513, 2009.



- SOVACOOOL, B. K.; RATAN, P. L. Conceptualizing the acceptance of wind and solar energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.16, p. 5268-5279, 2012.
- SOVACOOOL, B. K.; BURKE, M.; BAKER, L.; KOTIKALAPUDI, C. K.; WLOKAS, H. New frontiers and conceptual frameworks for energy justice. **Energy Policy**, v. 105, p. 677-691, 2017.
- SOVACOOOL, B. K.; HOOK, A.; MARTISKAINEN, M.; BAKER, L. The whole systems of energy injustice of four European low-carbon transitions. **Global Environmental Change**, v. 58, p. 101958, 2019.
- SOVACOOOL, B. K. Who are the victims of low-carbon transitions? Towards a political ecology of climate change mitigation. **Energy Research & Social Science**, v. 73, p. 101916, 2021.
- SOVACOOOL, B. K.; TURNHEIM, B.; HOOK, A.; BROCK, A.; MARTISKAINEN, M. Dispossessed by decarbonisation: Reducing vulnerability, injustice, and inequality in the lived experience of low-carbon pathways. **World Development**, v. 137, p. 105116. 2021.
- STERN, P. C.; SOVACOOOL, B. K.; DIETZ, T. Towards a science of climate and energy choices. **Nature Climate Change**, v. 6, p. 547, 2016.
- VAN DE GRAAF, T.; SOVACOOOL, B. K. **Global Energy Politics**. Medford, MA: Polity Press, 2020.
- VEERS, P. *et al.* Grand challenges in the science of wind energy. **Science**, v. 366, n. 6464, p. eaau2027, 2019.
- VELASCO-HERREJON, P.; BAUWENS, T. Energy justice from the bottom up: A capability approach to community acceptance of wind energy in Mexico. **Energy Research & Social Science**, v. 70, p. 101711, 2020.
- WALKER, C; BAXTER, J. “It’s easy to throw rocks at a corporation”: Wind energy development and distributive justice in Canada. **Journal of Environmental Policy and Planning**, v. 19, p. 754-768, 2017a.
- WALKER, C.; BAXTER, J. Procedural justice in Canadian wind energy development: A comparison of community-based and technocratic siting processes. **Energy Research and Social Science**, v. 29, p. 160-169, 2017b.
- WOLSINK, M. Wind power and the NIMBY-myth: Institutional capacity and the limited significance of public support. **Renewable Energy**, v. 21, n. 1, p. 49-64, 2000.
- WOLSINK, M. Wind power implementation: The nature of public attitudes: Equity and fairness instead of ‘backyard motives’. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 11, n. 6, p. 1188-1207, 2007.
- WÜSTENHAGEN, R.; WOLSINK, M.; BÜRER, M. J. Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. **Energy Policy**, v. 35, n. 5, p. 2683-2691, 2007.
- ZÁRATE-TOLEDO, E.; PATIÑO, R.; FRAGA, J. Justice, social exclusion and indigenous opposition: A case study of wind energy development on the Isthmus of Tehuantepec, Mexico. **Energy Research & Social Science**, v. 54, p. 1-11, 2019.

## CAPÍTULO 12

# DIREITO À ENERGIA ELÉTRICA E POTENCIAIS IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS

---

*Mozart Otávio Guedes Maia<sup>1</sup>*

*Herivelto Fernandes Rocha<sup>2</sup>*

*Aglaer Nasia Cabral Leocádio<sup>1</sup>*

*Hugo Muniz Bolognesi<sup>1</sup>*

*Carla Kazue Nakao Cavaliero<sup>1</sup>*

*Sônia Regina da Cal Seixas<sup>1</sup>*

### Resumo

A intensificação dos efeitos das mudanças climáticas, sobretudo nas populações mais vulneráveis, vem sendo alertado pela comunidade científica, que destaca a urgência das questões ambientais. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODSs) da Agenda 2030 são apresentados com metas e abordagens que visam não só a preservação e mitigação dos impactos ambientais, mas também a garantia de acesso justo e equitativo dos serviços ecossistêmicos, com foco no fim da pobreza, capacitação, empoderamento e participação de toda sociedade na construção da sustentabilidade e prosperidade. Devido à necessidade de ações que impulsionem o oferecimento de energia renovável de forma contínua e acessível, sistemas armazenadores de energia vêm tornando-se cada vez mais visados e, conseqüentemente, viabilizados. As baterias de íons de lítio são exemplos de armazenadores que estão ganhando espaço no mercado, porém trazem preocupações ambientais envolvendo sua fabricação e destino adequado ao fim da vida útil. No Brasil, mais de 830 mil hectares já foram destinados à implantação dos parques de geração de energia eólica, além de uma série de novos projetos que já foram aprovados. Para além da produção de energia, o armazenamento, através de células de bateria de íon lítio, vem ganhando destaque devido às suas características versáteis e usuais em diversas condições, porém, possuem impactos socioambientais nos territórios onde o extrativismo da matéria prima é realizado. Esta encruzilhada,

---

1 Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, Brasil. [mzrtwd@gmail.com](mailto:mzrtwd@gmail.com)

2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), São Paulo, Brasil.

entre pensar formas sustentáveis de produção de energia e garantir a soberania dos povos e territórios, é objeto de análise deste capítulo.

**Palavras-chave:** direito à energia elétrica, sustentabilidade, ODSs, impactos socioambientais

## **Mudanças climáticas, acesso à energia, justiça e construção de direitos: uma abordagem a partir da Agenda 2030**

Com o avanço do desenvolvimento tecnológico, o acesso a uma rede elétrica pode gerar a sensação de segurança e bem-estar para população, seja aquecendo água para um banho, resfriando e preservando alimentos, ou mesmo o controle térmico do ambiente, além dos mais variados dispositivos tecnológicos utilizados para trabalho, lazer ou entretenimento que demandem energia elétrica. A desigualdade nos acessos a recursos e serviços energéticos pode ser um fator limitante para o bem-estar e capacidade adaptativa (CIPLET et al., [2018](#)).

Evidências apontam que as diferenças espaciais na pobreza energética e vulnerabilidade não são responsáveis de variações nas “escolhas” individuais. Elas resultam de desigualdades geográficas estruturais que estão enraizadas em vários estágios dos sistemas de injustiça energética, aqueles que vivem em certas localidades estão em desvantagem em sua capacidade de obter serviços essenciais de energia, por isso devemos avaliar não apenas a desigualdade na exposição, mas também considerar desigualdade em termos de consequências para o bem-estar (BOUZAROVSKI e SIMCOCK, [2017](#)).

Além dos fatores abordados acima, os riscos para a saúde que indivíduos e comunidades enfrentam por causa da renda, moradia, isolamento social ou outros determinantes sociais são parte dos novos desafios climáticos. Diferentes níveis de acessos acabam por gerar diferentes tipos de vulnerabilidade. Uma pessoa pode ser mais ou menos sensível às mudanças climáticas devido ao seu estado de saúde, localização geográfica, condições sociais, ou econômicas (KUMAR, [2018](#)).

Esses paradigmas são abordados nos Objetivos ao Desenvolvimento Sustentável (ODSs) 2030, apresentado em 2015 pela Organização das Nações Unidas (ONU). Para garantir acesso aos direitos básicos propostos pela Agenda 2030, como os ODSs (3) *Saúde e Bem-estar* e (7) *Energia Limpa e Acessível* se faz necessário repensar o modelo de produção e consumo através de novos modelos, como apontado no ODS (9) *Indústria, Inovação e Infraestrutura* que caminhem no sentido da sustentabilidade. São 17 objetivos ambiciosos e interconectados que abordam os principais desafios de desenvolvimento enfrentados. São um apelo global à ação para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, além de garantir que as pessoas possam desfrutar de paz e de prosperidade. As metas e objetivos foram elaborados visando os direitos fundamentais que deveriam ser assegurados

a todos, buscando “empoderar e promover a inclusão social, econômica e política de todos, independentemente da idade, gênero, deficiência, raça, etnia, origem, religião, condição econômica ou outra” (ONU, 2015).

Isso mostra que os objetivos e metas são integrados e vão muito além da preservação ambiental, reconhecendo outras questões emergentes para se atingir um modelo de desenvolvimento justo e sustentável. É importante saber que a distribuição dos efeitos negativos da mudança climática não é apenas um fenômeno biofísico, mas principalmente um processo político e social do modelo de desenvolvimento do norte global (TORRES ET al., 2020).

Uma das principais preocupações quanto aos impactos das mudanças climáticas é sobre a saúde e bem-estar, sobretudo nas populações mais vulneráveis com menos recursos e menor capacidade adaptativa. Os riscos para a saúde decorrentes dos impactos das mudanças climáticas são mediados por uma série de fatores de características individuais, como idade e estado de saúde; e desafios mais amplos, como a qualidade da habitação e a geografia física (KUMAR, 2018).

Dentre as principais metas do ODS 03, busca-se aumentar o financiamento da saúde e o recrutamento, desenvolvimento, treinamento e retenção do pessoal de saúde nos países em desenvolvimento; apoiar a pesquisa e o desenvolvimento de vacinas e medicamentos para as doenças transmissíveis e não transmissíveis que afetam principalmente os países em desenvolvimento; reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos e contaminação e poluição do ar (ONU, ODS 03, 2015), esse último com uma forte ligação à geração de energia e um dos principais impactos à saúde.

Os principais obstáculos para essas metas são a falta de investimento no setor, o aumento da ocorrência de eventos extremos oriundos das mudanças climáticas, os impactos dessas mudanças nos países menos desenvolvidos, e o acesso a uma rede de saúde adequada (ONU, ODS 03, 2015). Essas políticas, por muitas vezes, são instrumentos de interesses econômicos. Segundo Cipler et al. (2018), esses interesses se refletem na transparência dos reais impactos dessas políticas frente à economia, ao bem-estar social e à sustentabilidade. A geração de energia elétrica por fontes não renováveis também é um fator a se considerar, visto que 63% de todas as mortes do mundo provêm de doenças respiratórias (ONU, ODS 03, 2015). Por isso a comunidade científica tem alertado quanto ao estado de emergência climática em que o planeta se encontra, e da necessidade de ações para reverter esse quadro.

Como a geração de energia é um dos principais agentes poluidores da atmosfera, para se atingir as metas do ODS 07, e garantir o acesso a fontes de energia confiável, sustentáveis e modernas, será necessário promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia menos impactantes, além de assegurar o acesso universal, confiável, atualizado e a preços acessíveis a serviços

de energia (ONU, ODS 07, 2015). Segundo Bouzarovski e Simcock (2017), o preço doméstico de energia é baseado em fatores geograficamente localizados, e isso inclui padrões de recuperação de energia de recursos naturais, sistemas de fornecimento de energia disponíveis, a eficiência e qualidade da infraestrutura de transmissão de energia e as formas de regulação de preços e programas de apoio do consumidor. Transições em direção a sistemas de energia de baixo carbono também podem impactar de forma negativa os preços domésticos de energia. O planejamento da oferta de energia elétrica a partir de fontes renováveis deve levar em conta a intermitência das fontes e a adoção de sistemas de armazenamento de energia, o que encarece o custo e o preço final da eletricidade.

As metas do ODS 07 incluem: reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso à pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa; assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia; aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global; dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética; expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos, nos países em desenvolvimento, particularmente nos mais vulneráveis (ONU, ODS 07, 2015).

Esse objetivo afeta diretamente a economia dos países, visto que a inserção das fontes de energia renováveis requer um planejamento adequado e que equilibre os impactos ao meio ambiente, integrando e garantindo o acesso à rede elétrica. Segundo Sovacool e Dworkin; [2015](#), precisamos começar a fazer decisões de energia que promovam disponibilidade, acessibilidade, boa governança, sustentabilidade, equidade intra e intergeracional, além de responsabilidade.

Disponibilidade é o elemento básico, inclui a alocação de recursos e soluções tecnológicas que uma região utiliza para produzir, transportar, conservar, armazenar ou distribuir a energia. O segundo elemento central é a acessibilidade, que não significa apenas preços baixos, mas também o acesso à energia sem sobrecarregar financeiramente os consumidores. Acessibilidade, portanto, engloba preços estáveis e equitativos, garantindo não apenas uma produção eficiente, mas também um acesso a essas fontes de energia modernas e renováveis. Todas as pessoas têm direito ao acesso às informações sobre energia e meio ambiente de forma ampla, transparente e justa (SOVACOOL e DWORKIN, [2015](#)).

Essa infraestrutura moderna, integrada e sustentável também aparece no ODS 09, que visa “construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação” (ONU, ODS 09, 2015), indicando caminhos de colaborações e metas para promover essa transição para um modelo de

produção mais eficiente e sustentável. O desenvolvimento tecnológico e a garantia de uma infraestrutura são essenciais para o crescimento econômico de uma nação. É importante também uma promoção de eficiência energética e inclusão social (ONU, ODS 09, 2015).

Uma forma de promover o acesso à energia elétrica e inclusão social implementada pelo governo brasileiro em 2003 foi o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica, antes conhecido como “Luz para Todos” (LpT). Sua meta inicial era levar energia elétrica a mais de 10 milhões de pessoas do meio rural, acabando com a pobreza energética no país, que segundo Bouzarovski e Petrova (2015, p. 31) é definida como “a incapacidade de atingir um nível social e materialmente necessário de serviços de energia domésticos” (apud BOUZAROVSKI e SIMCOCK, 2017). Embora toda pobreza energética possa ser considerada uma forma de injustiça energética, essa injustiça é mais grave se estiver concentrada espacialmente em localidades de sistemas de saúde e de vulnerabilidade populacional, relativamente precárias (BOUZAROVSKI e SIMCOCK, 2017).

Mesmo com dados dispersos, sabe-se que, de 2011 a 2017, por meio do LpT, a energia elétrica chegou a cerca de 800 mil pessoas, nem 10% do público almejado pelo programa. De acordo com o último censo demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de dois milhões de brasileiros não tem acesso à rede de energia. Atualmente há 237 localidades isoladas no Brasil, sendo a maior parte delas localizadas na região Norte do país, em estados como Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Amapá e Pará. A região da Amazônia legal demanda menos de 1% de toda a energia ofertada para o país e é suprida principalmente por térmicas locais e geradores à combustão de óleo diesel, indo na contramão das metas do ODS 07 (MATHYAS, 2020).

Embora o número de pessoas sem acesso à energia seja pequeno em relação ao número total de habitantes no país, é inaceitável que tantas pessoas continuem a viver dessa forma, pois são cidades que pela falta de acesso à eletricidade, não têm acesso à comunicação, à educação de qualidade e à melhoria na produção agroextrativista. Utiliza combustíveis fósseis para ter poucas horas de acesso à energia, emitindo mais gases do efeito estufa (GEE) quando comparado a populações que tem acesso à rede elétrica 24 horas por dia. Além do que, a comunidade precisa se deslocar para compra desses combustíveis que serão usados em motores a combustíveis fósseis, e onde, o descarte muitas vezes é feito de maneira incorreta, como em rios ou em terras próximas às suas casas (MATHYAS, 2020).

A fim de minimizar esses impactos e assegurar o acesso às novas fontes de energia, alcançar o ODS 09 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) é o mais adequado, já que suas metas concentram-se em aumentar o acesso às tecnologias de informação e comunicação e se empenhar para oferecer acesso à internet nos países menos desenvolvidos;

apoiar o desenvolvimento tecnológico, a pesquisa e a inovação nacionais nos países em desenvolvimento; facilitar o desenvolvimento de infraestrutura sustentável em países em desenvolvimento por meio de maior apoio financeiro, tecnológico e técnico; desenvolver infraestrutura de qualidade, confiável, sustentável e robusta, incluindo infraestrutura regional e transfronteiriça, para apoiar o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano com foco no acesso equitativo e a preços acessíveis para todos (ONU, ODS 09, 2015).

O grande problema associado ao desenvolvimento de indústrias, inovação e infraestrutura é a desigualdade de territórios e povos impulsionada pela divisão espacial do trabalho e de falta de práticas de governança política e institucional, que não prioriza investimentos e infraestrutura para tal fim. Existem também mudanças temporais levando a transformações econômicas e do mercado de trabalho, gerando novos padrões espaciais de atividade econômica e renda, resultando em estruturas de oportunidades geograficamente diferenciadas, em que indivíduos de certa localidade têm menos oportunidades econômicas e de emprego do que outras. Essas diferenças de renda são refletidas e reproduzidas na variação geográfica da pobreza energética (BOUZAROVSKI e SIMCOCK, 2017).

As metas para se chegar ao objetivo 10 do ODS sobre a Redução das Desigualdades incluem: incentivar a existência oficial ao desenvolvimento e fluxos financeiros, incluindo investimento externo direto para os Estados onde a necessidade é maior, em particular os países de menor desenvolvimento relativo; facilitar a migração e a mobilidade ordenada, segura, regular e responsável de pessoas, inclusive por meio de políticas de migração planejadas e bem geridas; assegurar uma representação e voz mais forte dos países em desenvolvimento em tomadas de decisão nas instituições econômicas e financeiras internacionais globais; garantir a igualdade de oportunidades e reduzir as desigualdades de resultados, inclusive por meio da eliminação de leis, políticas e práticas discriminatórias e promover legislação, políticas e ações adequadas a este respeito; capacitar as populações e promover a inclusão social, econômica e política de todos (ONU, ODS 10, 2015).

Os desafios para se atingir a sustentabilidade apresentados pela Agenda 2030 da ONU mostram que para o desenvolvimento sustentável não basta apenas que cuidemos do meio ambiente, é preciso integrar as metas, para uma distribuição justa e com equidade dos benefícios dos serviços ambientais, além de mitigar as mudanças climáticas, e investir no desenvolvimento de países mais vulneráveis. O fluxo tecnológico e econômico entre os países também é bastante explorado entre os objetivos como forma de garantir acesso da população à saúde, energia menos impactante, infraestrutura sustentável, bem como a erradicação da pobreza e redução das desigualdades, promovendo a inclusão social no paradigma do desenvolvimento sustentável.

O avanço do capital sobre as questões ambientais na tentativa de garantir espaço para sua produção e reprodução “coloca em xeque” a realização do desenvolvimento sustentável. É impossível pensarmos e imaginarmos o desenvolvimento sustentável em um sistema ancorado no crescimento econômico perpétuo. Desta forma, tomando como referência Holden, et al (2014), é importante considerar que o conceito apresentado no relatório Brundtland determina a existência de quatro dimensões primárias que, se alcançadas, podem resultar no desenvolvimento sustentável. Estas quatro dimensões são: 1) *garantir a sustentabilidade ecológica a longo prazo*; 2) *satisfazer as necessidades humanas básicas*; 3) *promover a equidade intrageracional*; e 4) *promover a equidade intergeracional*. Estas dimensões não seriam negociáveis, não existe desenvolvimento sustentável pela metade, as dimensões devem ser atingidas (dentro de parâmetros que ainda precisam ser estabelecidos) para que de fato possamos alcançar o desenvolvimento sustentável.

Posto isso, o objetivo central deste capítulo é refletir sobre as formas sustentáveis de produção de energia e a garantia da soberania dos povos e territórios, partindo de um exemplo significativo de construção de ações que impulsionem o oferecimento de energia renovável de forma contínua e acessível para toda a população e de sistemas armazenadores de energia economicamente viáveis, considerando fortemente para tal fim, as propostas e metas enunciadas na Agenda 2030. Para tanto, o foco foi dado aos impactos da geração de eletricidade em empreendimentos eólicos e do uso de baterias de íons lítio como sistema de armazenamento de energia.

## **Empreendimentos eólicos, impactos e perspectivas futuras**

O Brasil conta com um conjunto de estruturas destinadas à geração de energia eólica, sobretudo no nordeste do país. A implantação destes parques tem gerado uma série de impactos socioterritoriais para comunidades e populações tradicionais, principalmente as comunidades camponesas e ribeirinhas que vivem nas regiões onde os parques estão sendo instalados. A produção de energia a partir desta fonte renovável corresponde às expectativas da Agenda 2030 das Nações Unidas, no que se refere à produção de energia renovável e acessível (ODS 7) ou à promoção de ações contra a mudança global do clima (ODS 13). No entanto, há dúvidas se contribui de forma satisfatória no atendimento dos ODSs 01 sobre erradicação da pobreza, 02 fome zero e agricultura sustentável ou 10 sobre a redução das desigualdades.

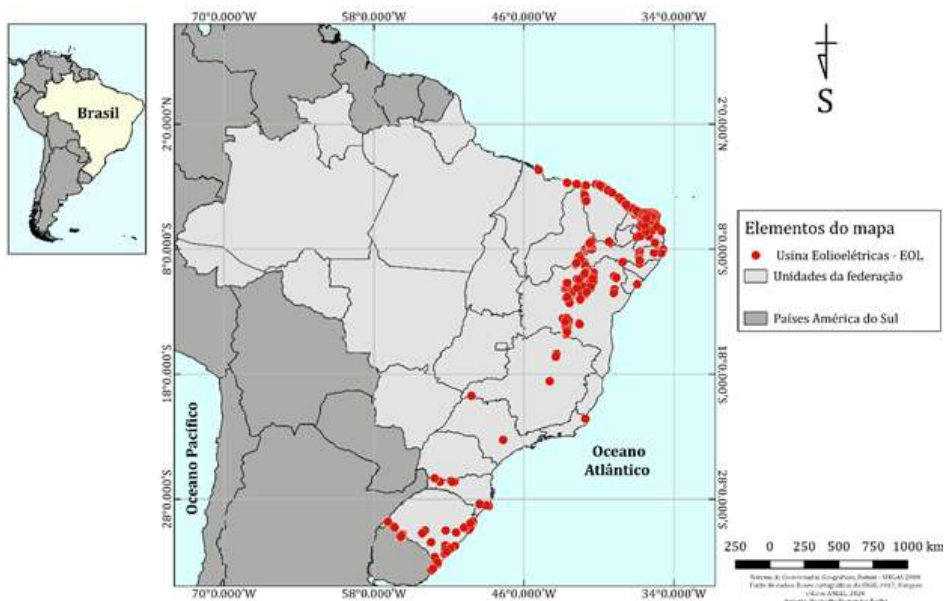
A produção de energia eólica está enquadrada na lógica de produção de energia de grandes projetos implantados em regiões e países, ou seja, mesmo sendo considerada uma energia renovável e fazer parte dos ODSs das Nações Unidas, a territorialização dos parques para geração de energia eólica reproduz no espaço as mazelas socioambientais da produção de energia em modelo de desenvolvimento não sustentável.



A espacialização dos parques eólicos no Brasil está concentrada no extremo sul do país, no centro baiano e no litoral setentrional nordestino, como se verifica na Figura 1. Tem-se, de acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), aproximadamente 831 mil hectares destinados à implantação de mais de 594 parques eólicos em estágio de operação, conforme [Quadro 1](#). Existem ainda parques em construção com outorga, parques com construção não iniciada e parques que estão no estágio de despacho de requerimento de outorga, os quais podem vir a ocupar uma área de aproximadamente 100 mil hectares.

A implantação destes parques impacta no modo de vida de muitas comunidades tradicionais que têm relações sociais, econômicas e culturais baseadas em seus respectivos territórios. Sobre esta espacialização, Hofstaetter (2016) destaca uma série de impactos negativos no estado do Rio Grande do Norte que vão desde as transformações paisagísticas até ao aumento da especulação de terras (HOFSTAETTER, 2016). No município de Parazinho (RN) “houve uma supervalorização do mercado imobiliário, beneficiando aqueles que tinham imóveis para venda e locação [...] Essa busca por imóveis se deu pela chegada de grande contingente de pessoas de fora do município, que vieram trabalhar na cadeia produtiva da energia eólica e precisavam se estabelecer” (HOFSTAETTER, 2016 p. 87).

**Figura 1 - Usinas Eolielétricas no Brasil em 2020**



Fonte: Elaborado a partir do Sistema de Informação Georreferenciada do Setor Elétrico (SIGEL) da ANEEL ([2020](#)).

### Quadro 1 - Estágio de desenvolvimento das usinas eólicas brasileiras - 2020

Estágio de desenvolvimento	Quantidade de parques	Área em hectares
Operação	594	831.046
Construção com outorga	58	15.591
Construção não iniciada	74	38.836
Despacho de requerimento de outorga	135	45.517
Total	861	930.989

Fonte: Sistema de Informação Georreferenciada do Setor Elétrico (SIGEL) da ANEEL ([2020](#)).

Teoricamente o potencial de geração de energia eólica do Brasil é de 143,5 GW de acordo com o Atlas do Potencial Eólico (AMARANTE, BROWER, ZACK, SÁ, [2001](#)), valor baseado nas características dos ventos que ocorrem em território nacional; em 2021 ultrapassamos a marca de 20 gigawatts instalados em todo o país (ABEEOLICA, [2021](#)). Portanto, isso corresponde, em média, a 52 mil hectares de terras por potência instalada em gigawatt (GW). Se fosse implementado todo o potencial eólico brasileiro, levando em consideração essa média, no futuro ter-se-ia destinado cerca de 7,4 milhões de hectares de terras para o aproveitamento máximo do potencial eólico. Se levarmos em conta o Plano Decenal de Expansão de Energia 2029, a capacidade instalada de geração de energia elétrica a partir dos ventos deve atingir a marca de 40 GW até 2029, com investimentos na casa dos 100 bilhões de reais (BRASIL, [2020](#)). Isso significa que seria necessário, pelo menos, mais 1,3 milhão de hectares de terras para esta expansão nos próximos anos.

O agravamento da questão fundiária está entre os maiores impactos da expansão dos parques no país. O cercamento das terras, promovidos pelas empresas com anuência dos governos, impacta diretamente no modo de vida de comunidades tradicionais que vivem nos territórios onde os parques são implantados. Hofstaetter destaca que “diante dos relatos, pode-se afirmar que os agricultores, que são os donos das terras, onde estão instalados a maioria dos parques, estão a mercê de regras definidas pelas empresas e negociada pelo atravessador, assim como também do descaso do poder público” (HOFSTAETTER, [2016](#) p. 89).

Traldi ([2019a](#) p. 275), ao analisar a expansão dos parques eólicos no semiárido nordestino, destaca que

Embora as empresas, em sua maioria, optem por não comprar os terrenos, os contratos de arrendamento firmados, em virtude de sua longa duração e do poder exercido pelas arrendatárias sobre a propriedade, configuram alienação completa dos direitos sobre a propriedade por

parte de seus proprietários às empresas. Muitos dos contratos, inclusive, isentam as empresas de arcar com os impostos referentes à propriedade, cabendo exclusivamente aos proprietários seu recolhimento. Assim, as empresas evitam a imobilização de capital e se isentam dos custos que adviriam da propriedade, mas garantem seu uso para a geração eólica por longos períodos, controlando, assim, por gerações, extensas áreas do território brasileiro.

Esta característica presente nos contratos firmados entre as empresas e os arrendatários corrobora com a tese da espoliação por despossessão (TRALDI, [2019b](#)). Hofstaetter destaca ainda que a implantação dos parques eólicos também aumenta a vulnerabilidade do lugar (NASCIMENTO JÚNIOR, [2018](#)), das famílias atingidas e o número de conflitos nos territórios onde os parques são implantados, e por isso

Apesar de ser considerada uma energia renovável e limpa [...] a instalação dos parques eólicos impacta os territórios locais evidenciando a vulnerabilidade a que as populações locais estão suscetíveis [...] De um lado, os empreendimentos chegam às municipalidades, prometem potencializar a economia local, com geração de empregos, aumento da arrecadação fiscal e os possíveis impactos são esquecidos de serem mencionados. De outro lado, os territórios são carentes, vulneráveis e se iludem de que, dessa vez, a economia será potencializada, que chegou a solução para a pobreza. Essa é a lógica utilizada pelo capitalismo (HOFSTAETTER, [2016](#) p.113). Essa característica presente nos contratos firmados entre as empresas e os arrendatários corrobora com a tese da espoliação por despossessão (TRALDI, [2019b](#)). Hofstaetter destaca ainda que a implantação dos parques eólicos também aumenta a vulnerabilidade do lugar (Nascimento-Júnior, [2018](#)), das famílias atingidas e o número de conflitos nos territórios onde os parques são implantados, e por isso

Essa lógica de produção de energia no capitalismo (ver [Capítulo 6](#)) ocorre independente de a fonte ser renovável ou não renovável. O fato de os impactos serem comunicados de forma técnica durante a fase de negociação entre empresas e futuros arrendatários é parte dessa lógica tendo em vista que:

O discurso ambiental das empresas e das elites políticas, somado ao do progresso e da modernização do território, que vem impulsionando a expansão do uso da fonte eólica no mundo, serve no Brasil para esconder práticas socialmente injustas, como invasão de propriedades, apropriação de territórios tradicionais, desmatamentos desenfreados, perfuração de poços, comprometimento de corpos hídricos e contratos

duvidosos, o que conforma práticas comuns das empresas do setor eólico nas comunidades. (TRALDI, [2019a](#), p. 282).

O Estado é quem viabiliza o desenvolvimento das fontes renováveis de energia através de isenções fiscais e tributárias, disponibilização de crédito e normatização dos territórios. Uma grande contradição identificada por Traldi ([2019b](#)) diz respeito aos caminhos do capital que investe na implantação e geração de energia eólica no Brasil - os recursos que financiam boa parte deste processo são, majoritariamente, de origem pública, tendo no Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) o grande credor. O banco público por sua vez utiliza recursos do Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT), que é destinado às empresas interessadas na implantação dos parques e na geração de energia, ou seja, o dinheiro que deveria ser utilizado para garantir melhores condições de vida para os trabalhadores é fundamental para precarização das relações de trabalho das áreas afetadas

O processo de implantação de parques eólicos no semiárido brasileiro que decorre da combinação de interesses externos ao território brasileiro, como controle sobre os custos de produção, solução de crise ambiental e interesses da indústria eólica, e de interesses internos ao território brasileiro, entre eles ampliação do parque gerador de eletricidade, acaba por se caracterizar como um processo que drena recursos nacionais para a esfera rentista internacional e para empresas. (TRALDI, [2019b](#), p. 265).

O custo deste investimento é coletivo e os lucros advindos deste processo servem à lógica de acumulação perpétua do capital, beneficiando apenas a uma fração das elites nacionais e internacionais que controlam as empresas beneficiadas por este investimento (TRALDI, [2019b](#); MORENO, [2016](#))

A geração de energia eólica no semiárido brasileiro se desenvolve nesse contexto de expansão capitalista. É um processo que cria oportunidades lucrativas para o capital ao absorver excedentes de capital represados nos países do centro do sistema capitalista e ainda não empregados devido à crise econômica. Assim o Brasil, com elevado potencial eólico disponível, passou a figurar como uma nova e promissora fronteira para a expansão capitalista da “indústria verde”, especialmente porque não possuía em meados dos anos 2000 nenhuma empresa nacional voltada à fabricação de aerogeradores. Revelava-se como um mercado potencialmente ainda mais promissor para expansão do mercado consumidor das empresas estadunidenses, europeias e asiáticas do setor eólico (TRALDI, [2019b](#), p. 70).

Neste sentido, concorda-se com a abordagem feita por Holden et al (2014) de que não se pode negociar nenhuma das dimensões primárias para alcançar o desenvolvimento sustentável, ou seja, não é possível conceber como sustentável um processo que reproduz no território desigualdades sociais e ambientais. Em 2018, David L McCollum et al. apresentaram um estudo sobre as relações e interrelações entre os ODS propostos pela ONU e de como a busca para atingir um objetivo pode impactar negativamente na busca de outros objetivos (Mccollum *et al.*, 2018).

Para além do impacto social, relacionado com o cercamento das terras, diversos impactos ambientais também podem ser gerados na implantação e geração dos parques como, por exemplo, descaracterização das paisagens e invasão de áreas de preservação permanente relacionados com a implantação das torres de energia eólica, desmatamento e erosão relacionado com a abertura de estradas, instalações na rota migratória de espécies e redução da produtividade de algumas espécies como as abelhas (HOFSTAETTER, 2016).

Diante desta encruzilhada, entre promover a transição energética e a garantia dos direitos humanos de povos e comunidades tradicionais, é necessário construir caminhos que superem a lógica de produção e reprodução do capital no âmbito da produção e armazenamento de energia a partir das fontes renováveis.

## **Armazenamento de energia em baterias de lítio**

A intermitência das fontes renováveis de energia dificulta a expansão plena desta modalidade de geração de energia elétrica. Algumas fontes variam a disponibilidade ao longo do dia, como no caso das fontes solar e eólica; ou sazonalmente ao longo do ano, mais nítido nas fontes hídricas e de biocombustíveis. Para mitigar os efeitos desta intermitência utiliza-se armazenadores de energia. Este recurso permite uniformizar a oferta de energia por um determinado tempo, além de garantir certa segurança na disponibilidade de energia elétrica, garantindo a continuidade do fornecimento (GALLO et al., 2016).

A propagação e adesão de sistemas de armazenamento de energia é altamente dependente tanto de políticas públicas que os incentivem, quanto da abertura do setor de energia para serviços de armazenamento. Em escala mundial, a instalação destes sistemas vinculados à eletricidade cresceu anualmente desde 2013 até 2018 (IEA, 2020). Com o incremento da geração elétrica a partir das fontes eólica e solar no Brasil, maior destaque passou a ser dado à pesquisa e desenvolvimento no setor de armazenamento de energia. Em 2016, a Chamada de Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento Estratégico nº 021/2016 foi lançada pela ANEEL contemplando o financiamento a projetos de armazenamento de energia elétrica de toda natureza. Foram aprovados 23 projetos e 21 deles já estavam em fase de execução em 2019.

Dentre as principais rotas tecnológicas de armazenamento desenvolvidas estão a aplicação de baterias e a conversão em gás hidrogênio (ANEEL, [2019](#)).

O armazenamento de energia eletroquímica na forma de baterias destaca-se como uma das tecnologias de grande potencial de aplicabilidade. Um dos principais diferenciais é sua versatilidade por contar com projetos modulares, rápido tempo de resposta e fácil instalação. A capacidade de armazenamento e a potência disponível de sistemas de baterias podem ser projetadas de acordo com o número de células empregadas. A manutenção e durabilidade do sistema de armazenamento com baterias varia de acordo com a tecnologia de bateria aplicada, assim como o espaço físico necessário para operação, o qual é vinculado à densidade energética das baterias e aos equipamentos adjacentes necessários (EPE, [2019](#)).

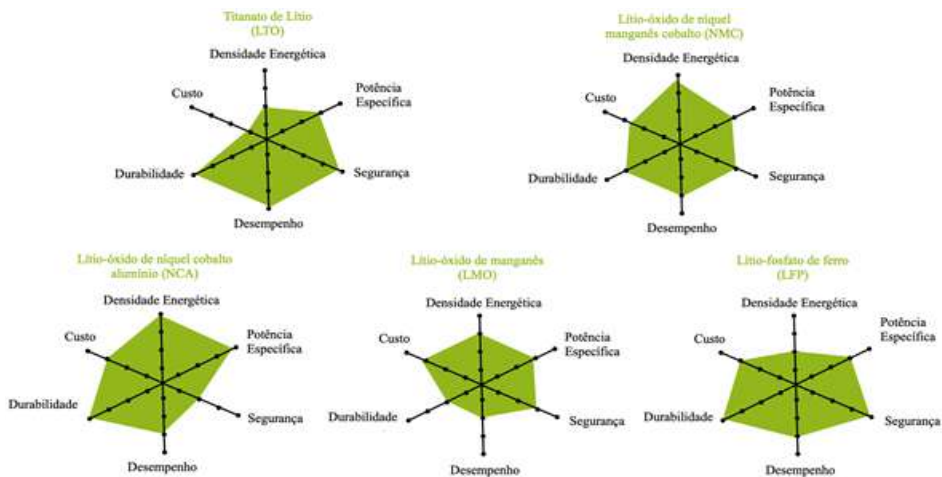
As baterias de íons lítio (Lithium-ion Batteries - LIBs) evidenciam a tecnologia mais promissora mundialmente, cujo rápido avanço da maturidade está sendo impulsionado pela aplicação veicular (IEA, [2020](#)). Elas se destacam no uso em transportes por proverem melhor densidade energética que suas atuais concorrentes diretas de chumbo-ácido e de níquel-hidreto metálico (NiMH).

Diferentemente das baterias convencionais, as LIBs não usam uma reação redox<sup>3</sup> para converter eletricidade. Em vez disso, os íons lítio se movimentam entre o ânodo e o cátodo, forçando os elétrons a se moverem com eles (BERNARDES *et al.*, [2004](#)). Elas foram desenvolvidas, inicialmente, com lítio e óxido de cobalto (LiCoO<sub>2</sub> – LCO) como eletrodo positivo (cátodo) e o grafite como eletrodo negativo (ânodo). Novas composições de eletrodo positivo, aplicando outros materiais, foram desenvolvidas recentemente e já se encontram em estágio comercial, como o fosfato de ferro (LiFePO<sub>4</sub> – LFP), óxido de manganês (LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub> – LMO), óxido de níquel manganês cobalto (Li(NixMnyCoz)O<sub>2</sub> – NMC) e óxido de níquel cobalto alumínio (Li(NixCoyAlz)O<sub>2</sub> – NCA); além da opção de eletrodo negativo com grafite, o mais usado, outitanato de lítio (LTO). A escolha entre os eletrodos adequados a cada aplicação pode ser baseada nas características identificadas na [Figura 2](#).

---

3 Uma reação redox (ou reação de oxidação-redução) é um tipo de reação química que envolve a transferência de elétrons entre duas espécies químicas.

**Figura 2 - Características técnicas de cinco composições de eletrodos das baterias de íons lítio**



Fonte: Adaptado de Reid e Julve (2016).

A modularidade das baterias permite a operação em sistemas com potências que variam da ordem de kW, como na geração distribuída, até a ordem de GW, como na geração eólica (EYER; COREY, 2010). O uso estacionário das LIBs, como suporte à geração eólica e solar, exige rápido tempo de resposta e um tempo médio de atuação, principalmente em horários de pico de demanda elétrica. Para atender às oscilações diárias das fontes solares, os sistemas de armazenamento podem ser projetados para evitar quedas repentinas e complementar a potência de geração para a potência nominal do sistema instalado em períodos determinados. Desta forma, a descarga das baterias deve durar entre meia hora e duas horas, suportando a potência nominal do sistema de geração fotovoltaico (EYER; COREY, 2010).

Para atuar em conjunto com os sistemas de geração eólica, os sistemas de armazenamento com baterias podem operar, assim como no caso da fotovoltaica, com serviços de continuidade de fornecimento de energia ou como reguladores de distúrbios na geração, estabilizando a energia gerada para sincronizar com a frequência e a fase da rede elétrica. No entanto, estas duas aplicações dependem de um sistema de baterias com qualidades técnicas diferentes. Para garantir a continuidade da energia, o sistema de armazenamento deve ter tempo de resposta rápido e tempo de descarga longo; já nos serviços de estabilização da energia, o tempo de resposta também deve ser rápido, mas o serviço opera em vários ciclos curtos de carga e descarga. Assim, para este segundo tipo de aplicação, opta-se por LIBs com a melhor eficiência energética, enquanto para o primeiro opta-se por sistemas que permitam grandes profundidades de descarga das baterias (EYER; COREY, 2010).

As LIBs ainda não são unanimidade para os serviços de armazenamento estacionário por dois principais motivos: financeiro e ambiental. As baterias exigem um investimento alto, ainda que isso venha se reduzindo ao longo dos anos. O aumento de demanda e melhorias nos processos de fabricação fizeram com que os preços de venda fossem reduzidos de 1.100 U\$.kWh<sup>-1</sup> em 2010 para 137 U\$.kWh<sup>-1</sup> em média no final do ano de 2020, com tendências de redução futuramente (BOUDWAY, 2020).

Do ponto de vista ambiental, o processo de fabricação das baterias acarreta em grandes impactos, relacionados principalmente aos produtos químicos usados e a extração e beneficiamento de elementos químicos, como o próprio lítio, cobalto e níquel, materiais cuja disponibilidade pode ser limitada (ZUBI et al., 2018). O processo de fabricação das baterias, nas suas diversas composições de materiais, apresenta altos riscos de toxicidade, tanto a ambientes aquáticos e terrestres, quanto aos seres humanos (CUSENZA et al., 2019; MAJEAU-BETTEZ; HAWKINS; STRØMMAN, 2011; NOTTER et al., 2010). Ainda assim, a fabricação das LIBs se mostra, em geral, menos danosas ao meio ambiente que a fabricação de baterias de NiMH e de chumbo-ácido (BOBBA et al., 2018a; MAJEAU-BETTEZ; HAWKINS; STRØMMAN, 2011).

A contribuição da fabricação das LIBs para o aquecimento global varia para as químicas que compõem as baterias. Fabricar baterias do tipo LMO promove a emissão de cerca de 50 kg CO<sub>2</sub>eq.kWh<sup>-1</sup>, consideradas as menos impactantes ao efeito estufa. A fabricação das baterias NMC variam as emissões de GEE entre 80 kg CO<sub>2</sub>eq.kWh<sup>-1</sup> e 200 kg CO<sub>2</sub>eq.kWh<sup>-1</sup>, enquanto a contribuição das baterias LFP variam de 150 kg CO<sub>2</sub>eq.kWh<sup>-1</sup> a 260 kg CO<sub>2</sub>eq.kWh<sup>-1</sup>. Estes valores mantêm alta correlação com a fonte energética que alimenta a indústria fabricante. (ELLINGSEN; HUNG; STRØMMAN, 2017; KIM et al., 2016). O processo de fabricação das células da bateria compõe entre 45% e 62% das emissões totais de GEE associadas à bateria completa, diretamente relacionada com o consumo de energia elétrica e gás natural envolvido na fabricação das células (KIM et al., 2016).

Além de impulsionar a tecnologia e reduzir os custos de fabricação, a propagação do uso de LIBs no setor de transportes gera a oportunidade do seu reaproveitamento. Ao final do uso em veículos leves e médio, as baterias ainda comportam entre 70% e 80% da sua capacidade nominal e se mostram aptas para uma aplicação menos intensiva, como é o caso das aplicações estacionárias (CICCONI et al., 2012). Esta opção de reaproveitamento levanta oportunidades de mitigações ambientais, por prolongar o uso de um componente de altos impactos ao meio ambiente; e econômicas, por inserir no mercado um produto de qualidade técnica e com custo de aquisição reduzido (MARTINEZ-LASERNA et al., 2018).



A segunda vida traz benefícios ambientais tanto para a fabricação dos veículos, que compartilha seus impactos ambientais, quanto aos empreendimentos estacionários que iniciam suas operações com menores impactos, se comparados a empreendimentos com baterias novas (MARTINEZ-LASERNA *et al.*, 2018). A pegada ambiental da implementação destes empreendimentos com bateria de segunda vida pode ser reduzida ao reutilizar componentes que já cumpriram seu papel inicial no transporte (AHMADI *et al.*, 2015; RICHA *et al.*, 2015). Para adaptá-las ao segundo uso, as baterias devem passar por um processo de remodelagem, o qual avalia seu estado físico e reconfigura suas conexões para atender aos requisitos técnicos estacionários.

Desta forma, a bateria, que exerceria apenas uma função na mobilidade, passa a redistribuir todos os impactos ambientais de fabricação prolongando sua funcionalidade em uma segunda vida útil. Ao reutilizar as baterias veiculares, também é possível que menos baterias, tanto de lítio quanto de chumbo-ácido ou NiMH, sejam fabricadas, assim demandando menos materiais primários e emitindo menos poluentes e resíduos da fabricação, chegando até à percepção de uma pegada ambiental negativa em alguns casos específicos considerando apenas a bateria (BOBBA *et al.*, 2018b; RICHA *et al.*, 2015). Muitas empresas em várias partes do mundo já estão testando o segundo uso destas baterias de veículos elétricos para uma variedade de aplicações de armazenamento de energia, tanto em reuso estacionário quanto em reuso em modalidades de transporte leves.

O risco ambiental das LIBs pode ser mitigado com desenvolvimento e melhorias dos processos de recuperação e com a sua reciclagem. O uso de materiais reciclados nas baterias reduz o processo de extração de materiais pouco abundantes e otimiza o processo de fabricação exigindo menos insumos (ZUBI *et al.*, 2018). No entanto, a demanda energética do processo de reciclagem precisa também ser analisada para que os benefícios sejam confirmados.

### *Processos de reciclagem*

As LIBs são compostas por metais pesados, produtos químicos orgânicos e plásticos, na proporção de 5% a 20% de cobalto, 5% a 10% de níquel, 5% a 7% de lítio, 15% de produtos químicos orgânicos e 7% de plásticos, composição esta que pode variar, dependendo do fabricante. Quando o resíduo gerado pelas LIBs é processado adequadamente, os metais pesados, como o cobalto ou o lítio, podem ser recuperados, o que é desejável para a conservação dos recursos naturais (AL-THYBAT *et al.*, 2013).

Atualmente, o processo de reciclagem destas baterias envolve algumas etapas, classificadas em métodos de pré-tratamento, hidrometalúrgicos<sup>4</sup> e pirometalúrgicos<sup>5</sup>.

Em um primeiro momento, geralmente é aplicado o processo de pré-tratamento, que tem como intuito preparar os diferentes fluxos de resíduos de baterias para o processo subsequente. O pré-tratamento pode ser classificado como mecânico ou químico e consiste basicamente em desmontagem, trituração, peneiramento, tratamento térmico, método mecânico-químico e dissolução (VELÁZQUEZ MARTÍNEZ *et al.*, 2019; VANITHA; BALASUBRAMANIAN, 2013). Estas técnicas normalmente operam com base nas diferenças físicas e químicas da bateria, por exemplo, densidade, forma, tamanho e reações químicas (KAYA, 2016).

Em seguida, o material obtido é refinado pelos processos de hidrometalurgia, pirometalurgia ou a mistura de ambos. Pirometalurgia refere-se a operações em temperaturas elevadas, onde reações redox são ativadas para fundir e purificar metais. A hidrometalurgia envolve a lixiviação de elementos valiosos de uma matriz sólida e sua precipitação subsequente por meio da modificação da química da fase solvente (BANKOLE *et al.*, 2013; MOSSALI *et al.*, 2020). Existem algumas diferenças importantes entre estes processos que podem contribuir para sua eficácia, flexibilidade na mudança da química e nas configurações das LIBs. A [Tabela 2](#) sintetiza algumas dessas diferenças.

A pirometalurgia é a técnica mais utilizada para recuperar metais devido ao seu processo simples e por lidar com um fluxo misto de material, diferente dos processos hidrometalúrgicos. No entanto, o uso de altas temperaturas produz muitas emissões nocivas, requer alto consumo de energia e não é capaz de extrair o lítio, que geralmente se torna escória, demandando pesquisas para soluções que promovam maior eficiência energética e ambiental.

Por outro lado, a hidrometalurgia é complexa e fortemente dependente da química do cátodo (LV *et al.*, 2018).

---

4 O termo hidrometalurgia (Hidro) designa processos de extração de metais em meio aquoso (SOUZA, 2013)

5 Pirometalurgia (Piro) é um ramo da metalurgia que envolve o tratamento térmico.

**Quadro 2 - Comparação dos processos de reciclagem das LIBs**

<b>Processos</b>	<b>Condições do processo<sup>6</sup></b> (GAINES; DUNN, 2014)	<b>Vantagens<sup>7</sup></b> (MOSSALI <i>et al.</i> , 2020)	<b>Desvantagens<sup>8</sup></b> (MOSSALI <i>et al.</i> , 2020)
Piro	Etapas químicas e de alta temperatura	Aplicável a qualquer química e configuração de bateria; Geração de reação exotérmica, reduzindo o consumo de energia.	Alto consumo de energia; Emissões gasosas perigosas.
Hidro	Etapas físicas de baixa temperatura	Aplicável a qualquer química e configuração de bateria; Consumo moderado de energia; Sem emissões gasosas; Recuperação de todos os metais catódicos das baterias de íons lítio.	Produção de águas residuais.

Fonte: Adaptado de LV *et al.* (2018).

### *Impactos ambientais*

Embora se saiba que a reciclagem das LIBs pode ser benéfica ao meio ambiente, principalmente no que se diz respeito à redução da extração de matéria-prima, do consumo energético e das emissões de CO<sub>2</sub>, os atuais processos de reciclagem ainda não atingiram o grau de maturidade comercial de outras baterias, como a de chumbo-ácido (BANKOLE; GONG; LEI, 2013).

Para contribuir ao maior entendimento e à identificação das vantagens e desvantagens de cada processo de reciclagem, alguns estudos de avaliação do ciclo de vida (ACV) vêm sendo realizados. Em concordância, temos o estudo desenvolvido por Engel (2016), o qual considerou diversos cenários dos processos de reciclagem a fim de avaliar alguns impactos ambientais, em especial o potencial de aquecimento global (GWP 100<sup>9</sup>), de toxicidade humana (HTP<sup>10</sup>) e de toxicidade terrestre (TETP<sup>11</sup>).

6 GAINES; DUNN, (2014).

7 MOSSALI *et al.*, (2020).

8 MOSSALI *et al.*, (2020).

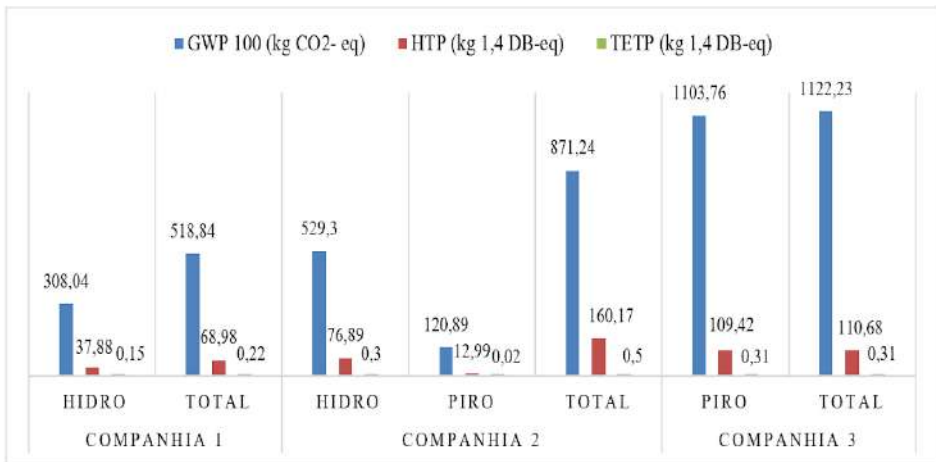
9 GWP 100 - significa *Global Warming Potential*, ou, em português, potencial de aquecimento global. É um tipo de medida que mostra quanto uma determinada quantidade de massa de um gás de efeito estufa é capaz de reter calor na atmosfera, em comparação com a mesma massa de gás equivalente de CO<sub>2</sub> (RECIGASES, 2020).

10 HTP - significa *Human Toxicity Potential*, ou, em português, potencial de toxicidade humana. É um índice calculado que reflete o dano potencial de uma unidade do produto químico liberado no meio ambiente, sendo baseado na toxicidade inerente de um composto e sua dose potencial (MCKONE e HERTWICH, 2001).

11 TETP - significa *Terrestrial Ecotoxicity Potential*, ou, em português, potencial de toxicidade terrestre. É definido como o estudo dos efeitos de uma substância química em organismos e plantas terrestres (PRO, 2016).

O sistema foi delimitado especificamente na fase de reciclagem, que incluem os métodos básicos, como desativação e desmontagem dos sistemas de bateria, tratamento mecânico, bem como etapas do processo hidro e pirometalúrgico. As análises foram classificadas em diferentes companhias de reciclagem, de 1 a 3, cada uma empregando rotas tecnológicas diferentes, tendo a companhia 1 utilizado o processo de hidrometalurgia; a companhia 2, as duas tecnologias (piro e hidrometalúrgias); e a companhia 3, apenas do processo piro. Os resultados desta pesquisa podem ser vistos na [Figura 3](#), considerando uma unidade funcional (UF) de 1.000 kg de LIBs. O valor total, identificado para cada companhia, corresponde às emissões decorrentes especificamente dos processos de reciclagens – desde o pré-tratamento até o produto recuperado.

**Figura 3 - Impacto ambiental das categorias de impacto dos processos de reciclagens**



Fonte: Adaptado de Engel (2016).

Como era de se esperar, o estudo de Engel (2016) mostrou que os efeitos ambientais podem sofrer algumas variações, dependendo de quais fatores – materiais, fluxo do processo, fluxo energético, combustíveis e outros – forem considerados em sua análise, neste caso específico, o tipo de processo de reciclagem. A grande contribuição do processo pirometalúrgico nas emissões de CO<sub>2</sub> se deve à demanda de energia para atingir altas temperaturas, já comentada, que no caso do estudo foi suprida pelo uso de 800 kWh. Já o resultado total para o potencial de toxicidade humana no processo da companhia 1 pode ser atribuído ao uso do carbonato de sódio (30kg). Por fim, a rota que inclui os dois processos juntos mostrou maior potencial de toxicidade terrestre em função do uso de produtos químicos como o calcário (129 kg) e ácido sulfúrico (126 litros).

Boyden *et al.* (2016), em um estudo comparativo do ciclo de vida entre os processos de reciclagem (hidrometalúrgica e pirometalurgia), mostraram que os metais comumente recuperados são cobre, níquel e cobalto. Além disso, apresenta que os maiores contribuintes para os impactos ambientais são a geração de eletricidade, a incineração de plásticos e o aterro de resíduos. Em termos de efeitos ambientais, os autores sugerem que os processos mais benéficos são aqueles que utilizam baixas temperaturas e capazes de recuperar o plástico.

## **Desafios e oportunidades: considerações finais**

Os ODS têm sido o norteador da sustentabilidade no âmbito político, no entanto pouco se mede sobre impacto econômico, estrutural e mudança social. É necessário que instâncias governamentais, instituição de ciência e tecnologia e a sociedade civil organizada estructurem planos de ação e avaliem cenários para alcance das metas. É preciso integrar a comunidade em todo o processo, desde as consultas para entender suas demandas até o acompanhamento de funcionamento do sistema (MATHYAS, 2020).

A expansão de atendimento em regiões remotas deve ser acompanhada de treinamento e capacitação para gestão dos sistemas de geração de energia elétrica, oportunizando a realização de estudos e consultas sobre a viabilidade de operação e manutenção dos sistemas. As fontes renováveis de energia aumentam a produtividade, competitividade e resiliência de populações tradicionais que vivem em comunidades remotas e isoladas, dando apoio a melhoria na qualidade de vida, produção e geração de renda. Vale destacar que o acesso à energia abrange também seu uso para atividades produtivas, educacionais e recreativas, não apenas para atendimentos básicos do dia a dia (MATHYAS, 2020).

Para intensificar a propagação de sistemas de armazenamento de energia e do uso estacionário de LIBs, o reaproveitamento das baterias veiculares se mostra uma ferramenta importante no âmbito econômico e ambiental. As baterias propulsoras podem ser reutilizadas em praticamente todas as funções estacionárias de uma bateria nova, porém exigem um controle de manutenção e acompanhamento maior (REID & JULVE, 2016). O uso de sensores avançados e métodos aprimorados de monitoramento de baterias no campo e testes de fim de vida permitiriam que as características de baterias individuais fossem melhor combinadas com as aplicações propostas de segundo uso, com vantagens concomitantes em vida, segurança e valor de mercado. As aplicações de baterias de segunda vida proporcionam menores investimentos iniciais para os sistemas de armazenamento, melhorando, assim, o retorno financeiro esperado em relação ao uso de novas LIBs (NEUBAUER *et al.*, 2015). No entanto, é preciso um planejamento adequado para que as baterias de reuso sejam substituídas antes de comprometerem a funcionalidade do empreendimento.

Seguindo a hierarquia de gestão de resíduos, a reutilização é considerada preferível à reciclagem imediata ao fim da primeira vida, a fim de extrair o máximo valor econômico e minimizar os impactos ambientais. Mesmo que todos os benefícios do segundo uso sejam percebidos, no entanto, deve ser lembrado que a reciclagem (e não o aterro) é o destino inevitável de todas as baterias.

Algumas análises recentes do ciclo de vida de veículos elétricos indicaram que, em alguns casos, a aplicação dos processos atuais de reciclagem das LIBs pode não resultar em reduções nas emissões de GEE em comparação com a produção primária (CIEZ& WHITACRE, 2019). Portanto, processos mais eficientes são urgentemente necessários para melhorar a viabilidade ambiental e econômica da reciclagem, que atualmente depende fortemente do conteúdo de cobalto.

No momento, há pouca esperança de que processos de reciclagem lucrativos sejam encontrados para todos os tipos de LIBs de veículos elétricos atuais e futuros sem uma pesquisa e desenvolvimento substancialmente bem-sucedidos. Portanto, o imperativo de reciclar derivará principalmente do desejo de evitar a criação de aterros sanitários e suportar o fornecimento de materiais estratégicos para fabricação das baterias. As vantagens ambientais e econômicas do segundo uso e o baixo volume de baterias de veículos elétricos atualmente disponíveis para reciclagem podem postergar, ou até limitar, o desenvolvimento de uma indústria de reciclagem no curto ou médio prazo no Brasil. A reciclagem das baterias de veículos elétricos pode ser um recurso secundário valioso para manter o uso de materiais pouco abundantes na natureza. A gestão cuidadosa dos recursos consumidos pela fabricação de baterias - e pela reciclagem - certamente são a chave para a sustentabilidade da futura indústria de armazenamento em forma de baterias (HARPER *et al.*, 2019).

## Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA – ABEOLICA. **Energia eólica ultrapassa 20 GW de capacidade instalada no Brasil**. São Paulo, 2021. Disponível em: <http://abeolica.org.br/noticias/energia-colica-ultrapassa-20-gw-de-capacidade-instalada-no-brasil/>. Acesso em: dezembro de 2021.
- AHMADI, L. et al. A cascaded life cycle: reuse of electric vehicle lithium-ion battery packs in energy storage systems. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 22, n. 1, p. 111–124, 2015.
- AL-THYABAT, S. et al. Adaptation of minerals processing operations for lithium-ion (LiBs) and nickel metal hydride (NiMH) batteries recycling: Critical review. **Minerals Engineering**, v. 45, p. 4–17, 2013
- AMARANTE, O. A. C. do; BROWER, M.; ZACK, J.; SÁ, A. L. de. **Atlas do potencial eólico brasileiro**. Ministério de Minas e Energia. Eletrobrás. Brasília, DF, 2001. 45p. Disponível em: [http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas\\_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf). Acesso em: 30 nov. 2020.
- ANEEL. **Chamada de Projeto de P&D Estratégico no 021/2016 – Arranjos Técnicos e Comerciais para a Inserção de Sistemas de Armazenamento de Energia no Setor Elétrico Brasileiro**. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/pt/programa-de-p-d/-/asset\\_publisher/ahiml6B12kVf/content/regulamentacao-vigente/656831?inheritRedirect=false&redirect=http://www.aneel.gov.br/pt/programa-de-p-d?p\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_ahiml6B12kVf%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_state%3D](http://www.aneel.gov.br/pt/programa-de-p-d/-/asset_publisher/ahiml6B12kVf/content/regulamentacao-vigente/656831?inheritRedirect=false&redirect=http://www.aneel.gov.br/pt/programa-de-p-d?p_p_id%3D101_INSTANCE_ahiml6B12kVf%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3D). Acesso em: 2 fev. 2020.
- BANKOLE, Oluwatosin Emmanuel; GONG, Chunxia; LEI, Lixu. Battery Recycling Technologies: Recycling Waste Lithium Ion Batteries with the Impact on the Environment In-View. **Journal of Environment and Ecology**, v. 4, n. 1, p. 14, 2013.
- BERNARDES, A. M.; ESPINOSA, D. C. R.; TENÓRIO, J. A. S. Recycling of batteries: A review of current processes and technologies. **Journal of Power Sources**, v. 130, n. 1–2, p. 291–298, 2004.
- BOBBA, S. et al. **Sustainability Assessment of Second Life Application of Automotive Batteries (SASLAB)**. [s.l: s.n.]. 2018.
- BOUZAROVSKI, Stefan; SIMCOCK, Neil. Spatializing energy justice. **Energy policy**, 2017.
- BOYDEN, A.; SOO, V.K.; DOOLAN, M. **The Environmental Impacts of Recycling Portable Lithium-Ion Batteries**. 2016, [S.l: s.n.], 2016. p. 188–193.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029** / Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pr/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2029>. Acesso em: 28 de novembro 2020.
- CIEZ, Rebecca E.; WHITACRE, J.F. E Examining different recycling processes for lithium-ion batteries. **Nature Publishing Group**. V.2, n.2, 2019.
- CIPLET, David; ADAMS, M. Kevin; WEIKMANS, Ramon; Roberts, J. Timmons. The Transformative Capability of Transparency in Global Environmental Governance. **Global Environmental Politics**, v.18, n. 3, 2018.
- CUSENZA, M. A. et al. Energy and environmental assessment of a traction lithium-ion battery pack for plug-in hybrid electric vehicles. **Journal of Cleaner Production**, v. 215, p. 634–649, 2019.

- DUNN, J. B. et al. Impact of recycling on cradle-to-gate energy consumption and greenhouse gas emissions of automotive lithium-ion batteries. **Environmental Science and Technology**, v. 46, n. 22, p. 12704–12710, 20 nov. 2012.
- ELLINGSEN, L. A. W.; HUNG, C. R.; STRØMMAN, A. H. Identifying key assumptions and differences in life cycle assessment studies of lithium-ion traction batteries with focus on greenhouse gas emissions. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 55, p. 82–90, 2017.
- ENGEL, Jan. **Development Perspectives of Lithium-Ion Recycling Processes for Electric Vehicle Batteries**. Proceedings of the 2016 Industrial and Systems Engineering Research Conference, p. 7–12, 2016.
- EPE. **Sistemas de Armazenamento em Baterias Aplicações e Questões Relevantes para o Planejamento** Novembro de 2019. [S.l.: s.n.], 2019.
- FAIRHEAD, James; LEACH, Melissa; e SCOONES, Ian. Green Grabbing: a new appropriation of nature? **Journal of Peasant Studies**, 39:2, 2012. pp. 237-261
- FSP – Jornal Folha de São Paulo. **Briga por posse de terras ameaça mil famílias no sertão da Bahia**. 2019. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/poder/2019/09/briga-por-posse-de-terras-ameaca-mil-familias-no-sertao-da-bahia.shtml>>. Acesso em agosto de 2020.
- GAINES, L. L.; DUNN, J. B. **Lithium-Ion Battery Environmental Impacts**. [s.l.: s.n.].
- GALLO, A. B. et al. Energy storage in the energy transition context: A technology review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 65, p. 800–822, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.028>>.
- HARPER, Gavin et al. Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles. **Nature**, v. 575, n. 7781, p. 75–86, 2019.
- HOFSTAETTER, Moema. **Energia eólica: entre ventos, impactos e vulnerabilidades socioambientais no Rio Grande do Norte**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Programa de Pós-Graduação em Estudos Urbanos e Regionais. Natal, RN, 2016.
- HOLDEN, E; LINNERRUD, K; BANISTER, D. Sustainable development: Our Common Future Revisited. **Global Environmental Change** 26: 130–139, 2014. Available <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.006>
- IEA. **Energy Storage**. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/energy-storage>>. Acesso em: 17 nov. 2020.
- KAYA, Muammer. Recovery of metals and nonmetals from electronic waste by physical and chemical recycling processes. **Waste Management**, v. 57, p. 64–90, 2016.
- KIM, H. C. et al. Cradle-to-Gate Emissions from a Commercial Electric Vehicle Li-Ion Battery: A Comparative Analysis. **Environmental Science and Technology**, v. 50, n. 14, p. 7715–7722, 2016.
- KUMAR, Nishi. **Cities, climate change and health equity**. WellesleyInstitute, 2018.
- LV, W. et al. A Critical Review and Analysis on the Recycling of Spent Lithium-Ion Batteries. **Sustainable Chemistry and Engineering**, v. 6, n. 2, p. 1504–1521, 2018.
- MAJEAU-BETTEZ, G.; HAWKINS, T. R.; STRØMMAN, A. H. Life Cycle Environmental Assessment of Lithium-Ion and Nickel Metal Hydride Batteries for Plug-In Hybrid and Battery Electric Vehicles. **Environmental Science & Technology**, p. 4548–4554, 2011.



- MATHYAS, A. da M. **Acesso à energia com fontes renováveis em regiões remotas no Brasil: Lições aprendidas e recomendações**. WWF Brasil, 2020.
- MARTINEZ-LASERNA, E. et al. Battery second life: Hype, hope or reality? A critical review of the state of the art. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 93, n. April, p. 701–718, 2018.
- MCCOLLUM, D. L; ECHEVERRI, L.G; BUSCH, S; PACHAURI, S; PARKINSON, S; ROGELJ, J; KREY, V; MINX, J. C; NILSSON, M; STEVANCE, A. S; RIAHI, K. Connecting the sustainable development goals by their energy inter-linkages **Environ. Res. Lett.** 13 (3), 2018. Availableat: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aaafe3>
- McKone, Thomas E., and Edgar G. Hertwich. 2001. The Human Toxicity Potential and a Strategy for Evaluating Model Performance in Life Cycle Impact Assessment. **International Journal of Life Cycle Assessment** 6 (2): 106–9.
- MME. Ministério de Minas e Energia. **Programa Luz Para Todos**, s.d. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/servicos/ouvidoria/perguntas-frequentes/programa-luz-para-todos> Acesso em 22 de Dez de 2020.
- MORENO, Camila. As roupas verdes do rei: economia verde uma nova forma de acumulação primitiva. In: DILGER, G; LANG, M; PEREIRA FILHO, J. (orgs). **Descolonizar o imaginário: debates sobre o pós-extrativismo e alternativas ao desenvolvimento**. Tradução de Igor Ojeda. São Paulo: Fundação Rosa Luxemburgo, p. 256-293, 2016.
- MOSSALI, E. et al. Lithium-ion batteries towards circular economy: A literature review of opportunities and issues of recycling treatments. **Journal of Environmental Management**, v. 264, 2020.
- NASCIMENTO JÚNIOR, Lindberg. **Clima urbano, risco e vulnerabilidade em cidades costeiras do mundo tropical: estudo comparado entre Santos (Brasil), Maputo (Moçambique) e Brisbane (Austrália)**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. 2018.
- NOTTER, D. A. et al. Contribution of Li-ion batteries to the environmental impact of electric vehicles. **Environmental Science and Technology**, v. 44, n. 17, p. 6550–6556, 2010.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Plataforma Agenda 2030, 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.com.br> Acesso em 30 de setembro de 2020.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS 03: saúde e bem-estar**. Plataforma Agenda 2030, 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/ods/3/> Acesso em 30 de setembro de 2020.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS 07: Energia acessível e limpa**. Plataforma Agenda 2030, 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/ods/7> Acesso em 30 de setembro de 2020.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS 09: Indústria, inovação e infraestrutura**. Plataforma Agenda 2030, 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/ods/9/> Acesso em 30 de setembro de 2020.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS 10: Redução das desigualdades**. Plataforma Agenda 2030, 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/ods/10/> Acesso em 30 de setembro de 2020.
- PAC. Ministério do Planejamento. **Luz para todos**, s.d. Disponível em: <http://pac.gov.br/infraestrutura-social-e-urbana/luz-para-todos> Acesso em 22 de Dez de 2020.

- PRO, Litte. Terrestrial toxicity. **Environmental Risk Assessment**. Disponível em: [https://www.chem-safetypro.com/Topics/CRA/definition\\_terrestrial\\_toxicity\\_testing.html](https://www.chem-safetypro.com/Topics/CRA/definition_terrestrial_toxicity_testing.html). Acesso: 11 de janeiro de 2021.
- RECIGASES – Time técnico. **O que significa GWP e ODP?** Disponível em: <https://blog.recigases.com/blog/o-que-significa-gwp-e-odp>. Acesso em 11 de janeiro de 2021.
- REID, G.; JULVE, J. Second Life-Batteries As Flexible Storage For Renewables Energies. **Bundesverbandes Erneuerbare Energie E.V.**, p. 46, 2016.
- RICHA, K. et al. Environmental trade-offs across cascading lithium-ion battery life cycles. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 22, n. 1, p. 66–81, 2015.
- RODRIGUES, Thiago. P.; GONÇALVES, Solange. L. ; CHAGAS, André Luiz S. **Usinas eólicas e o mercado de trabalho nos municípios do Nordeste brasileiro**. In: 44° Encontro Nacional de Economia (ANPEC 2016), 2016, Foz do Iguaçu. Anais do 44° Encontro Nacional de Economia, 2016.
- SOUZA, José Inacio De. **Introdução a Hidrometalurgia**. 2013. Disponível em: <<http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>>.
- SOVACOOOL, B. K.; DWORKIN; M H. Energy justice: Conceptual insights and practical applications. **Applied Energy**, p. 435-444, 2015.
- TORRES, Pedro Henrique Campello et al. Is the Brazilian National Climate Change Adaptation Plan Addressing Inequality? Climate and Environmental Justice in a Global South Perspective. **Environmental Justice**, 2020
- TRALDI, Mariana. **Acumulação por despossessão**: a privatização dos ventos para a produção de energia eólica no semiárido brasileiro. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. Campinas, SP, 2019b.
- TRALDI, Mariana. Impactos socioeconômicos e territoriais da implantação de parques eólicos nos municípios de Caetité (BA) e João Câmara (RN). In: GORAYEB, A. BRANNSTROM, C. MEIRELES, A. J. de A. **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil**. Fortaleza: Edições UFC, 2019a.

## CAPÍTULO 13

# PERSPECTIVAS DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL NO MUNDO E NO BRASIL

---

*Hugo Muniz Bolognesi*<sup>1</sup>

*Alyson Luz Pereira Rodrigues*<sup>1</sup>

*Zoraide Souza Pessoa*<sup>2</sup>

*Sônia Regina da Cal Seixas*<sup>1</sup>

*Carla Kazue Nakao Cavaliero*<sup>1</sup>

### Resumo

A grave crise sanitária e econômica que o mundo atravessa desde 2020, decorrente da pandemia da COVID-19, trouxe à reflexão a necessidade de investir em setores que fortaleçam a saúde e o bem-estar social e a urgência em reduzir as vulnerabilidades econômicas e de infraestrutura. No que se refere ao setor de energia, este contexto vai de encontro ao comprometimento dos países assinantes do Acordo de Paris em alavancar a participação das fontes renováveis de energia nas suas respectivas matrizes energéticas. Se num primeiro momento os países redirecionaram seus recursos para socorrer a área da saúde e a área econômica, há expectativa de retomada dos investimentos previstos para reduzir a dependência de fontes não renováveis de energia, viabilizar projetos de incentivo à geração elétrica renovável, introduzir melhorias em eficiência energética, infraestrutura e atualizar políticas direcionadas ao setor elétrico. No cenário brasileiro, observam-se as medidas propostas nos planos nacionais e os fatores sociais, políticos e econômicos que podem interferir no cumprimento das mesmas. Desta forma, o objetivo deste capítulo é analisar as perspectivas da utilização de energia renovável na geração elétrica nacional, considerando o cumprimento das metas estabelecidas pela Agenda 2030 no Brasil.

**Palavras-chave:** Agenda 2030; Brasil; Fontes Renováveis; Matriz Elétrica.

### Introdução

É inquestionável que o sistema global de energia enfrenta vários desafios importantes, relacionados à garantia de atendimento da demanda para apoiar o

---

1 Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, Brasil. [hugobolognesi@gmail.com](mailto:hugobolognesi@gmail.com)

2 Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Brasil.

desenvolvimento econômico, levando em consideração questões de justiça energética e a mitigação dos impactos socioambientais.

Diante disso, muitos países da América do Sul vêm elaborando estratégias de resposta às mudanças climáticas baseadas no aproveitamento dos recursos naturais e de suas economias em crescimento. O Brasil, em particular, tem uma posição importante nas iniciativas de mitigação em todo o mundo, o que se reflete na criação de programas abrangentes e na incorporação de ações no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE).

Todo este cenário foi impactado de forma mundial com a pandemia da COVID-19. Se por um lado a economia global foi duramente impactada pela paralisação das atividades nos vários setores, exigindo medidas urgentes de socorro econômico aos grupos mais vulneráveis e o redirecionamento do uso dos recursos financeiros disponíveis para a área da saúde; por outro a crise sanitária evidenciou a ausência de fronteiras dos problemas globais e a vulnerabilidade que todos estão sujeitos. Essa percepção é exatamente a mesma que muitos pesquisadores afirmam quanto às mudanças climáticas globais e serve de alerta para a importância de uma ação cooperativa global também no contexto ambiental.

Portanto, considerando a importância das fontes renováveis de energia na mitigação dos impactos das mudanças climáticas globais e na democratização do acesso à energia, neste capítulo são analisadas algumas perspectivas da sua utilização na geração elétrica tanto no âmbito mundial quanto no brasileiro, tendo em conta o cumprimento das metas estabelecidas pela Agenda 2030 e os diversos impactos relacionados.

## **Agenda 2030: ODS 7**

As métricas econômicas de crescimento de um país deixaram de ter papel sobe-rano em vista das transformações que a dinâmica de relações econômicas, sociais e ambientais exercem sobre o desenvolvimento da sociedade e meio ambiente. Para incentivar e, de certa forma, mensurar o desenvolvimento sustentável, a Organização das Nações Unidas (ONU) promove periodicamente conferências mundiais com os líderes de diversos países a fim de estipular medidas socioambientais. Sob o nome de Agenda 2030, as metas mais recentes estão descritas em 17 Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável (ODS) previstas para serem atingidas até 2030 por todos os países membros da ONU. O plano de ação pretende erradicar a pobreza em todas as suas formas e proteger o planeta de desgastes ambientais, abordando as diferentes dimensões do desenvolvimento sustentável com base em cinco áreas temáticas, ou os chamados 5Ps: Pessoas, Prosperidade, Planeta, Paz, Parcerias (ONU, [2015](#)).

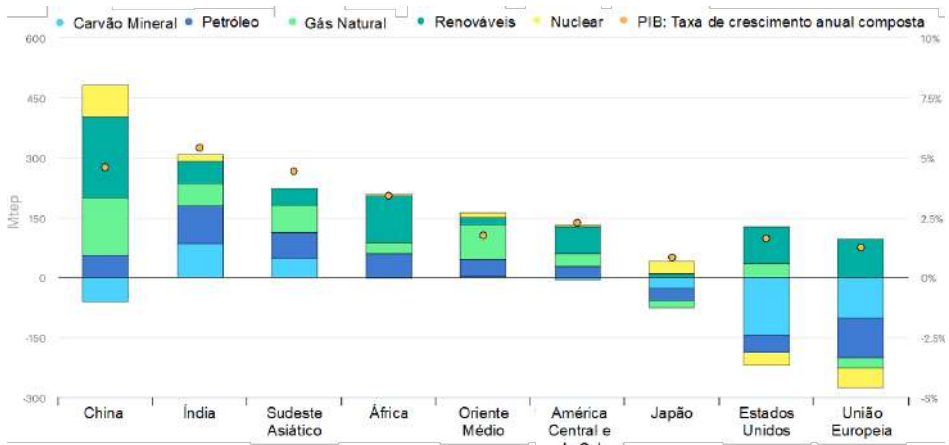
Os ODS constituem uma orientação para os países alinharem as suas políticas com os compromissos globais. São divididos em 169 metas e 232 indicadores, os quais exigem que haja empenho combinado na sociedade, liderados pelo poder público, contando com colaboração de organizações públicas e privadas, da academia, do

terceiro setor e da sociedade civil em geral. Levando em consideração que as metas são apenas indicativas, os governos desfrutam de certa liberdade para decidir qual o foco ao planejar e implementar medidas que visam atingi-las. Isto permite que cada contexto seja considerado para adaptar as ODS de acordo com o estágio de desenvolvimento, de políticas e de restrições nacionais, regionais e locais. Existe o risco de que apenas as metas que se alinham melhor com as suas políticas e prioridades sejam escolhidas por governantes, deixando de lado metas importantes. Para mitigar esta situação, uma estrutura sólida de indicadores potencializa os ODS como ferramenta de gestão e ajuda o poder local a desenvolver estratégias de implementação (ONU, [2015](#)).

A disponibilidade de fontes energéticas é crucial para cumprir todos os ODS, contudo há um objetivo que contempla especificamente a questão de abastecimento de energia: o ODS 7 – Energias Renováveis e Acessíveis. Este objetivo busca garantir o acesso a fontes de energia confiáveis, sustentáveis e modernas a todos. A energia exerce papel importante na erradicação da pobreza, passando pelos avanços na saúde, educação, abastecimento de água e alimentos, industrialização, até ao combate às mudanças climáticas. As metas do ODS 7 citam tanto a transição energética, de fontes não renováveis e poluidoras para fontes renováveis limpas, quanto melhorias na eficiência energética, modernizando as tecnologias de infraestrutura, fornecimento e consumo. Assim, os sistemas energéticos passam por mudanças radicais por todo o mundo abrindo caminho para um setor mais sustentável, seguro e com melhor custo-benefício (ONU, [2015](#)).

Movidos por inovações tecnológicas, as fontes de energia fósseis deverão ser substituídas por fontes renováveis. Devido à tendência de redução de custos e empreendimentos mais atraentes, o segmento de energia renovável tem se estabilizado como opção tecnológica escolhida para aumentar a capacidade de geração. A geração eólica, solar fotovoltaica e hidráulica pode prover eletricidade de forma competitiva se comparada com a geração à base de queima de combustível fóssil. Além do mais, as fontes renováveis contribuem tanto para a economia local quanto para a seguridade energética, tendo em vista que usam de recursos locais, geram emprego e impactam na melhoria da saúde por reduzirem a poluição local (IEA, [2020a](#)). No entanto, a adesão às fontes renováveis deve crescer mais do que as tendências registradas e as medidas de incentivo adotadas até o final de 2019 para que as metas de desaceleração do aquecimento global sejam alcançadas. A [Figura 1](#) ilustra os incrementos de consumo de energia por fonte e por regiões até 2030, em relação a 2019, baseado nas políticas energéticas vigentes em cada país ou região. Os Estados Unidos e a União Europeia seguem uma tendência de diminuir o consumo energético, voltando os esforços para reduzir a dependência das fontes fósseis e nuclear em favor das fontes renováveis, e, no caso dos Estados Unidos, também do gás natural. A previsão sugere que, entre os países que deverão aumentar sua oferta para atender o consumo de energia, a China contribua com a maior expansão absoluta das fontes renováveis, seguida dos países africanos e sul-americanos (IEA, [2020a](#)).

**Figura 1 - Previsão da variação do consumo de energia primária (valores absolutos) por fontes e por região seguindo as políticas energéticas atuais e previsão da taxa de crescimento anual composta do Produto Interno Bruto (PIB) entre 2019 e 2030**



Fonte: Adaptado de IEA (2020a)

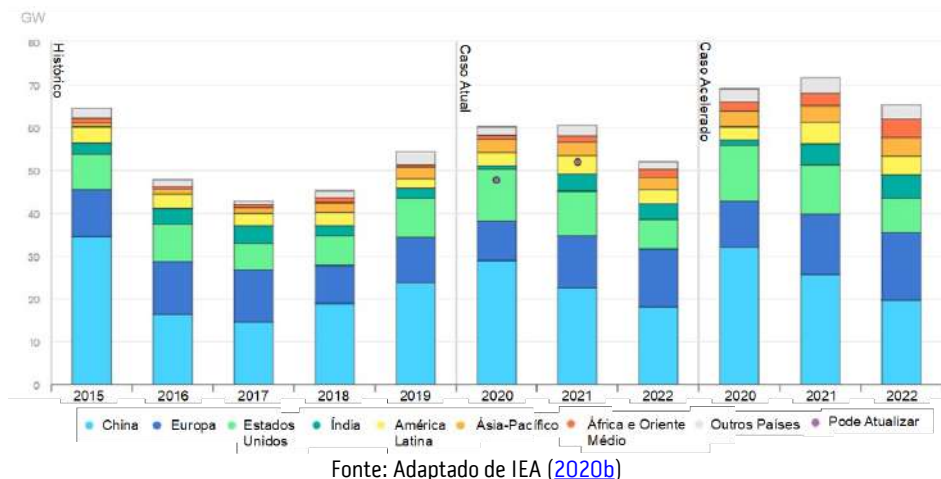
Segundo o relatório do *International Renewable Energy Agency* (IRENA) de 2020, existe uma dificuldade por parte de diversos países em traduzir as promessas de atingir os ODS em metas e ações locais concretas (IRENA, 2020a). Existe uma discordância entre as metas relacionando energias renováveis divulgadas e as estratégias de políticas públicas voltadas para o setor de energia, o que acaba gerando desconfiança entre os investidores.

O setor de geração de energia elétrica viu a participação de energias renováveis aumentar constantemente ao longo dos anos, sendo a principal opção mundial para aumentar a capacidade de geração e atingindo a marca de 26% em 2019 (IRENA, 2020b). Este aumento é impulsionado tanto pela maturidade das tecnologias de geração elétrica quanto pela redução dos custos de instalação. A competitividade das fontes renováveis está atrelada à modularidade e rápida escalabilidade de implementação. Para o ano pré pandemia, o Custo Nivelado de Energia (*Levelized Cost of Energy – LCOE*) da geração eólica *onshore* era de 53 U\$/MWh, enquanto da geração solar fotovoltaica chegou a uma média de 68 U\$/MWh, apenas 20% do LCOE de 2010 para esta modalidade. A geração solar fotovoltaica era 7,6 vezes mais custosa que o empreendimento de geração à combustão mais barata em 2010; e, em 2019, 40% dos empreendimentos fotovoltaicos tinham custos de geração elétrica menores que os sistemas equivalentes à combustão. A geração hídrica contribuiu, em 2019, com 90% dos empreendimentos com LCOE menores que um empreendimento novo de geração elétrica à combustão, ao passo que a geração eólica chegou a 75% dos empreendimentos disponibilizando energia elétrica menos custosa que a geração à combustão com potências equivalentes (IRENA, 2020c).

A dinamização dos sistemas eólicos em termos tecnológicos e de mercado é considerada já consistente e consolidada, dado que está em crescimento vertiginoso desde o início de 2000, primeiramente com plantas *onshore*, e de 2010 em diante também dinamizando a exploração *offshore*. Anualmente a energia eólica *onshore* bate recordes quanto à sua capacidade instalada no mundo tanto em níveis regionais como por países. Em 2019, alcançou 51 GW de capacidade em novas instalações, passando em 2020 para 108 GW e com um aumento de 11% da energia gerada (IEA, [2021a](#)).

Esse crescimento é impulsionado atualmente por dez países que se destacam como os maiores produtores de energia eólica *onshore* do planeta. Em primeiro lugar absoluto, a China, seguida dos Estados Unidos e da Alemanha. Seguem como destaques em ordem de posição Índia, Espanha, Reino Unido, França, Brasil, Canadá e Itália. Juntos, estes dez países contribuem com mais da metade da produção a partir deste tipo de fonte energética. Por enquanto, essa parece ser uma tendência que se seguirá nos próximos anos. O ano de 2019 representou um aumento de 11% na geração eólica em relação ao ano anterior, como demonstrado (IEA, [2020b](#)). A Figura 2 mostra a expansão anual da potência de geração eólica em terra até o ano de 2019, assim como prevê a expansão para três anos seguintes baseado no cenário atual de políticas e incentivos energéticos e em um cenário hipotético no qual atem políticas mais promissoras para esta fonte. Para atingir o cenário acelerado seria necessário mais investimento nas redes de distribuição de eletricidade, maior apoio às políticas de incentivo, solucionar desafios socioambientais e regulatórios para implementação de empreendimentos eólicos, e reduzir ou eliminar riscos em mercados emergentes. A queda prevista na implantação de novas adições de capacidade de energia renovável em 2022, deve-se tanto ao término do prazo dos incentivos nos principais mercados-chave (China e Estados Unidos) como também às incertezas políticas resultantes para o setor (IEA, [2020b](#)).

**Figura 2 – Novas instalações de geração eólica onshore, em potência, por país ou região entre 2015 a 2019 e previsão para cenários baseados na expansão atual e na expansão acelerada entre 2020 e 2022.**



## Crise planetária e a demanda por fontes renováveis de energia para geração de eletricidade

Em 2020, o mundo se deparou com um cenário de pandemia em decorrência do vírus SARS-CoV-2, causador da doença chamada de COVID-19 (WHO, 2020a). As consequências da doença exigem cuidados especiais devido às síndromes respiratórias, o que demanda a ocupação de leitos de Unidades de Terapia Intensiva (UTI). Dentre as principais medidas para conter o avanço da doença, como manter a higienização das mãos e o uso de máscaras, adotar períodos de quarentena e isolamento social se mostraram comportamentos necessários, sendo praticados mundialmente a partir de meados de março de 2020 (WHO, 2020b).

A crise sanitária vem desencadeando reações socioeconômicas e ambientais devido às medidas de contenção do vírus. Os países subdesenvolvidos e as regiões mais pobres enfrentam problemas intensos para lidar com a pandemia e suas consequências. A adaptação e mitigação dos riscos à saúde imediatos com a pandemia são comprometidos por problemas já existentes nestes países, como por exemplo a falta de estruturas públicas para saúde e saneamento; a dificuldade de manter o distanciamento social, em decorrência da ocupação de domicílios por muitos integrantes da família; e a alta incidência do trabalho informal. De acordo com relatório da IEA (2020a), mais de 770 milhões de pessoas em todo o mundo não tinham acesso à eletricidade até o final do ano de 2019, o que limita a capacidade de armazenar medicamentos e alimentos, acessar informações, iluminar as residências e até mesmo prover o abastecimento de



água para garantir a higienização individual. Sob essa perspectiva, países em desenvolvimento enfrentam limitações econômicas para investir em medidas sanitárias, garantir os serviços médicos adequados, prover assistência emergencial às famílias e etc. de forma a manter condições para mitigar também a crise econômica (IEA, 2020c).

O setor energético também sofreu grandes impactos devido à crise sanitária global de 2020. Segundo a *International Energy Agency* (IEA, 2021b), tendo em vista a redução das atividades econômicas, a demanda por energia primária reduziu em praticamente todos os países, menos na China. A atividade energética retraiu 4% no ano de 2020 em relação ao mesmo período em 2019, a maior queda percentual desde a Segunda Guerra Mundial e a maior retração em valores absolutos já registrados (IEA, 2021b).

Esta queda na atividade energética por conta da pandemia afeta diretamente a economia mundial, porém de forma assimétrica a depender do setor energético. Por um lado, o consumo de combustíveis para locomoção e logística se reduz drasticamente nos períodos de maiores restrições. Por outro, o consumo energético residencial para climatização e o consumo de energia elétrica para equipamentos digitais e servidores de dados se mantêm, ou até aumentam.

Assim a inter-relação entre geração de riqueza e demanda energética foi impactada devido à natureza da crise mundial. Nenhum país da OCDE registrou crescimento econômico para 2020 em relação ao ano anterior, sendo que o PIB mundial retraiu 3,4% ao final do ano de 2020 (IEA, 2021b). Neste período os combustíveis fósseis foram os principais afetados. A restrição de deslocamentos de pessoas e produtos fez com que a demanda de petróleo fosse reduzida em 5%. Inclusive, o mundo testemunhou um fato inédito: o preço do barril de petróleo ficou negativo em abril de 2020 (TOBBEN; NGAI, 2020). A produção não seguiu a demanda mundial reduzida, de forma que era mais compensador distribuir o barril de petróleo para ser armazenado ao invés de parar a produção por completo. Esta situação afeta diretamente a receita de países altamente dependentes da exportação de petróleo e seus derivados, podendo ter sido reduzida em 80% no ano de 2020 (IEA, 2020c).

A redução de custos dos combustíveis fósseis, por outro lado, contribuiu para a transição energética de carvão mineral para gás natural. Apesar da redução da demanda global por gás natural ter sido em 2% em 2020, em relação ao mesmo período em 2019, o preço competitivo e a logística do gás natural liquefeito (GNL) foram cruciais para substituir o carvão mineral na geração elétrica (IEA, 2021b). O consumo de carvão mineral caiu em quase 8% no primeiro trimestre (T1) de 2020, impulsionado pela redução das atividades industriais metalúrgicas e, principalmente, pela retração global da demanda de energia elétrica. No mesmo período, verificou-se uma queda de 5,2% na demanda de carvão mineral para geração elétrica (IEA, 2020d).

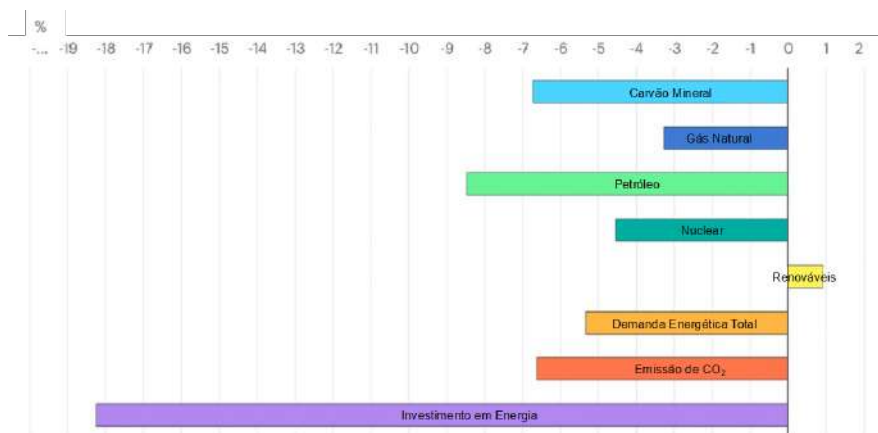
As energias renováveis para aquecimento e transporte se mostraram menos resilientes para superar a crise sanitária, social e econômica vivida em 2020. A redução das atividades comerciais, industriais e de construção civil no mundo todo

significaram queda no uso de bioenergia e de resíduos em segmentos altamente intensivos energeticamente, como as indústrias de papel e de cimento. O consumo de energia térmica para atividades industriais e aquecimento residencial decresceu 3% devido aos cortes nas atividades e ao inverno menos rigoroso, como comentado anteriormente (IEA, [2020b](#)). As fontes de energia térmica renováveis reduziram apenas 1% sua participação no contexto de pandemia, principalmente pela manutenção da demanda residencial. No entanto, elas enfrentam concorrência da eletricidade a partir de fontes renováveis, a qual segue tendência de crescimento (IEA, [2020b](#)). Já os biocombustíveis voltados para transporte sofreram uma queda mais drástica, tanto pela redução das atividades de logística quanto pela redução dos preços de combustíveis fósseis, já comentados. A produção de biocombustíveis apresentou uma retração de 5,3% em 2020 comparando com o ano de 2019, redução menor que a prevista na metade de 2020, que era de 11,5% (IEA, [2021a](#)).

Já no caso do setor elétrico, ao contrário das fontes fósseis, as fontes renováveis se mostraram resilientes à pandemia. A participação de fontes renováveis para geração de energia elétrica cresceu, ainda que levemente (1,5%), durante o T1 do ano de 2020. Como as fontes renováveis recebem incentivos em muitos países, as instalações de geração elétrica já iniciadas anteriormente foram concluídas em 2020, mesmo com a redução da demanda energética e redução de atividades comerciais e industriais (IEA, [2020b](#)). Ainda assim, a adição de novas centrais de geração elétrica a partir de fontes renováveis retraiu 11% na primeira metade de 2020 em relação ao mesmo período do ano anterior (IEA, [2020b](#)). Felizmente, os empreendimentos de geração elétrica a partir de fontes renováveis se recuperaram ao longo do ano e, ao final, obtiveram um aumento de 1% na adição de potência instalada em relação a 2019 (IEA, [2021a](#)).

Visto a tendência de retração econômica e redução da intensidade energética, o investimento no setor energético também reduziu. A [Figura 3](#) descreve a previsão realizada pelo IEA ([2020a](#)) para o setor energético, baseada em resultados e expectativas até agosto de 2020. O setor de energias renováveis foi o único com tendência de crescimento para o ano em relação a 2019. Segundo estudo mais recente do IEA ([2021b](#)), de fato, o investimento em energia reduziu em quase 13% no ano de 2020.

**Figura 3 – Demanda energética estimada por fonte, emissão de CO<sub>2</sub> e indicadores de investimento em 2020 em relação a 2019 (%).**



Fonte: Adaptado de IEA (2020a)

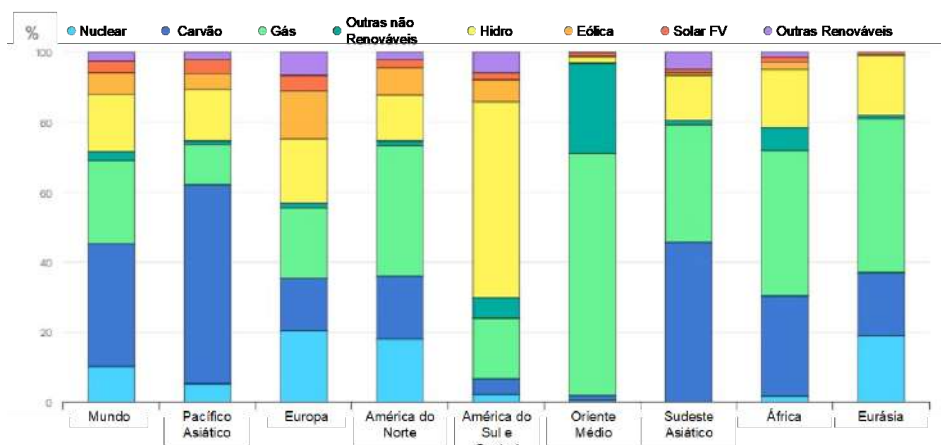
A China liderou o aumento de empreendimentos de geração renovável com 23,54 GW de potência instalada na primeira metade de 2020, mesmo que o número absoluto seja menor que no ano anterior. Para esse mesmo período, o EUA foi o único país a proporcionar um aumento em relação ao ano anterior, de 82% de incremento nas adições de novas capacidades por fontes renováveis, gerando cerca de 11,23 GW no total (IEA, 2020b). Em parte, este resultado ocorre pela flexibilização do país ao isolamento social, e em parte pela pressão em comissionar projetos de geração eólica para atender aos prazos com incentivos fiscais.

Estes incentivos proporcionam a rápida recuperação das atividades para concluir empreendimentos de geração renovável ao redor do mundo, visto que diversos países encerram o prazo de incentivos entre 2020 e 2022. Por outro lado, isto levanta preocupações com a expansão das fontes renováveis a partir de 2022 se não existirem novos planos de incentivo e colaboração para estimular a energia de fontes não fósseis. A China suspendeu o subsídio para empreendimentos fotovoltaicos e eólicos *onshore* ao final de 2020, e para eólicos *offshore* até o final de 2021. As incertezas políticas e econômicas dos países latino-americanos e da Ásia tendem a dificultar previsões energéticas. Apenas a União Europeia apresenta um plano concreto de incentivo às fontes renováveis, com a aprovação de um fundo de recuperação de U\$840 bilhões destinado à expansão da participação das fontes renováveis e mitigação e adaptação às mudanças climáticas, entre outros objetivos.

Ao final de 2020, as Américas do Sul e Central se mostraram as regiões menos dependentes de combustíveis fósseis na matriz elétrica, porém com alta dependência da fonte hídrica, como se verifica na [Figura 4](#). O resto do mundo ainda enfrenta desafios para ampliar a participação das fontes renováveis na geração elétrica.

As fontes renováveis que contaram com maiores adições de potência elétrica instalada no ano de 2020 foram a solar e eólica. No primeiro semestre de 2020 foram instalados 40,1 GW de potência elétrica na forma de geração solar fotovoltaica, 17% a menos que a nova capacidade instalada por essa fonte nos seis primeiros meses do ano anterior. Durante o T1, cujos primeiros efeitos da pandemia se iniciaram, a expansão de parques fotovoltaicos retraiu em 25% em relação ao período em 2019 (IEA, [2020b](#)). As fontes eólicas retraíram um pouco menos, 8%, as novas adições no primeiro semestre de 2020, se comparado ao período de 2019, adicionando 21,5 GW de potência no mundo todo (IEA, [2020b](#)). A expectativa é que a capacidade de geração destas duas fontes volte a crescer assim que os efeitos da pandemia se normalizarem e o fluxo de logística e de construção não sejam impedimentos.

**Figura 4 – Mix de fornecimento de eletricidade por região - 2020**



Fonte: Adaptado de IEA ([2020e](#))

Os novos empreendimentos de geração hidrelétrica do primeiro semestre de 2020 superaram a capacidade implementada durante o primeiro semestre de 2019, ocorrendo aumento no T1 (29%) e no T2 (30%), totalizando 7,4 GW instalados no período de 2020. Este aumento foi impulsionado por grandes empreendimentos hídricos concluídos na China durante o período (IEA, [2020b](#)).

Diretamente relacionado com a redução da demanda energética, a emissão de GEE também reduziu durante o ano de crise sanitária (IEA, [2021b](#)). O consumo reduzido dos combustíveis fósseis proporcionou uma diminuição de 5% nas emissões de CO<sub>2</sub> no T1 de 2020 em relação ao mesmo período de 2019 (IEA, [2020d](#)). A queda foi maior em países que enfrentaram os impactos preliminares da disseminação do vírus e tomaram as medidas de distanciamento, tendo contribuição também do inverno menos rigoroso nos países do hemisfério norte. Os Estados Unidos

registraram queda diária das emissões de CO<sub>2</sub> referentes ao uso energético em quase 15%, além de reduções de outros gases e de material particulado vinculados à queima de combustíveis fósseis (GILLINGHAM *et al.*, 2020).

As emissões do setor energético foram reduzidas em quase 0,4 Gt de CO<sub>2eq</sub> no ano de 2020, o que significa redução de 3% em relação ao ano anterior. Foi a maior retração já registrada em emissões de GEE. A maior participação de fontes renováveis e redução de consumo de combustíveis de alta intensidade de carbono fez com que a intensidade de emissões (g CO<sub>2eq</sub> por kWh) atingisse níveis 2,8% menores, acompanhando a tendência de queda do ano anterior que foi de 2%. No entanto, estes valores ainda estão longes da meta de 10% de redução da intensidade energética ao ano para atingir o nível de zero emissões até 2030. Ainda estamos na faixa de 470 gCO<sub>2eq</sub>.kWh<sup>-1</sup>, mais de três vezes a meta de 140 gCO<sub>2eq</sub>.kWh<sup>-1</sup> (IEA, 2021b).

Gillingham *et al.* (2020) estimaram que as reduções de emissões de poluentes relativas às medidas de confinamento poderiam evitar cerca de 200 mortes por mês nos EUA devido a crises respiratórias relacionadas à poluição e materiais particulados. No entanto, no longo prazo, esse pequeno benefício pode ser menos relevante, visto que o isolamento também reduziu investimentos e a implementação de fontes energéticas renováveis. Os mesmos autores estimam que o atraso na construção e operação dos empreendimentos com energia renovável e de transição da mobilidade podem adicionar 2,5 bilhões de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> equivalente entre 2020 e 2035. Como consequência, isto pode acarretar em uma média de 70 mortes por mês relacionadas à poluição urbana.

## A matriz elétrica brasileira e a potência instalada por fontes renováveis

O Brasil, maior país da América Latina, oitava maior economia global e o sétimo emissor global de gases de efeito estufa (GEE), é referência mundial na geração de energia por fontes renováveis, pois possui abundantes recursos eólicos, solares, hídricos e biomassas, que podem ser melhor explorados (BARBOSA *et al.*, 2020). Além disso, o país possui um amplo sistema elétrico interligado, decorrente da interconexão gradual de diferentes regiões: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Norte e Nordeste (MAUAD *et al.*, 2017; MEDEIROS *et al.*, 2021).

Em 2020, a capacidade instalada outorgada no país de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) foi de 210,7 GW, sendo 83% proveniente de fontes renováveis e 17% de fontes não renováveis. A fonte hídrica possui maior representatividade da potência outorgada na matriz elétrica brasileira (Figura 5), com crescimento de 2,3% em 2019, embora a importação de Itaipu tenha recuado (ANEEL, 2020a). Logo, o setor elétrico brasileiro pode ser caracterizado como um grande sistema hidrotérmico.

**Figura 5 – Matriz elétrica brasileira por fonte energética**



Fonte: EPE ([2022](#)).

Apesar da peculiaridade no perfil de geração elétrica, ainda é necessário aprimorar as políticas de incentivo à geração de energias renováveis não hídricas. No caso da energia eólica, o Brasil ocupa a oitava posição entre os países com maior capacidade tangível de geração eólica do mundo (World Wind Energy Association, [2020](#)). Em 2019, a geração proveniente desta fonte atingiu 56 TWh, com crescimento significativo de 15,5% comparado ao ano anterior (EPE, [2020](#)), evidenciando a potencialidade brasileira.

Em termos técnicos, o Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Mudanças Climáticas (INCT-Clima) estimou um potencial eólico bruto de até 880 GW (com possibilidade de produção de 1.700 TWh.ano<sup>-1</sup>) considerando alturas de cubo de 100 m, sendo 522 GW tecnicamente viável (BRASIL, [2014](#)). O regime de ventos na América do Sul, principalmente na região do Nordeste brasileiro e no extremo sul do continente, apresenta excelentes características para a geração de eletricidade, ou seja, boa velocidade, baixa turbulência e razoável uniformidade e frequência (PEREIRA, [2016](#)).

Observa-se também que houve um crescimento galopante nos últimos 15 anos da energia eólica no Brasil, especialmente na região Nordeste. Mais da metade da capacidade instalada deste tipo de energia se concentra nesta região, promovendo o importante incremento da geração de energia elétrica para o país como um todo, mas também impactos nos sistemas socioecológicos onde são instalados os parques eólicos. Desmatamento, instalação em unidades de proteção ambiental, desconfiguração dos ecossistemas sociais e ecológicos, transformando as paisagens litorâneas, mas também adentrando para as áreas continentais, são alguns dos resultados verificados. Tudo isso se configura economicamente como uma dinâmica de enclave regional e de grandes conflitos socioambientais locais (HOFSTAETER, [2016](#)) e, certamente, se apresenta como um desafio a ser superado.

Já a energia solar fotovoltaica ainda é pouco utilizada, como se verificou na Figura 5, considerando-se que o país possui os níveis de radiação solar entre os mais altos do mundo, com radiação média de  $4,8 - 6 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  (SANTOS; JONG; COSTA; TORRES, 2020). Em termos geográficos, a região Nordeste é a que possui maior quantidade de instalações fotovoltaicas, principalmente nos estados do Alagoas, Ceará, Pará e Piauí (ANEEL, 2020a). De acordo com relatórios do IRENA (2019) a capacidade instalada de sistemas fotovoltaicos no Brasil aumentou de 0,015 GW em 2014 para 2,3 GW em 2018, representando um crescimento médio de cerca de 0,46 GW por ano e um incremento de 15,3% em 5 anos.

Outra fonte renovável de grande potencial no país é a biomassa. Tal representatividade se deve principalmente à utilização do bagaço de cana de açúcar na cogeração de energia, representando 6,7% da potência outorgada em 2019 (ANEEL, 2020a). Esta participação pode aumentar no curto e médio prazo com o incremento da produção de etanol e os incentivos decorrentes da Política Nacional de Biocombustíveis, também conhecida como Programa RenovaBio, criado pela Lei Federal 13.576/2017 (DRANKA; FERREIRA, 2018).

Como já comentado, um importante desafio a ser superado é o controle dos efeitos adversos dos impactos socioambientais, pois assim como as fontes energéticas não renováveis, as fontes renováveis deixam um lastro de conflitos. Tais conflitos socioambientais precisam de maior instrumentalização normativa, fiscalização e participação social na efetivação da expansão das fontes renováveis, que parece continuar em curso para a próxima década, mas sem integrar a uma transição energética plena no contexto brasileiro.

Portanto, apesar das diversas barreiras que impedem o desenvolvimento de algumas tecnologias para lidar com a intermitência das fontes renováveis e sua natureza estocástica, observa-se que o Brasil ainda segue no caminho de assumir seus compromissos com a Contribuição Nacionalmente Determinada (em inglês, *National Determined Contribution* - NDC), principalmente porque seu sistema energético possui potencial para ser menos intensivo em carbono no contexto global, como discutido anteriormente (LAMPREIA *et al.*, 2011).

## Perspectivas para o cenário 2030

O Brasil ratificou o Acordo de Paris em setembro de 2016, se comprometendo a reduzir as emissões de GEE em 37% até 2025 e em 43% até 2030, com base nos níveis de 2005, conforme indicado pelo governo federal na NDC apresentada em 2015 (BRASIL, 2020). Portanto, os cenários futuros do setor energético brasileiro para os próximos 30 anos devem estar associados à mitigação dos impactos das mudanças climáticas (LIMA *et al.*, 2020).

O Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2027, projetando as tendências de consumo e oferta de energia de 2018 a 2027, considerava um crescimento médio do PIB de 2,8% (embora o PIB médio real tenha diminuído entre 2014 e 2017) e um total de R\$ 1,8 trilhão em investimentos no setor de energia no período. O plano previa ainda que as energias renováveis aumentariam sua participação relativa na matriz energética brasileira de 43% em 2017 para 47% em 2027, o que está em linha com o NDC alvo.



Posteriormente, o PDE 2029 brasileiro apresentou medidas de planejamento a longo prazo levando em consideração variáveis macroeconômicas e socioeconômicas; atividades de modernização do setor elétrico; e investimentos necessários. Uma das principais conclusões obtidas deste plano, para os próximos 10 anos, foi a necessidade de investimentos no setor de energia da ordem de R\$ 2,3 trilhões, sendo R\$ 1,9 trilhões em petróleo, gás natural e biocombustíveis e R\$ 456 bilhões em geração e transmissão de energia elétrica (EPE, [2020](#)).

Para a análise da expansão de energia no país, o PDE 2029 expõe projeções esperadas para a oferta interna de energia elétrica de 951 TWh em 2029, com uma taxa média de crescimento de 3,8% ao ano. Este valor representa aumentar em cinco vezes a oferta de eletricidade em relação à oferta atual de 176,5 TWh. Em relação às fontes de energia, espera-se um aumento no percentual de energia renovável no país, atingindo valores de 48% na matriz energética. Por outro lado, destaca-se a redução da participação do petróleo e seus derivados na oferta interna total de energia, de 34% em 2019 para 32% em 2029 (EPE, [2020](#)).

Em relação às medidas nacionais de eficiência energética, existem iniciativas como o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), criado em 1985 no âmbito do Ministério de Minas e Energia (BRASIL) e PROESCO (Programa de Apoio a Projetos de Eficiência Energética) para financiar projetos de eficiência energética. Entretanto, devem ser desenvolvidas mais ações para o cumprimento das metas estabelecidas na Agenda 2030, conforme Zurn *et al* ([2017](#)) e Economidou *et al* ([2020](#)) sugerem.

Os acordos de eficiência com a indústria e o setor público são uma das medidas estabelecidas para o aumento da eficiência energética. De acordo com uma resolução da ANEEL, as empresas de energia são obrigadas a gastar 0,5% de suas receitas líquidas em programas e projetos de eficiência energética, contando com um encargo tarifário conhecido como Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) (BRASIL, [2010](#)). Este programa de incentivo também ajudou a conter a crise no setor elétrico brasileiro devido à pandemia mundial, disponibilizando essa verba para o fundo emergencial Conta COVID. A Conta COVID foi criada com o intuito de flexibilizar os caixas das distribuidoras de energia durante o período pandêmico, visto que por um lado a demanda energética foi reduzida e por outro houve aumento na inadimplência dos consumidores. Serão destinados R\$14,8 bilhões às distribuidoras de energia elétrica, obtidos através de empréstimos junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) e outras 16 instituições financeiras, e parte disto será pago pelo CDE (ANEEL, [2020b](#)).

Outra medida importante para eficiência energética é a substituição de aparelhos e máquinas de iluminação pública ineficientes. Um exemplo foi a política de proibição gradual de lâmpadas incandescentes, com início em 2012 e término em 2016 (BRASIL, [2010](#)), semelhante à praticada na União Europeia. Atualmente, a tecnologia de luz LED é muito promissora devido à eficiência energética e durabilidade. Além disso, a substituição gradual de medidores de energia antigos por medidores digitais inteligentes pode contribuir na disseminação de redes inteligentes no nível doméstico (SOUZA *et al*, [2009](#)).

Mesmo tendo uma matriz energética com grande participação de fontes renováveis, é cada vez mais evidente a complexização dos impactos energéticos e socioambientais



da estrutura energética brasileira. Na perspectiva ambiental, o setor elétrico brasileiro enfrenta desafios importantes na atualidade, pois o processo de licenciamento ambiental é muito mais rigoroso com empreendimentos hidrelétricos do que com empreendimentos térmicos a base de combustível fóssil (CARVALHO *et al*, 2020). Notou-se também que programas governamentais anteriores para a promoção de energias renováveis apresentaram resultados limitados. O instrumento de incentivo adotado atualmente pelo governo é mecanismo de leilão, com a definição de preços teto de cada rota tecnológica a cada certame. Ao longo do tempo, os preços teto têm decrescido, como reflexo da redução dos custos da energia elétrica gerada por fontes renováveis, como a eólica e a solar. Apesar dos resultados associados à expansão da capacidade instalada serem evidentes, os impactos ambientais observados em alguns empreendimentos instalados indicam a necessidade de uma avaliação mais aprofundada dos benefícios das fontes renováveis de energia, especialmente no âmbito local.

Na perspectiva social, a combinação de estratégias de redução das desigualdades com a promoção de tecnologias renováveis pode ter um impacto considerável na redução das heterogeneidades das condições sociais, promovendo a apropriação dos ganhos pelas comunidades locais. Para isso, são necessários esforços para vincular esses recursos naturais por meio do progresso tecnológico, assim permitindo o desenvolvimento dos sistemas energéticos. No entanto, a conexão entre desenvolvimento e progresso tecnológico vai *pari passu* ao capital monopolista, mas ainda indiferente às condições de pobreza e miséria existentes na maioria das famílias rurais do semiárido brasileiro (PEREIRA; SILVA; GALVÃO; DANTAS, 2020).

Complementarmente, observa-se na literatura atual disponível pesquisas que analisam os principais impactos da alta penetração de fontes renováveis no sistema elétrico brasileiro em cenários futuros. Diuana et al (2019) analisaram os impactos da integração da energia eólica em sistemas de energia com altos níveis de geração de energia hidrelétrica, simulando a operação do sistema de eletricidade do Sul do Brasil em um modelo de despacho econômico. Considerando os anos de 2030 e 2050, quatro cenários foram analisados para cada um: um cenário tendencial, com variação do atendimento da reserva operativa<sup>3</sup> (com hidroelétricas ou com termelétricas); e outro com grande participação da energia eólica na geração e as mesmas condições de reserva operativa do ano de 2030. Os resultados do cenário tendencial indicaram um déficit de fornecimento para atender à demanda, mais evidente em 2050 do que em 2030. Isto se deve ao fato de todas as usinas operarem como geradores de carga na base e seus fatores de capacidade serem reduzidos nos cenários de grande expansão da geração de energia eólica. No cenário de reserva operativa com hidrelétricas, como as termelétricas a carvão são mais caras, seus fatores de capacidade sofrem uma redução maior do que as termelétricas à biomassa. Já no cenário de reserva operativa com termelétricas, devido à

---

3 Segundo a EPE (2018), a reserva operativa corresponde ao requisito do sistema para cobrir variações de carga entre intervalos de despacho, erros de previsão de carga, saídas forçadas de operação de unidades geradoras e linhas de transmissão etc. (EPE, 2018)

obrigatoriedade de reserva de todas as termelétricas, são os geradores de biomassa que reduzem sua geração para que as demais termelétricas operem (DIUANA et al, [2019](#)).

Dranka & Ferreira ([2018](#)) utilizaram o modelo computacional *EnergyPlan* para a análise de cenários futuros do sistema elétrico brasileiro, levando em consideração parâmetros técnicos, custos, emissões e riscos. Observou-se que um cenário extremo em 2050, com 100% de energia renovável na matriz elétrica brasileira, exigiria um aumento substancial na capacidade instalada para dar suporte à demanda de eletricidade, principalmente durante os períodos de ponta de carga (18h e 22h). Este resultado já era esperado e para se concretizar acarretaria a elevação do LCOE, em virtude das elevadas despesas de capital da maioria das tecnologias renováveis disponíveis. A análise de sensibilidade realizada também indicou a possível demanda por importações de eletricidade para o caso do sistema totalmente descarbonizado (DRANKA & FERREIRA, [2018](#)).

## Considerações Finais

O mundo ainda se vê altamente dependente de fontes fósseis para geração de energia elétrica. No ritmo atual das medidas para transição energética, as metas estipuladas para 2030 dificilmente serão atingidas pela maioria dos países acordantes. Por mais que o avanço e a penetração das fontes renováveis seja notável nos últimos anos, o ritmo da propagação ainda está abaixo do esperado para atingir as metas. A intermitência das fontes solar e eólica ainda colocam cheque à confiabilidade e segurança energética em caso de alta dependência dessas fontes, uma vez que os custos dos sistemas de armazenamento são muito elevados.

Apesar da crise em 2020 ter impactado o consumo energético mundial, observou-se um crescimento da instalação de novas plantas a partir das fontes renováveis, principalmente decorrente dos compromissos firmados para entrega dos empreendimentos e garantia dos incentivos fiscais a eles atrelados. Novas políticas públicas para o incentivo de geração não intensiva em emissões de carbono se fazem necessárias frente ao vencimento de incentivos fiscais nos países com alta dependência de fontes não renováveis. Ainda assim, espera-se que a participação das fontes renováveis, como a solar fotovoltaica e a eólica, continue crescendo mesmo que num ritmo mais lento, uma vez que detém o melhor custo-benefício para adicionar novas plantas de geração elétrica. Nos últimos anos, praticamente um terço dos investimentos em energia foram destinados a tecnologias de baixo carbono, o que inclui fontes renováveis, eficiência energética, nuclear e captura, uso e armazenamento de carbono (*Carbon Capture, Usage and Storage – CCUS*).

No Brasil, onde as políticas em nível federal são frequentemente reescritas a cada novo governo, torna-se difícil determinar quais componentes das políticas anteriores permanecem depois que novos planos energéticos nacionais são estabelecidos. No entanto, a expectativa é que as metas definidas pela NDC brasileira sejam atendidas, uma vez que são contempladas nos planos decenais de energia. Ademais, as projeções destes planos estão bastante alinhadas com o cenário *Reference Technology Scenario* (RTS) da IEA.

Antes da pandemia da COVID-19 em 2020, a matriz elétrica brasileira já havia apresentado redução significativa na participação da geração hidrelétrica e, consequente, aumento da participação de outras fontes renováveis. Entretanto, a retração do consumo total de energia de 11%, de acordo com o relatório mensal da EPE, tendo por base o mês de maio de 2020, aumentou a preocupação com o setor elétrico nacional. Assim, políticas governamentais adequadas podem maximizar o potencial de geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis e garantir a segurança energética. Na perspectiva de cenários futuros, as projeções preveem a persistência na diversificação da matriz elétrica brasileira por meio da continuidade dos incentivos fiscais.

## Agradecimentos

Este artigo, se insere nas discussões e resultados parciais, do Projeto de Pesquisa, “Sustentabilidade, Adaptação climática, Energias e Sociodiversidade dos territórios: uma análise comparativa de estudos de casos de governos no contexto do Nordeste Brasileiro”. Rede de Pesquisa, Edital 20/2020/UFRN, Processo nº PVC18326-2020, coordenado pela terceira autora e que conta com a colaboração da quarta autora.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL (2015) Programa de Eficiência Energética, 2015. Brasília - DF.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL (2020a) Sistema de Informações de Geração da ANEEL – SIGA, 2020a. Brasília - DF. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br> >. Acesso em 13/10/2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL (2020b) Resolução Normativa Nº 885, De 23 De Junho De 2020, 2020b. Brasília – DF. Disponível em: < <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2020885.pdf> >. Acesso em 14/02/2021.
- BARBOSA, J.; DIAS, L. P.; SIMOES, S. G.; SEIXAS, J. (2020) When is the sun going to shine for the Brazilian energy sector? A story of how modelling affects solar electricity. **Renewable Energy**, v. 162, p. 1684-1702, dez. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2020.09.091>.
- BRASIL (2010) Ministério de Minas e Energia, Portaria Interministerial nº 1.007, de 31 de Dezembro de 2010, **Regulamentação Específica de Lâmpadas Incandescentes**, Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2010.
- BRASIL (2014) Ministério de Minas Energia. **Boletim: Energia Eólica no Brasil e no Mundo**. Núcleo de Estudos Estratégicos de Energia. Ed. 22/12/2014. Núcleo de Estudos Estratégicos de Energia do Ministério de Minas e Energia, Brasília, 2014.
- BRASIL (2018) Ministério do Meio Ambiente. **Estratégia Nacional de Implementação da NDC do Brasil**. Disponível em: <<https://antigo.BRASIL.gov.br/clima/ndc-do-brasil.html>>. Acesso em 07/02/2018.
- BRASIL (2020) Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: BRASIL: EPE, 2007. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%202030%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es.pdf>> . Acesso em 17/12/2020.
- CARVALHO, N.B.; VIANA, D. B.; ARAÚJO, M.s. M. de; LAMPREIA, J.; GOMES, M.s.P.; FREITAS, M.A.V. (2020) How likely is Brazil to achieve its NDC commitments in the energy sector? A

review on Brazilian low-carbon energy perspectives. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 133, p. 110343-110367, nov. 2020.

- DIUANA, F. A.; VIVIESCAS, C.; SCHAEFFER, R. (2019) An analysis of the impacts of wind power penetration in the power system of southern Brazil. **Energy**, v. 186, p. 115869-115882, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2019.115869>.
- DRANKA, G. G.; FERREIRA, P. (2018) Planning for a renewable future in the Brazilian power system. **Energy**, v. 164, p. 496-511, dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2018.08.164>.
- ECONOMIDOU, M.; TODESCHI, V.; BERTOLDI, P.; D'AGOSTINO, D.; ZANGHERI, P.; CASTELLAZZI, L. (2020) Review of 50 years of EU energy efficiency policies for buildings. **Energy and Buildings**, v. 225, p. 110322-110340, out. 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110322>.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE (2018). Flexibilidade e capacidade: conceitos para a incorporação de atributos ao planejamento. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br>> Acesso em 04/02/2021.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE (2022). Balanço Energético Nacional (BEN) 2022: Ano base 2021. Disponível em < <https://ben.epe.gov.br> >. Acesso em 04/07/2021.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE (2019) Plano Decenal de Expansão de Energia 2029. Ministério de Minas e Energia. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde>. Acesso em 29/10/2020.
- GILLINGHAM, K. T. et al. (2020) The Short-run and Long-run Effects of Covid-19 on Energy and the Environment. **Joule**, v. 4, n. 7, p. 1337–1341, 2020.
- HOFSTAETTER, M. (2016) **Energia Eólica: Entre Ventos, Impactos e Vulnerabilidades Socioambientais no Rio Grande do Norte**. 2016. 178 p. Dissertação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Natal/RN. 2016.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA (2020a) **World Energy Outlook 2020**. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020/outlook-for-energy-demand#abstract>>. Acesso em 02/12/2020.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA (2020b) **Renewables 2020**. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/renewables-2020>>. Acesso em 03/12/2020.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA (2020c) **Sustainable Recovery**. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/sustainable-recovery>>. Acesso em 22/11/2020.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA (2020d) **Global Energy Review 2020**. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020>>. Acesso em 03/12/2020.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA (2020e) **Electricity supply mix by region, 2020**. Disponível em: <<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/electricity-supply-mix-by-region-2020>>. Acesso em 16/12/2020.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA (2021a) **Renewables 2021**. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/renewables-2021>>. Acesso em 28/06/2021.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA (2021b) **World Energy Outlook 2021**. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021> >. Acesso em: 27/06/2022.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA (2019) **Estatísticas de capacidade renovável 2019**. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2019/Mar/Capacity-Statistics-2019> . Acesso em 04/10/2019.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA (2020a) **Reduce: Non-bio renewables**. International Renewable Energy Agency. Abu Dabi: [s.n.], 2020.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA (2020b). **Global Renewables Outlook: Energy transformation 2050**. International Renewable Energy Agency. [s.l: s.n.], 2020. Disponível em: <<https://www.irena.org/publications/2020/Apr/Global-Renewables-Outlook-2020>>.

- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA (2020c) **Renewable Power Generation Costs in 2018**. International Renewable Energy Agency. Abu Dabi: [s.n.], 2020. Disponível em: <[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA\\_2017\\_Power\\_Costs\\_2018.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2018/Jan/IRENA_2017_Power_Costs_2018.pdf)>.
- LAMPREIA, J.; ARAÏJO, M. S. M.; CAMPOS, C. P.; FREITAS, M. A. V.; ROSA, L. P.; SOLARI, R.; GESTEIRA, C.; RIBAS, R.; SILVA, N. F. (2011) Analyses and perspectives for Brazilian low carbon technological development in the energy sector. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 7, p. 3432-3444, 2011.
- LIMA, M.A.; MENDES, L.F.R.; MOTHÉ, G.A.; LINHARES, F.G.; CASTRO, M.P.P. de; SILVA, M.G. da; STHEL, M. (2020) Renewable energy in reducing greenhouse gas emissions: reaching the goals of the Paris agreement in Brazil. **Environmental Development**, v. 33, p. 100504-10516, 2020.
- MAUAD, F. F. (2017). **Energia renovável no Brasil: análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras**. São Carlos: EESC/USP, 2017.[349].
- MEDEIROS, S. E. L.; NILO, P. F.; SILVA, L. P.; SANTOS, C. A. C.; CARVALHO, M.; ABRAHÃO, R. (2021) Influence of climatic variability on the electricity generation potential by renewable sources in the Brazilian semi-arid region. **Journal of Arid Environments**, v. 184, p. 104331-104343, 2021.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU (2020) **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Plataforma Agenda 2030**, 2015. Disponível em: <<http://www.agenda2030.com.br>>. Acesso em 18/10/2020.
- PEREIRA, E.B. SPEREIRA, E. B. (2016) **Segurança Energética: Perspectivas no Enfrentamento às Mudanças Climáticas Globais**. Conferência Internacional do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) para Mudanças Climáticas. São Paulo. Disponível em: <<http://www.fapesp.br/eventos/2016/09/inct/ENIO.pdf>>. Acesso em 01/10/2020.
- PEREIRA, M. G.; SILVA, N. F. da; GALVÃO, M. L. de M.; DANTAS, E. J. de A. (2020) Scarcity and Abundance in the Brazilian Semiarid: the strategies for harnessing the renewable energy potential of the region (re)differentiating the territory. **Encyclopedia of the World'S Biomes**, v.21, p. 209-215, 2020.
- SANTOS, J. A. F. de A.; JONG, P.; COSTA, C. A. da; TORRES, E. A. (2020) Combining wind and solar energy sources: potential for hybrid power generation in Brazil. **Utilities Policy**, v. 67, p. 101084-101104, 2020.
- SOUZA H.M et al. (2009) Reflexões sobre os principais programas em eficiência existente no Brasil, **Revista Brasileira de Energia**, v.15, pp. 7 – 26, 2009.
- TOBBEN, S.; NGAI, C. (2020) **Oil for Less Than Nothing? Here's How That Happened**. Disponível em: <<https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-08-14/oil-for-less-than-nothing-here-s-how-that-happened-quicktake#:-:text=April 20%2C 2020 will go,to minus %2437.63 a barrel>>. Acesso em 13/11/2020.
- WHO (2020a) **Coronavirus disease (COVID-19) Weekly Epidemiological Update and Weekly Operational Update**. Disponível em: <<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports/>>. Acesso em 19/11/2020.
- WHO (2020b) **COVID-19 SPRP Monitoring Framework - Global Overview**. 2020b Disponível em: <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOGIwZTkzZGQtNmI4MC00OGVlLTgwYjAtMGVjZmJlNGFmM3IiwidCI6ImE1ODRhZDMyLWVjZjYtNDE1MC1hNGI1LTdmYyZm0tOTI0OGFhNiIsImMiOiR9>>. Acesso em 19/11/2020.
- WORLD WIND ENERGY ASSOCIATION (2020) **Statistics** Disponível em: <https://library.wwindea.org/global-statistics/>. Acesso em 03/11/2020.
- ZURN, H. H.; TENFEN, D.; ROLIM, J. G.; RICHTER, A.; HAUER, I. (2017) Electrical energy demand efficiency efforts in Brazil, past, lessons learned, present and future: a critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 1081-1086, jan. 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.037>.

## CAPÍTULO 14

# IMPLICAÇÕES GEOGRÁFICAS DO SETOR DO HIDROGÊNIO VERDE NO BRASIL<sup>1</sup>

Christian Brannstrom<sup>2,3</sup>

Adryane Gorayeb<sup>2</sup>

### Resumo

O hidrogênio verde, produzido pela energia renovável, é um produto considerado essencial para a descarbonização. Este capítulo define hidrogênio verde, destacando os argumentos a favor de sua exportação para abastecer os países do Norte Global cujas metas para descarbonização dependem de combustíveis sem emissão de gases de efeito estufa. Logo, sintetizamos vários investimentos anunciados em 2021 no estado de Ceará, enfocando no Porto do Pecém. Embora nenhum investimento comercial planejado tenha sido realizado, podemos elaborar várias perguntas, a partir de uma abordagem geográfica, para orientar pesquisas futuras.

**Palavras-Chave:** Hidrogênio verde. Descarbonização. Território. Energia eólica *offshore*.

### Introdução

A participação da América Latina como fornecedora de materiais necessários para a descarbonização global está em andamento, principalmente por meio da extração de lítio no planalto dos Andes para eletromobilidade (BARANDIARÁN, 2019; SANCHEZ-LOPEZ, 2019; PERREAULT, 2020; DORN; RUIZ PEYRÉ 2020). Mas, uma tendência emergente é a conversão de energia renovável em hidrogênio verde (H2V) exportável. O Chile lançou recentemente um plano de H2V (FUNDACIÓN CHILE, 2021; HOWARTH; FELIBA 2021), também Uruguai (ANCAP 2021) e Argentina (MISCULIN; GEIST, 2021) têm planos em andamento para investimentos em H2V, enquanto o Brasil atraiu vários investimentos em H2V no primeiro semestre de 2021.

1 Texto, em português, expandido do artigo publicado: Brannstrom, C., & Gorayeb, A. (2022). Geographical Implications of Brazil's Emerging Green Hydrogen Sector. *Journal of Latin American Geography* 21(1), 185-194. doi:10.1353/lag.2022.0006.

2 Texas A&M University (TAMU), College Station, Estados Unidos. [cbrannst@geos.tamu.edu](mailto:cbrannst@geos.tamu.edu)

3 Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil.

Este capítulo descreve anúncios recentes entre o governo do estado do Ceará, no Nordeste do Brasil e empresas que buscam construir instalações de H2V. Embora Nadaleti *et al.* (2020) tenha estimado a produção de hidrogênio a partir do “excesso” da energia eólica e da hidrelétrica brasileira e Schmidt *et al.* (2019, p. 2025) sugeriram o potencial “promissor” do Brasil para a exportação de combustíveis renováveis, não temos conhecimento de análises que identifiquem possíveis implicações geográficas que estejam além das considerações de Graaf *et al.* (2020), acerca das questões geopolíticas decorrentes de um comércio global de hidrogênio.

Até o momento não foi iniciada nenhuma instalação de H2V comercial no Brasil, todavia, as motivações políticas e financeiras globais para descarbonização e a viabilidade econômica iminente das tecnologias de eletrolisador em escala sugerem a necessidade de identificar algumas implicações geográficas, com base em conceitos de Bridge *et al.* (2013), com o intuito de enfocar pesquisas futuras.

## O que é o hidrogênio verde?

O H2V ocorre quando eletrolisadores alimentados por usinas hidrelétricas, solares ou eólicas dividem a água em hidrogênio e oxigênio, fornecendo “armazenamento de energia em ligações químicas” (LUNA *et al.*, 2019, p. 2). Ao contrário do hidrogênio “cinza”, que vem do gás natural, ou hidrogênio “marrom” do carvão, ou hidrogênio “azul” do gás natural com armazenamento de CO<sub>2</sub>, o hidrogênio “verde” tem sua origem na energia renovável ou “verde”. O processo eletroquímico para dividir a água por meio de eletrolisadores é conhecido há várias décadas, mas o custo em grande escala tem sido proibitivo; no entanto, o aumento da escala industrial da tecnologia de eletrólise está agora “acontecendo em um ritmo rápido” (HAUCH *et al.*, 2020, p. 2).

Descrito de forma memorável como “engarrafamento de energias renováveis” (NATURE ENERGY, 2019, p. 721), esse processo eletroquímico é fundamental para sistemas de energia de “emissão zero carbono” que dependeriam de H2V para gerar eletricidade ou fornecer subprodutos como amônia ou metano (AJANOVIC, HAAS 2019; RAHMAN, WAHID, 2021; BUTTLER, SPLIETHOFF 2018; DAVIS *et al.*, 2018; SAEEDMANESH *et al.*, 2018; STANČIN *et al.*, 2020).

Os proponentes de uma “revolução industrial verde e descarbonizada” (AYERS *et al.*, 2019, p. 221) fazem três suposições principais. Uma é que a energia renovável barata ou em excesso excederá a demanda por longos períodos. Por exemplo, um grupo afirma que a “queda abrupta no custo da energia renovável” tornará o hidrogênio renovável “competitivo” com o hidrogênio industrial até 2030 (GLENK, REICHELSTEIN 2019, p. 220). Outros cientistas e engenheiros descrevem a energia eólica e solar como “reduzida” ou “barata” (YAN *et al.*, 2020, p. 1), sendo assim desejável para fornecer energia para eletrolisadores. Uma segunda suposição é que a tecnologia da bateria - o destino do lítio extraído dos salares da Argentina, Bolívia e Chile



- será insuficiente para armazenar eletricidade (AJANOVIC, HAAS [2019](#)) porque as baterias fornecem armazenamento “na escala de horas ou mesmo dias” (LUNA *et al.*, [2019](#), p. 1). Outros autores enfatizam os subprodutos negativos da fabricação de baterias e a estreita base mineral da qual as baterias dependem (APOSTOLOU; ENEVOLDSEN [2019](#)).

A terceira suposição é que o H2V evitaria ativos de combustível fóssil enclalhados usando oleodutos e gasodutos e capacidade de armazenamento sem prejudicar o enorme complexo petroquímico mundial. Por exemplo, a “capacidade dos gasodutos e armazenamento de gás é muito maior do que as linhas de transmissão de eletricidade” (AJANOVIC; HAAS [2019](#), p. 1). Os combustíveis renováveis “permitiriam a reutilização da infraestrutura comercial existente” (SCHMIDT *et al.*, [2019](#), p. 2022) para que os produtores de hidrogênio relativamente baratos pudessem se especializar e fornecer aos países que enfrentam restrições, tornando “o comércio de longa distância de fontes renováveis combustíveis economicamente viáveis” (SCHMIDT *et al.*, [2019](#), p. 2027). A indústria química seria revolucionada, mas não destruída. As *commodities* químicas, como etileno e etanol, “podem ser feitas com pegadas de emissões de carbono negativas”, alcançando assim um “meio de produção de produtos químicos livres de emissões de carbono” (LUNA *et al.*, [2019](#), p. 1). O hidrogênio verde seria essencial para a produção de eletrocombustíveis “verdes” (APOSTOLOU; ENEVOLDSEN [2019](#); DAWOOD *et al.*, [2020](#); GÖTZ *et al.*, 2016) e *commodities* químicas “verdes” (HAEGEL *et al.*, [2019](#)). O fornecimento de energia renovável para eletrolisadores poderia produzir óxido de etileno, muito usado na fabricação de plásticos (LEOW *et al.*, [2020](#), p. 1228).

## Investimentos globais

Em julho de 2021, o mercado global de H2V consistia em aproximadamente 200 grandes projetos avaliados em 80 bilhões de dólares (REED; EWING [2021](#)). De acordo com analistas de mercado, o setor está avançando rapidamente para fusões e aquisições (S&P GLOBAL MARKET INTELLIGENCE, [2020](#)), embora várias barreiras políticas devam ser superadas antes que o H2V tenha uma penetração significativa no mercado (IRENA, [2020](#)). A estratégia de hidrogênio lançada pela Comissão Europeia em julho de 2020 reconheceu vários desafios políticos, ao mesmo tempo que definiu como prioridade o desenvolvimento de hidrogênio renovável a partir da energia eólica e solar. O H2V foi “a opção mais compatível com a meta de neutralidade climática e poluição zero da União Européia e mais coerente com um sistema de energia integrado” e o apoio às indústrias europeias destinadas a dominar as cadeias de valor (COMISSÃO EUROPEIA, 2020, p. 2, 5).

Recentemente, o Chile delineou os desafios e ações (regulamentação e autorizações; financiamento e incentivos; parcerias nacionais e internacionais; e valor local)



necessários em um plano nacional para o H2V (FUNDACIÓN CHILE [2021](#)). No Uruguai, o governo lançou H2U *Offshore* para atrair empresas para investir no H2V a partir de parques eólicos marítimos (ANCAP [2021](#)).

Em contraste, o plano de energia do Brasil para 2050, publicado em dezembro de 2020, descreveu o hidrogênio como uma tecnologia “disruptiva” semelhante à fusão nuclear e se referiu vagamente a possíveis investimentos (EPE, [2020a](#)). Mas, em nota técnica mais recente da Empresa Pública de Energia (EPE) do Ministério das Minas e Energia, de junho de 2021, os técnicos do governo foram mais enfáticos em adotar uma visão mais próxima ao mercado, cuja prospecção de investimentos cresce rapidamente, e argumentaram que a estratégia brasileira deveria adotar uma abordagem de “hidrogênio arco-íris” - todas as cores do hidrogênio - para “maximizar suas vantagens competitivas atuais e criar novas para desenvolver uma economia neutra em carbono” (EPE, [2021](#), p. 29-30). O relatório reconheceu que o hidrogênio é “um objetivo estratégico para governos e empresas em todo o mundo” e previu um novo impulso global (EPE, [2021](#), p. 30).

## Hidrogênio verde no contexto cearense

Voltando-se para projetos brasileiros específicos, o H2V recebeu grandes investimentos anunciados e ações governamentais significativas em 2021 ([Quadro 1](#)), principalmente no estado do Ceará, pioneiro na construção de parques eólicos (AQUILA *et al.*, [2017](#); JUÁREZ *et al.*, [2014](#); SILVA *et al.*, [2016](#); BRANNSTROM *et al.*, [2017](#)).

O Ceará foi o local do anúncio de fevereiro de 2021 pela Eneqix Energy, uma empresa australiana, de uma instalação de H2V de 5,4 bilhões de dólares movida a parques eólicos e solares e conectada ao porto de Pecém em águas profundas, um complexo industrial integrado à Zona de Processamento de Exportação (ZPE). A instalação da Eneqix Base One seria alimentada por ~ 8 GW de energia eólica e solar distribuídas no Ceará para produzir 600 milhões de kg por ano de hidrogênio. A Eneqix deixa transparente em sua mídia empresarial o argumento de “produção para exportação”, observando a proximidade do Ceará com a Europa e a conveniência do porto do Pecém próximo à Base One (ENEGIX ENERGIA, [2021](#)). A Base One usará transportadores de hidrogênio orgânico líquido (LOHCs), que Wesley Cook, o presidente-executivo da Eneqix, afirmou ser uma “virada de jogo” devido aos recursos de segurança e custo (O’FARRELL, [2021](#)).

A mídia brasileira enfatizou que a Base One criaria “centenas de empregos bem remunerados” e citou o CEO da Eneqix afirmando que “estamos criando cientistas de foguetes no Ceará” (QUINTELA, [2021](#)). Referindo-se à ideia de “exportar a fábrica”, o governador do estado, Camilo Santana, destacou que o estado “está na vanguarda ... porque temos condições favoráveis para produzir e exportar H2V” (CEARÁ, [2021a](#)).

Notavelmente, o governo do Ceará, nesse primeiro momento, tratou o H2V mais como uma oportunidade econômica, ao invés de uma iniciativa ambiental. Fato que remete a essa situação é que a Secretaria do Meio Ambiente esteve ausente das fotos e vídeos na divulgação dessas primeiras iniciativas dos investidores, enquanto o grupo encarregado da economia do estado, a Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Trabalho, participou de todas as atividades públicas relacionadas ao H2V, como indica o [Quadro 1](#).

**Quadro 1 - Resumo dos acordos (fevereiro a dezembro/2021) entre o gabinete do governador do estado do Ceará e investidores para a produção de hidrogênio verde**

Item	Data do Anúncio	Investidor(es)	Valor do Investimento (US\$)	Energia Estimada (GW)	Produção Anual Estimada de Hidrogênio Verde	Fonte
1	Fevereiro/2021	Energix Energy - parceria com Black & Veatch para viabilizar estudo - parceria com Enerwind para conseguir 3,4 GW de fonte de energia	5,4 bilhões da Base One (500 ha de área no Pecém)	3,4GW	600 milhões de kg em 2025	Site da Energix: <a href="https://pressroom.energix.energy/129628-energix-ener-gy-construira-instalacao-de-hidrogenio-verde-de-us-54-bilhoes-no-brasil">https://pressroom.energix.energy/129628-energix-ener-gy-construira-instalacao-de-hidrogenio-verde-de-us-54-bilhoes-no-brasil</a>
2	Abril/2021	White Martins - participação no Hub do Pecém -Linde (empresa de gás industrial) subsidiária	Não divulgado	Não divulgado	Não divulgado	Site do Jornal Diário do Nordeste: <a href="https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/white-martins-e-2-empresa-a-oficializar-parceria-para-im-plantacao-do-hub-de-hidrogenio-verde-no-ce-1.3075379">https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/white-martins-e-2-empresa-a-oficializar-parceria-para-im-plantacao-do-hub-de-hidrogenio-verde-no-ce-1.3075379</a>
3	Julho/2021	Fortescue Future Industries -Fortescue Metals subsidiária	6 bilhões Geração de 3.300 empregos	2 GW	15 milhões de toneladas até 2030	Site do Governo do Ceará: <a href="https://www.ceara.gov.br/2021/07/07/hub-de-hidrogenio-verde-acordo-entre-governo-do-ceara-e-a-fortescue-preve-investimentos-de-u-6-bi-e-3-300-empregos/">https://www.ceara.gov.br/2021/07/07/hub-de-hidrogenio-verde-acordo-entre-governo-do-ceara-e-a-fortescue-preve-investimentos-de-u-6-bi-e-3-300-empregos/</a> Site do Jornal Diário do Nordeste: <a href="https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/ceara-assina-protocolos-com-mais-qual-empresa-para-investir-em-producao-de-hidrogenio-verde-1.3147584">https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/ceara-assina-protocolos-com-mais-qual-empresa-para-investir-em-producao-de-hidrogenio-verde-1.3147584</a>

Item	Data do Anúncio	Investidor(es)	Valor do Investimento (US\$)	Energia Estimada (GW)	Produção Anual Estimada de Hidrogênio Verde	Fonte
4	Julho/2021	Qair (formada em 2020 a partir da Lucia, Premier Element, and Primeo Energie)	6,95 bilhões Geração de 2.600 empregos	Inclui 1,2 GW de energia eólica offshore	296 mil toneladas em 2023	Site do Jornal O Povo: <a href="https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/10/11/sua-nota-tem-valor-permite-cadastrar-cupom-fiscal-ate-seis-horas-depois-da-emissao.html">https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/10/11/sua-nota-tem-valor-permite-cadastrar-cupom-fiscal-ate-seis-horas-depois-da-emissao.html</a>
5	Setembro/2021	EDP Brasil	7,6 milhões (Pesquisa & Desenvolvimento da Usina Termoelétrica Pecém) Geração de 350 empregos	0,003GW	250 Nm <sup>3</sup> /h do gás até 2022	Site do Governo do Ceará: <a href="https://www.ceara.gov.br/2021/09/01/ceara-recebera-a-primeira-usina-de-hidrogenio-verde-do-brasil-com-operacao-ja-em-2022/">https://www.ceara.gov.br/2021/09/01/ceara-recebera-a-primeira-usina-de-hidrogenio-verde-do-brasil-com-operacao-ja-em-2022/</a>
6	Outubro/2021	Transhydrogen Alliance (consórcio Proton Ventures, Trammo, Global Energy Storage e VARO)	2 bilhões de dólares	Não divulgado	500 mil toneladas em 2024/ 2,5 milhões de toneladas de amônia verde	Site do Jornal Opovo: <a href="https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/10/27/camilo-protocolo-transhydrogen-alliance-hidrogenio-verde-ceara.html">https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/10/27/camilo-protocolo-transhydrogen-alliance-hidrogenio-verde-ceara.html</a>
7	Outubro/2021	Eneva		Não divulgado		Site do Governo do Ceará: <a href="https://www.ceara.gov.br/2021/10/13/novos-memorandos-de-entendimento-fortalecem-o-hub-do-hidrogenio-verde-no-ceara/">https://www.ceara.gov.br/2021/10/13/novos-memorandos-de-entendimento-fortalecem-o-hub-do-hidrogenio-verde-no-ceara/</a>
8	Outubro/2021	Diferencial Energia				
9	Outubro/2021	Hytron				
10	Outubro/2021	H2helium Energia				
11	Outubro/2021	Linde Group		Não divulgado		Site do Jornal Opovo: <a href="https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/10/29/hidrogenio-verde-ceara-brasil-curso-projeto-usina-emprego-white-martins.html">https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/10/29/hidrogenio-verde-ceara-brasil-curso-projeto-usina-emprego-white-martins.html</a>

Item	Data do Anúncio	Investidor(es)	Valor do Investimento (US\$)	Energia Estimada (GW)	Produção Anual Estimada de Hidrogênio Verde	Fonte
12	Outubro/ 2021	Engie	Não divulgado			Site do Jornal Opovo: <a href="https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/12/08/ceara-assina-13-acordo-para-projeto-de-hidrogenio-verde.html">https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/12/08/ceara-assina-13-acordo-para-projeto-de-hidrogenio-verde.html</a>
13	Dezembro/ 2021	AES Brasil	Não divulgado	1GW/ 500 mil toneladas de amônia verde	Não divulgado	Site do Jornal Opovo: <a href="https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/12/13/aes-brasil-projeta-investir-uss-2-bilhoes-em-hidrogenio-verde-no-ceara.html">https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/12/13/aes-brasil-projeta-investir-uss-2-bilhoes-em-hidrogenio-verde-no-ceara.html</a>
14	Dezembro/ 2021	Total Eren	Não divulgado			Site do Jornal Opovo: <a href="https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/12/16/hidrogenio-verde-protocolo-com-casa-dos-ventos-deve-ser-assinado-em-fevereiro.html">https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/12/16/hidrogenio-verde-protocolo-com-casa-dos-ventos-deve-ser-assinado-em-fevereiro.html</a>

Fonte: De autoria própria

Em rápida sucessão, mais três grupos industriais anunciaram acordos com o estado do Ceará para investimentos em H2V. Em abril de 2021, a White Martins, subsidiária da Linde, empresa de gás industrial e engenharia, e Pecém assinaram um acordo com o estado para apoiar o polo de H2V, com o objetivo de “priorizar as exportações para a Europa” (CEARÁ, 2021c). Em julho de 2021, o governo estadual assinou um acordo com a Qair, um grupo francês de energia renovável, para uma usina de H2V a ser conectada por linhas de transmissão e uma subestação dedicada a um parque eólico *offshore* 200 km a oeste de Pecém (O POVO, 2021). Poucos dias depois, o Ceará assinou um acordo com a Fortescue Future Industries Pty Ltd (FFI), uma subsidiária da empresa australiana de minério de ferro Fortescue Metals Group, para desenvolver uma planta de H2V que iria “treinar e contratar trabalhadores locais, adquirir serviços e comprar os produtos localmente sempre que possível”, informa o comunicado (PECÉM, 2021). A Fortescue, que tem planos ambiciosos para mineração e cimento neutros em carbono, também está buscando H2V na Tasmânia e amônia verde para exportação para o Japão, além do investimento na Argentina já citada. Em Outubro de 2021, quatro novos memorandos de entendimento foram assinados, todavia, sem a divulgação de maiores informações para a sociedade. O Governo anunciou, para um futuro próximo, a assinatura de memorando com a

BP Energia e estima que até o final de 2021, o Ceará terá acordo firmado com 16 corporações e prospecção total de investimentos no valor de 17,35 bilhões de dólares (DIÁRIO DO NORDESTE, [2021](#)) embora, até o fechamento deste capítulo (junho de 2022), essas prospecções não tenham sido divulgadas na mídia local.

O Governo do Estado do Ceará criou um Grupo de Trabalho para dar apoio técnico e político aos investimentos em H2V, composto por diversas agências estaduais e grupos da indústria em março de 2021, com o intuito de orientar as políticas para um *Hub* de H2V (CEARÁ, [2021a](#)). O decreto de criação do grupo de trabalho descreveu o H2V como um “vetor que permitirá a importação de energia limpa de regiões favorecidas pela natureza e com potencial para superar suas necessidades” (CEARÁ, [2021b](#)), uma referência ao excesso de energia renovável. Notavelmente, existem duas contradições nesse processo: 1) todas as propostas de H2V do Ceará estão localizadas no porto do Pecém e na ZPE, que abrigam usinas térmicas a carvão e a gás que criam vários conflitos contínuos de posse da terra, água e poluição ambiental com comunidades indígenas próximas (MEIRELES *et al.*, [2018](#) ; NEEPES / ENSP / FIOCRUZ, CERCA DE [2019](#)); e 2) Em 2021, o Brasil estava passando pela maior crise hídrica dos últimos 91 anos, o que impactava diretamente a geração de energia (em Outubro de 2021, cerca de 57,4% da geração elétrica nacional era hidráulica, conforme dados do Sistema de Informações de Geração- SIGA da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL), demandando maior uso das termelétricas e encarecendo as contas de energias em cerca de 10% (O GLOBO, [2021](#), GETIRANA, LIBONATI, CATALDI, [2021](#)).

Os investimentos em H2V não ocorreram em um vazio tecnológico-industrial e político, como a menção da EPE ([2021](#)) ao hidrogênio “arco-íris” sugeriu. O Brasil possui um sistema de produção bem estabelecido de hidrogênio industrial (CÉSAR *et al.*, [2019](#)). Várias agências governamentais e laboratórios em universidades públicas trabalharam para desenvolver a produção de hidrogênio a partir de água, gás natural, etanol e biomassa por décadas, embora o compromisso do Brasil com o hidrogênio industrial tenha sido irregular e seu investimento em pesquisa intermitente. O Ministério das Minas e Energia, em 2005, identificou elementos de uma estratégia nacional para o hidrogênio, incluindo áreas de vantagem competitiva, o papel do gás natural na transição energética e a necessidade de colocar a produção de hidrogênio em locais onde pudesse ser usado para transporte de ônibus urbano. No entanto, as descobertas *offshore* de petróleo do pré-sal em 2006, que transformaram o Brasil no maior produtor de petróleo da América Latina, mudaram as prioridades da política energética para o petróleo (CÉSAR *et al.*, [2019](#), p. 757). Mas em junho de 2021, o Conselho Nacional de Política Energética do Brasil fez do hidrogênio uma prioridade para financiamento de pesquisa e desenvolvimento (P&D), descrevendo “um ambiente de negócios favorável” no qual o Brasil tem “competitividade significativa” em energia eólica e solar para atrair investidores estrangeiros e domésticos para o hidrogênio verde (EPE [2021](#), p. 30).

Outros desenvolvimentos de H2V incluem o anúncio no estado de Pernambuco pela Neoenergia, a subsidiária brasileira da Iberdrola, de um projeto piloto de H2V no porto de Suape, complexo industrial e EPZ (NEOENERGIA, 2021). No Rio de Janeiro, o Complexo Portuário do Açú, maior porto privado da América Latina, fechou acordo com a Fortescue Future Industries para uma planta de H2V. Açú foi designada como ZPE desde 2017, mas ainda está em desenvolvimento. O acordo inclui futuros parques eólicos *offshore*, nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, além de geração solar próxima ao Porto do Açú (PORTO DO AÇU, 2021). Outro desenvolvimento importante é a parceria, anunciada em abril de 2021, entre o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (braço de pesquisa da Eletrobras, geradora e distribuidora de energia estatal do Brasil) e a Siemens para um projeto piloto de H2V (CEPEL, 2021). Em agosto de 2021, a Enterprize Energy, que desde 2016 desenvolve projetos na China, Taiwan e Vietnã, assinou acordo com o estado do Rio Grande do Norte para produzir H2V e amônia, com fonte eólica *offshore* (G1 RIO GRANDE DO NORTE, 2021).

O processo que o Brasil está passando merece uma breve comparação com a estratégia do H2V do Chile, que visa alavancar a energia solar e eólica para produzir “o hidrogênio verde mais barato do planeta” que “permitirá a exportação em grande escala de produtos verdes” (FUNDACIÓN CHILE, 2021). Entre as prioridades do plano está a definição de uma estrutura institucional favorável para o H2V, a criação de um fundo de 50 milhões de dólares para apoiar investimentos, o estabelecimento de uma certificação de origem para o H2V chileno, o desenvolvimento de parcerias público-privadas e a criação de centros que combinem terminais de exportação, com usinas de dessalinização e estruturas para a transmissão da eletricidade.

O Chile também hospeda um investimento da Siemens na planta de Haru Oni, no sul do Chile, que usará energia eólica para produzir metanol. Depois que os eletrolisadores da Siemens criam hidrogênio a partir da água, a planta captura CO2 do ar e o combina com hidrogênio para criar metanol, que pode então ser transformado em “combustíveis neutros para o clima” que substituirão o diesel convencional ou a gasolina (SIEMENS CA., 2020). Em novembro de 2021, a empresa Total Eren, sediada em Paris, anunciou H2 Magallanes, um projeto de H2V e no sul do Chile à base de 10 GW de parques eólicos (TOTAL EREN, 2021).

Na Argentina, a empresa Fortescue Future Industries anunciou um investimento de H2V de US\$8,4 bilhões na província Rio Negro, provavelmente apoiado pela energia eólica (MISCULIN; GEIST, 2021). A transformação da Patagônia argentina como uma área que atue como fonte de energia renovável para abastecer as eletrólises já recebeu estudo técnico, procurando determinar a sua viabilidade para exportar H2V ao Japão, desde anos atrás na bibliografia técnica (HEUSER *et al.*, 2019).

## Implicações geográficas

Ao pensarmos sobre as implicações geográficas relativas ao desenvolvimento da cadeia do hidrogênio verde, nos indagamos sobre: o que a “energia renovável na garrafa” significa para os estudos da Geografia da Energia no Brasil? Sabemos que, globalmente, teorias e conceitos geográficos definiram várias áreas que submetem ao escrutínio crítico os sistemas de descarbonização de energia.

O H2V, uma forma de “engarrafar as energias renováveis”, oferece um excelente caso de teste para averiguar como a energia renovável pode ser uma “solução socioecológica” para a crise do capitalismo, criando “oportunidades para o revigoramento da acumulação de capital em escala global e dando, em termos biofísicos, resposta positiva ao arrefecimento das mudanças climáticas” (MCCARTHY, 2015, p. 2495). Sair da “floresta subterrânea” de combustíveis fósseis para uma redescoberta da superfície - capturando fluxos de energia eólica e solar - requer uma “produção massiva de espaço” (HUBER, MCCARTHY, 2017, p. 9), que investimentos em H2V irão acelerar.

Bridge *et al.* (2013) desenvolveram uma estrutura para a compreensão das transições de energia usando conceitos geográficos que podem nos ajudar a determinar os processos para uma “correção socioecológica”, a partir da produção de preocupações espaciais que envolvem a captura de fluxos de superfície. Nessa perspectiva, existem três considerações específicas na economia política geográfica emergente da transição energética que enfocam em como a descarbonização (i) reproduz relações de poder econômico e político, (ii) produz inúmeras consequências espaciais e (iii) exige atenção renovada às relações entre o Estado, a Sociedade e o Mercado (BRIDGE; GAILING, 2020).

No [Quadro 2](#), sintetizamos os conceitos-chave expostos em Bridge *et al.* (2013) e aplicamos no estudo de caso do H2V no Brasil, como forma de identificar as questões de pesquisa que possam ajudar a orientar futuras investigações geográficas que testem ou abordem as reivindicações sobre as crises capitalistas (MCCARTHY, 2015) e a produção do espaço (HUBER; MCCARTHY, 2017). O conceito de localização enfatiza como os sistemas de energia descarbonizados dependem necessariamente de localizações particulares, no espaço absoluto e no espaço relacional, com componentes interligados.

O Porto de Pecém, no Ceará, como local para os investimentos propostos em H2V é relevante em espaço absoluto porque abriga controversas termelétricas à carvão e a gás em termos de sua proximidade a um grande aglomerado de parques eólicos no litoral do Ceará e nos estados vizinhos do Rio Grande do Norte que, em conjunto, possuem aproximadamente 8,28 GW de capacidade instalada de energia eólica que abastece uma rede elétrica nacional, conforme dados do SIGA da ANEEL de Outubro de 2021.

Imagem do polo de H2V do Pecém mostra a energia eólica próxima ao Porto ([Figura 1](#)) quando, de fato, os elétrons utilizados como fonte de energia para os eletrolizadores seriam provenientes de parques eólicos amplamente distribuídos na

Costa do Ceará. Importante dizer que, apesar de próximo à área existirem assentamentos de comunidades indígenas dos Anacé e outras comunidades tradicionais, essa informação encontra-se completamente ausente de todas as discussões e debates que envolvem a geração de energia renovável até o momento.

**Quadro 2 - Aplicação dos conceitos geográficos de transição energética às questões do hidrogênio verde no Brasil**

<b>Conceito</b>	<b>Definições de descarbonização</b>	<b>Aplicações geográficas para a análise do hidrogênio verde emergente no Brasil</b>
Localização (absoluta e relativa)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Os sistemas de energia dependem de elementos interligados que são espacialmente organizados;</li> <li>- Investimentos de baixo carbono exigem decisões de localização.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O sistema portuário do Pecém está preparado para orientar a transição do combustível fóssil para o hidrogênio verde exportável?</li> <li>- Quais são as ligações espaciais entre as fontes renováveis de energia e os eletrolisadores?</li> </ul>
Paisagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conjunto de características naturais e culturais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- O hidrogênio verde exportável muda a visão dos cenários de energia renovável entre as comunidades anfitriãs?</li> <li>- Quais grupos da sociedade estão preparados para apoiar (ou se opor) ao hidrogênio verde?</li> </ul>
Território	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atores usam autoridade e poder para fragmentar e controlar o território.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Como o Governo do Ceará criou espaço para investimentos em hidrogênio verde?</li> <li>- O hidrogênio verde influenciará o cenário de energia eólica <i>offshore/ onshore</i> e energia solar no Ceará na perspectiva de apoiar o seu desenvolvimento?</li> <li>- Como locais promissores de geração de energia renovável (<i>onshore e offshore</i>) são disponibilizados para energia eólica e solar?</li> </ul>
Diferenciação Espacial e Desenvolvimento Desigual	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Padrões de desenvolvimento desigual resultam de processos de territorialização desiguais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Como o <i>hub</i> de hidrogênio verde do Governo do Ceará influenciará, enquanto local de inovação, o desenvolvimento econômico do Estado?</li> <li>- A energia renovável será consumida internamente ou usada para exportação de hidrogênio verde?</li> <li>- Quem possui as tecnologias vinculadas à cadeia de produção do hidrogênio verde?</li> </ul>



Escala	O tamanho das estruturas e a extensão espacial dos sistemas de energia descarbonizados são contingentes e demandam diálogo entre os atores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Como são estabelecidos os vínculos de conhecimento e influência entre os representantes do Governo do Ceará, as autoridades federais de energia e os investidores?</li> <li>- Quais grupos são incluídos e excluídos na formulação de políticas para o hidrogênio verde?</li> </ul>
Dinâmica Institucional (Spatial Embeddedness e Path Dependency)	A inércia dos combustíveis fósseis pode ser obstáculo para a descarbonização	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quais grupos industriais e arranjos econômicos brasileiros estão preparados para apoiar (ou se opor) ao hidrogênio verde?</li> </ul>

Fonte: 1ª e 2ª colunas: Bridge *et al.* (2013); 3ª coluna: De autoria própria.

**Figura 1 - Imagem que configura ideia esquemática do *hub* de hidrogênio verde no Complexo Industrial e Portuário do Pecém**



Fonte: Ceará (2021c).

A paisagem refere-se aos conjuntos de características naturais e culturais presentes no espaço geográfico. Quase todos os estudos de aceitação e rejeição das comunidades anfitriãs assumem que a energia renovável alimenta redes regionais ou nacionais, ao invés de mercados de exportação (RAND; HOEN, 2017). Como as comunidades anfitriãs responderão quando os parques eólicos e solares próximos se tornarem fábricas de exportação para apoiar as metas de carbono e clima dos países ricos? O comércio de hidrogênio promete “redesenhar a geografia do comércio global de energia, criar uma nova classe de exportadores de energia e remodelar as relações geopolíticas e alianças entre os países” (GRAAF *et al.*, 2020, p.1), mas ainda não sabemos sobre implicações sociais e políticas na escala da paisagem das comunidades anfitriãs.

As territorialidades descrevem os processos pelos quais os atores usam autoridade e poder para fragmentar e controlar o espaço. Como o Governo do Ceará criou o espaço para fábricas de H2V? De forma mais ampla, como locais promissores de energia renovável (*onshore* e *offshore*) são disponibilizados para energia eólica e solar? Para parques eólicos terrestres, Gorayeb *et al.* (2018) descreveram processos fraudulentos em licenciamento ambiental e Araújo *et al.* (2020) analisaram as alegações exageradas e errôneas nos documentos de licenciamento de parques eólicos no Ceará (ver [Capítulo 5](#) deste livro). Assim, é possível que os sucessos do licenciamento de futuros parques eólicos *offshore*, que fornecerão energia para a produção de H2V, dependam da invisibilização das comunidades de pescadores artesanais do litoral cearense, assim como de indígenas e quilombolas.

É interessante ressaltar que o Brasil, assim como o Ceará, não possui Planejamento Espacial Marinho, instrumento básico de ordenamento territorial marinho que pressupõem e coordena ações e usos múltiplos do território. Ademais, o Brasil possui dois documentos preliminares que integram o marco regulatório da atividade, (1) o *roadmap* Eólica *Offshore* Brasil, lançado pela EPE em abril de 2020 (EPE, 2020b) e (2) o termo de referência padrão para complexos de energia eólica *offshore*, lançado pelo IBAMA em novembro de 2020 (IBAMA, 2020). Esses dois documentos serão fundamentais para a composição do marco regulatório nacional que subsidiará os investimentos em energia eólica *offshore* e H2V.

Em 25 de janeiro de 2022 o Governo Federal publicou o Decreto n. 10.946 que dá diretrizes gerais para a exploração da energia eólica *offshore* no Brasil, abrindo um primeiro caminho legal para implantação dos parques eólicos no mar, embora o setor produtivo e de investimentos ainda possua muitas dúvidas em relação a este primeiro marco legal. E, em 12 de maio de 2022, o Estado do Ceará instituiu o “Plano Estadual de Transição Energética Justa do Ceará”, através do Decreto n. 34.733, considerando a Política Estadual sobre Mudanças Climáticas do Estado do Ceará de 2016 (Lei Estadual n. 16.146), tendo como objetivo “a promoção do fortalecimento da matriz energética de baixo carbono no Estado”, considerando as fontes de energia renováveis em especial a produção de H2V.

Os padrões de desenvolvimento desigual resultam de locais, paisagens e processos de territorialização. Como o governo do Ceará criou um “polo” de H2V como local de inovação? Quem é o dono das tecnologias de eletrolisador e H2V e da propriedade intelectual? Sabemos pouco sobre as numerosas patentes que serão necessárias para proteger a obtenção da propriedade intelectual na corrida para tornar os eletrolisadores economicamente viáveis. Nem sabemos, de modo definitivo, quais os requisitos de capital humano para sustentar os eletrolisadores. Goldthau *et al.* (2020) sugerem que o Sul Global pode ser “excluído” das cadeias de valor para a descarbonização, nesse sentido, qual será a demanda por capital humano qualificado local para operar fábricas de H2V?

O dimensionamento se refere ao tamanho do material e à extensão espacial dos sistemas de energia descarbonizados. O tamanho e a extensão são contingentes e debatidos. Quais são os vínculos de conhecimento e influência entre o Governo do Ceará, autoridades federais de energia e os empresários? Quais processos e quais pessoas dentro do governo do Ceará negociaram com investidores? Quais as estruturas físicas e institucionais da indústria de combustível fóssil podem ser obstáculos para a descarbonização? Por outro lado, quais grupos industriais brasileiros estão preparados para se opor (ou apoiar) o H2V? Trabalhos de Hochstetler (2021) e Soares *et al.* (2021), que descreveram as interações entre grupos industriais e funcionários do governo para a política eólica, podem ser estendidos ao quadro institucional emergente para compreender as territorialidades que envolvem a produção de H2V no Ceará.

## Conclusão

A extração de lítio no altiplano dos Andes inseriu a América Latina nas redes globais de descarbonização, mas transformar energia renovável em hidrogênio verde exportável representa uma nova tendência que merece análise geográfica. O Brasil está emergindo como um potencial *player* global líder em hidrogênio verde. Nos próximos anos, o Porto do Pecém, no estado do Ceará, pode se tornar o local de fábricas de exportação de hidrogênio verde alimentadas por parques eólicos e solares *offshore* e *onshore*. Mostramos como vários conceitos geográficos podem ser implantados para criar uma agenda de pesquisa robusta que oferece forte contraste com as afirmações otimistas (NADALETI *et al.*, 2020; SCHMIDT *et al.*, 2019). Uma abordagem crítica ao hidrogênio verde aceita sua importância para a descarbonização, enquanto questiona a distribuição dos benefícios de transformar parques eólicos e solares em fontes de energia para fábricas de exportação, enfatizando os processos de territorialização que tornam o espaço terrestre e oceânico disponível e questionando as implicações político-econômicas, em especial para as comunidades anfitriãs.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao suporte do projeto CAPES/ Programa de Cooperação Brasil Sul – Sul (COOPBRASS) Edital n. 5 de 2019, Proc. 88881.368924/2019-01 “Energia renovável e Descarbonização na América do Sul: desafios da Energia Eólica/ BR e do Lítio/ AR” e à CAPES/ PRINT Proc. 88887.312019/2018-00: *Integrated socio-environmental technologies and methods for territorial sustainability: alternatives for local communities in the context of climate change*.

## Referências

- ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE COMBUSTIBLES ALCOHOL Y PÓRTLAND. **ANCAP presentó el programa H2U Offshore**. In: ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE COMBUSTIBLES ALCOHOL Y PÓRTLAND. [s. l.], 5 out. 2021. Disponível em: <https://www.ancap.com.uy/9503/1/ancap-presento-el-programa-h2u-offshore.html>. Acesso em: 13 out. 2021.
- AJANOVIC, A.; HAAS, R. On the long-term prospects of power-to-gas technologies. **WIRES Energy and Environment**, v. 8, n. 1, p. e318, 2019.
- APOSTOLOU, D.; ENEVOLDSEN, P. The past, present and potential of hydrogen as a multifunctional storage application for wind power. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 112, p. 917-929, 2019.
- AQUILA, G.; PAMPLONA, E. O.; QUEIROZ, A. R.; ROTELA JUNIOR, P.; FONSECA, M. N. An overview of incentive policies for the expansion of renewable energy generation in electricity power systems and the Brazilian experience. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, p. 1090-1098, 2017.
- ARAÚJO, J. C. H.; SOUZA, W. F.; MEIRELES, A. J. A.; BRANNSTROM, C. Sustainability challenges of wind power deployment in Coastal Ceará state, Brazil. **Sustainability**, v. 12, n. 14, p. 5562, 2020.
- AYERS, K.; DANILOVIC, N.; OUIMET, R.; CARMO, M.; PIVOVAR, B.; BORNSTEIN, M. Perspectives on low-temperature electrolysis and potential for renewable hydrogen at scale. **Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering**, v. 10, n. 1, p. 219-239, 2019.
- BARANDIARÁN, J. Lithium and development imaginaries in Chile, Argentina and Bolivia. **World Development**, v. 113, p. 381-391, 2019.
- BLACKBURNE, A. **Hydrogen finance maturing from day trading to M&A**. In: S&P GLOBAL MARKETING INTELLIGENCE. [s. l.], 3 dez. 2020. Disponível em: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/hydrogen-finance-maturing-from-day-trading-to-m-a-61063243>. Acesso em: 30 dez. 2021.
- BRANNSTROM, C.; GORAYEB, A.; MENDES, J. S.; LOUREIRO, C.; MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V.; FREITAS, A. L. R.; OLIVEIRA, R. F. Is Brazilian wind power development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 62-71, 2017.
- BRIDGE, G.; BOUZAROVSKI, S.; BRADSHAW, M.; EYRE, N. Geographies of energy transition: Space, place and the low-carbon economy. **Energy Policy**, v. 53, p. 331-340, 2013.
- BRIDGE, G.; GAILING, L. New energy spaces: Towards a geographical political economy of energy transition. **Environment and Planning A: Economy and Space**, v. 52, n. 6, p. 1037-1050, 2020.

- BUTTLER, A.; SPLIETHOFF, H. Current status of water electrolysis for energy storage, grid balancing and sector coupling via power-to-gas and power-to-liquids: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, n. 3, p. 2440-2454, 2018.
- CEARÁ. **Governo do Ceará e instituições parceiras lançam HUB de Hidrogênio Verde**. In: SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. Fortaleza, 19 fev. 2021a. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/2021/02/19/governo-do-ceara-e-instituicoes-parceiras-lancam-hub-de-hidrogenio-verde/>. Acesso em: 17 jul. 2021.
- CEARÁ. Decreto nº 34.003, de 24 de março de 2021. Institui grupo de trabalho estratégico para elaborar e apresentar plano de ação com o objetivo de desenvolver políticas públicas de energias renováveis voltadas para o desenvolvimento sustentável e para configurar e implantar Futuro Hub de Hidrogênio Verde no Ceará, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado**: série 3, Fortaleza, ano 13, nº 68, p. 2-3, 24 mar. 2021b.
- CEARÁ. **Complexo do Pecém e White Martins assinam Memorando de Entendimento para a implantação de HUB de Hidrogênio Verde no Ceará**. In: CEARÁ. Fortaleza, 19 abr. 2021c. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2021/04/19/complexo-do-pecem-e-white-martins-assinam-memorando-de-entendimento-para-implantacao-do-hub-de-hidrogenio-verde-no-ceara/>. Acesso em: 17 jul. 2021.
- CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. **Eletrobras, Cepel e Siemens Energy assinam memorando sobre hidrogênio verde**. In: CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. [s. l.], 8 abr. 2021. Disponível em: [http://www.cepel.br/pt\\_br/sala-de-imprensa/noticias/eletrobras-cepel-e-siemens-energy-assinam-memorando-sobre-hidrogenio-verde.htm](http://www.cepel.br/pt_br/sala-de-imprensa/noticias/eletrobras-cepel-e-siemens-energy-assinam-memorando-sobre-hidrogenio-verde.htm). Acesso em: 19 jul. 2021.
- CÉSAR, A. S.; VERAS, T. S.; MOZER, T. S.; SANTOS, D. C. R. M.; CONEJERO, M. A. Hydrogen productive chain in Brazil: An analysis of the competitiveness' drivers. **Journal of Cleaner Production**, v. 207, p. 751-763, 2019.
- DAVIS, S. J. *et al.* Net-zero emissions energy systems. **Science**, v. 360, n. 6396, p. eaas9793, 2018.
- DAWOOD, F.; ANDA, M.; SHAFIULLAH, G. M. Hydrogen production for energy: An overview. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, n. 7, p. 3847-3869, 2020.
- DORN, F. M.; RUIZ PEYRÉ, F. Lithium as a Strategic Resource: Geopolitics, Industrialization, and Mining in Argentina. **Journal of Latin American Geography**, v. 19, n. 4, p. 68-90, 2020.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica: Bases para a Consolidação da Estratégia Brasileira do Hidrogênio**. Brasília: Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética, 2021.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia 2050**. Brasília: Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética, 2020a.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Roadmap Eólica Offshore Brasil**. Brasília: Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética, 2020b.
- ENEGIX ENERGY. **Enegix Energy to build US\$5.4 billion green hydrogen facility in Brazil**. In: ENEGIX ENERGY. [s. l.], 1 mar. 2021. Disponível em: <https://pressroom.enegix.energy/129246-e-negix-energy-to-build-us54-billion-green-hydrogen-facility-in-brazil>. Acesso em: 20 jul. 2021.
- EUROPEAN COMMISSION. **A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe**. Brussels: European Commission, 2020.
- FACUNDO, M. Ceará Assina Protocolos com Mais Quatro Empresas para Investir em Produção de Hidrogênio Verde. In: DIÁRIO DO NORDESTE. [s. l.], 13 out. 2021. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/ceara-assina-protocolos-com-mais-quatro-em-presas-para-investir-em-producao-de-hidrogenio-verde-1.3147584>. Acesso em: 18 out. 2021.

- FUNDACIÓN CHILE. **The National Green Hydrogen Strategy of Chile: Hydrogen Technologies and Production of Synthetic Fuels.** Santiago de Chile: Fundación Chile, 2021.
- GETIRANA, A.; LIBONATI, R.; CATALDI, M. Brazil is in water crisis – it needs a drought plan. **Nature**, v. 600, p. 218-220, 2021.
- GLENK, G.; REICHELSTEIN, S. Economics of converting renewable power to hydrogen. **Nature Energy**, v. 4, n. 3, p. 216-222, 2019.
- GOLDTHAU, A.; EICKE, L.; WEKO, S. The Global Energy Transition and the Global South. *In*: HAFNER M.; TAGLIAPIETRA, S. (ed.). **The Geopolitics of the Global Energy Transition.** Cham, Switzerland: Springer Nature, 2020. p. 319-339.
- GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MENDES, J. S.; MEIRELES, A. J. A. Wind power gone bad: Critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. **Energy Research and Social Science**, v. 40, p. 82-88, 2018.
- GRAAF, T. V.; OVERLAND, I.; SCHOLTEN, D.; WESTPHAL, K. The new oil? The geopolitics and international governance of hydrogen. **Energy Research & Social Science**, v. 70, p. 101667, 2020.
- G1 RIO GRANDE DO NORTE. **Governo assina acordo para produção de energia eólica no mar, hidrogênio verde e amônia no RN.** *In*: G1 RIO GRANDE DO NORTE, Natal, 11 ago. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2021/08/11/governo-assina-acordo-para-producao-de-energia-eolica-no-mar-hidrogenio-verde-e-amonia-no-rn.ghtml>. Acesso em: 18 out. 2021.
- HAEGEL, N. M., *et al.* Terawatt-scale photovoltaics: Transform global energy. **Science**, v. 364, n. 6443, p. 836-838, 2019.
- HAUCH, A.; KÜNGAS, R.; BLENNOW, P.; HANSEN, A. B.; HANSEN, J. B.; MATHIESEN, B. V.; MOGENSEN, M. B. Recent advances in solid oxide cell technology for electrolysis. **Science**, v. 370, n. 6513, p. eaba6118, 2020.
- HEUSER, P.-M.; GRUBE, T.; ROBINIUS, M.; STOLTEN, D. Techno-economic analysis of a potential energy trading link between Patagonia and Japan based on CO2 free hydrogen. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 44, p. 12733-12747, 2019.
- HOCHSTETLER, K. **Political economies of energy transition: wind and solar power in Brazil and South Africa.** Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2021.
- HUBER, M. T.; MCCARTHY, J. Beyond the subterranean energy regime? Fuel, land use and the production of space. **Transactions of the Institute of British Geographers**, v. 42, n. 4, p. 655-668, 2017.
- HOWARTH, J.; FELIBA, D. **Rich in renewable energy, Chile seeks to become global hydrogen powerhouse.** *In*: S&P GLOBAL MARKETING INTELLIGENCE. [s. l.], 30 ago. 2021. Disponível em: <https://www.spglobal.com/marketintelligence/en/news-insights/latest-news-headlines/rich-in-renewable-energy-chile-seeks-to-become-global-hydrogen-powerhouse-66012212>. Acesso em: 13 out. 2021.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Termo de referência: Estudo de Impacto Ambiental e Relatório de Impacto Ambiental EIA/Rima. Tipologia: Complexos Eólicos Marítimos (Offshore).** Brasília: IBAMA, 2020. Disponível em: [https://www.ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/publicacoes/2020-11-TR\\_CEM.pdf](https://www.ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/publicacoes/2020-11-TR_CEM.pdf). Acesso em: 26 jul. 2021.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Green Hydrogen: A Guide to Policy Making.** Abu Dhabi: IRENA, 2020.
- JUÁREZ, A. A.; ARAÚJO, A. M.; ROHATGI, J. S.; OLIVEIRA FILHO, O. D. Q. Development of the wind power in Brazil; Political, social, and technical issues. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 39, p. 828-834, 2014.

- LEOW, W. R.; LUM, Y.; OZDEN, A.; WANG, Y.; NAM, D.-H.; CHEN, B.; WICKS, J.; ZHUANG, T.-T.; LI, F.; SINTON, D.; SARGENT, E. H. Chloride-mediated selective electrosynthesis of ethylene and propylene oxides at high current density. **Science**, v. 368, n. 6496, p. 1228-1233, 2020.
- LUNA, P.; HAHN, C.; HIGGINS D.; JAFFER, S. A.; JARAMILLO, T. F.; SARGENT, E. H. What would it take for renewably powered electrosynthesis to displace petrochemical processes? **Science**, v. 364, n. 6438, p. eaav3506, 2019.
- MCCARTHY, J. A socioecological fix to capitalist crisis and climate change? The possibilities and limits of renewable energy. **Environment and Planning A**, v. 47, p. 2485-2502, 2015.
- MEIRELES, A. J. A.; MELO, J. A. T.; SAID, M.A. Environmental injustice in northeast Brazil: The Pecém Industrial and Shipping Complex. In: COONEY P; SACHER W. (ed.). **Environmental Impacts of Transnational Corporations in the Global South**. Bingley: Emerald Group Publishing, 2018. p. 171-187.
- MISCULIN, N.; GEIST, A. **Argentina, Fortescue unveils \$8.4 billion green hydrogen investment plan**. In: REUTERS. [s. l.], 1 nov. 2021. Disponível em: <https://www.reuters.com/article/argentina-fortescue-hydrogen/argentina-fortescue-unveil-8-4-billion-green-hydrogen-investment-plan-idINKBN2HM35F>. Acesso em: 26 jul. 2021.
- NADALETI, W. C.; SANTOS, G. B.; LOURENÇO, V. A. The potential and economic viability of hydrogen production from the use of hydroelectric and wind farms surplus energy in Brazil: A national and pioneering analysis. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 45, n. 3, p. 1373-1384, 2020.
- NATURE ENERGY. Bottling renewables. **Nature Energy**, v. 4, p. 721, 2019.
- NEEPES/ENSP/FIOCRUZ. CE – Povo indígena Anacé, pescadores, agricultores e outras comunidades tradicionais lutam e resistem contra impactos negativos do Complexo Industrial e Portuário do Pecém – CIPP. In: NEEPES/ENSP/FIOCRUZ. **Mapa de Conflitos**. [s. l.], 01 jun. 2019. Disponível em: <http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br/conflito/ce-povo-anace-e-desrespeitado-e-expulso-de-seu-territorio-para-construcao-do-complexo-industrial-e-portuario-do-pecem/>. Acesso em: 26 jul. 2021.
- NEOENERGIA. **Neoenergia e governo de Pernambuco assinam memorando de entendimento para produção de hidrogênio verde**. In: NEOENERGIA. [s. l.], 10 jun. 2021. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/pt-br/sala-de-imprensa/noticias/Paginas/neoenergia-e-governo-de-pernambuco-assinam-memorando-para-producao-hidrogenio-verde.aspx>. Acesso em: 19 jul. 2021.
- O'FARRELL, S. **Brazil swaps hydro for hydrogen**. In: FDI INTELLIGENCE. [s. l.], 2 jul. 2021.
- PECÉM. **Hub de hidrogênio verde: Acordo entre Governo do Ceará e Fortescue prevê investimentos de US\$6 bi**. In: COMPLEXO DO PECÉM. [s. l.], 8 jul. 2021. Disponível em: <https://www.complexodopecem.com.br/hub-de-hidrogenio-verde-acordo-entre-governo-do-ceara-e-fortescue-preve-investimentos-de-u-6-bi/>. Acesso em: 18 jul. 2021.
- PORTO DO AÇU. **Fortescue Future Industries e Porto do Açu unem forças para desenvolver planta de hidrogênio verde no Brasil**. In: PORTO DO AÇU. [s. l.], 16 mar. 2021. Disponível em: <https://portodoacu.com.br/fortescue-future-industries-e-porto-do-acu-unem-forcas-para-desenvolver-planta-de-hidrogenio-verde-no-brasil/>. Acesso em: 19 jul. 2021.
- O GLOBO. **E agora, Brasil?: Brasileiro deve pagar a conta da crise hídrica até 2025**. In: O GLOBO. [s. l.], 24 set. 2021. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/e-agora-brasil-brasileiro-deve-pagar-conta-da-crise-hidrica-ate-2025-25210706> Acesso em: 18 out. 2021.



- PERREAULT, T. Bolivia's High Stakes Lithium Gamble. **NACLA Report on the Americas**, v. 52, n. 2, p. 165-172, 2020.
- QUINTELA, S. **A empresa australiana que investirá cerca US\$5,4 bilhões no projeto espera ter o empreendimento 100% operacional em 2025.** *In*: DIÁRIO DO NORDESTE. [s. l.], 3 mar. 2021.
- RAND, J.; HOEN, B. Thirty years of North American wind energy acceptance research: What have we learned? **Energy Research and Social Science**, v. 29, p. 135-148, 2017.
- RAHMAN, M. N.; WAHID, M. A. Renewable-based zero-carbon fuels for the use of power generation: A case study in Malaysia supported by updated developments worldwide. **Energy Reports**, v. 7, p. 1986-2020, 2021.
- REED, S.; EWING, J. Hydrogen is one answer to climate change. *In*: NEW YORK TIMES. [s. l.], 13 jul. 2021.
- REDAÇÃO O POVO. **Hidrogênio verde**: Qair e Camilo assinam memorando para usina no Pecém. *In*: O POVO. [s. l.], 6 jul. 2021. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/economia/2021/07/06/hidrogenio-verde--qair-e-camilo-assinam-memorando-para-usina-no-pecem.html>. Acesso em: 18 jul. 2021.
- SAEEDMANESH, A.; MACKINNON, M. A.; BROUWER, J. Hydrogen is essential for sustainability. **Current Opinion in Electrochemistry**, v. 12, p. 166-181, 2018.
- SANCHEZ-LOPEZ, M. D. From a white desert to the largest world deposit of lithium: Symbolic meanings and materialities of the Uyuni Salt Flat in Bolivia. **Antipode**, v. 51, n. 4, p. 1318-1339, 2019.
- SCHMIDT, J.; GRUBER, K.; KLINGLER, M.; KLÖCKL, C.; RAMIREZ CAMARGO, L.; REGNER, P.; TURKOVSKA, O.; WEHRLER, S.; WETTERLUND, E. A new perspective on global renewable energy systems: why trade in energy carriers matters. **Energy & Environmental Science**, v. 12, n. 7, p. 2022-2029, 2019.
- SIEMENS. **A new hydrogen reality**: Fuel from wind and water. 2020. *In*: SIEMENS. [s. l.], Disponível em: <https://www.siemens-energy.com/global/en/offers/renewable-energy/hydrogen-solutions/haru-oni.html>. Acesso em: 19 jul. 2021.
- SILVA, R. C.; MARCHI NETO, I.; SEIFERT, S. S. Electricity supply security and the future role of renewable energy sources in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 59, p. 328-341, 2019.
- SOARES, I. N., GAVA, R., OLIVEIRA, J. A. P. Political strategies in energy transitions: Exploring power dynamics, repertoires of interest groups and wind energy pathways in Brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 76, p. 102076, 2021.
- STANČIN, H.; MIKULČIĆ, H.; WANG, X.; DUIĆ, N. A review on alternative fuels in future energy system. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 128, p. 109927, 2020.
- TOTAL EREN. **Total Eren secures lands and launches studies aiming to develop a large-scale green hydrogen project in Chile's Magallanes region.** *In*: TOTAL EREN. Paris, 2 dez. 2021. Disponível em: <https://www.total-eren.com/en/our-news/>. Acesso em: 30 dez. 2021.
- YAN, Z., HITT, J. L., TURNER, J. A., & MALLOUK, T. E. Renewable electricity storage using electrolysis. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 23, p. 12558-12563, 2020.



## CAPÍTULO 15

# DESAFIOS SOCIAIS E AMBIENTAIS DA ENERGIA EÓLICA *OFFSHORE* NO BRASIL

---

Adryane Gorayeb<sup>1</sup>

Christian Brannstrom<sup>1, 2</sup>

Marcelo de Oliveira Soares<sup>1</sup>

Thomaz Xavier<sup>1</sup>

### Resumo

Os parques eólicos *offshore* oferecem um potencial considerável para extrair energia cinética em fatores de alta capacidade em grandes áreas marinhas, em comparação com a implantação terrestre. No Brasil, a análise atual da energia eólica *offshore* tem se concentrado na definição de áreas de alto potencial eólico, oferecendo pouca atenção às comunidades que dependem da pesca artesanal. Aqui oferecemos exemplos do caso de um parque eólico *offshore* planejado para águas costeiras próximo a Fortaleza, capital do Ceará, no município de Caucaia, cujo estudo de impacto ambiental (EIA) mostrou falhas significativas no diagnóstico social e do meio ambiente marinho e na justiça processual, demonstrados em relato da primeira audiência pública de parque eólico *offshore* no Brasil. Este capítulo levanta questões específicas para a energia eólica *offshore*, especialmente no Sul Global, onde as comunidades anfitriãs podem ser especialmente marginalizadas politicamente com pouco acesso à informação, educação formal e fraca influência sobre investidores e autoridades estaduais.

**Palavras-Chave:** Parque eólico *offshore*. Justiça processual. Impactos sociais. Pesca artesanal.

### Introdução

A qualidade do vento no ambiente *offshore* é atraente para investidores interessados na construção de parques eólicos; governos, como o Brasil, estão fazendo planos para atrair, cada vez, investidores, em especial com o cenário positivo da produção de

---

1 Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil. [gorayeb@ufc.br](mailto:gorayeb@ufc.br)

2 Texas A&M University (TAMU), College Station, Estados Unidos.

hidrogênio verde na região Nordeste (ver [Capítulo 14](#) deste livro). A costa tropical nas regiões Sul, Sudeste e Nordeste do país tem um alto potencial eólico *offshore*, estimado em cerca de 3 TW, e mais de 14.800 TWh de produção média anual de eletricidade para as plataformas de águas rasas viáveis (considerando a velocidade do vento, a profundidade da plataforma e a distância da costa) (AZEVEDO *et al.*, [2020](#)).

No entanto, Bosh *et al.*, *et al.* (2019) avaliaram o custo médio da geração eólica *offshore* brasileira, comparando-o com outros oito países em diferentes estágios de desenvolvimento, e concluíram que o Brasil, juntamente com a China, possui o maior potencial com mais de 7.000 TWh/ano de produção de eletricidade, mas com o maior custo potencial geral, considerando-se os custos de transmissão, tecnologias de base de turbinas eólicas e profundidades médias da plataforma. Apesar disso, o *roadmap* da Empresa Pública Brasileira de Pesquisa Energética (EPE, [2020](#)), ligada ao Ministério de Minas e Energia, apontava para a existência de potencial técnico de cerca de 700 GW em locais de até 50 m de profundidade e vento até 100 m de altura. Em trabalhos anteriores, mostramos como a cartografia participativa e discussões focadas em matrizes SWOT podem produzir dados qualitativos e quantitativos precisos e válidos sobre ambientes e usos de recursos para informar a governança democrática de energia renovável. Revelamos conflitos potenciais entre pescadores artesanais e projetos de parques eólicos *offshore* e argumentamos que a descarbonização socialmente justa requer atenção ao reconhecimento, justiça processual e distributiva, o que poderia ser melhor compreendido por meio de métodos participativos com comunidades tradicionais que usam os territórios marinhos. A implementação desses conceitos fortalecerá os processos de governança democrática para geração de energia renovável (XAVIER *et al.*, [2020](#)).

Este capítulo procura sintetizar o marco regulatório brasileiro e os investimentos anunciados até meados de 2021 para parques eólicos *offshore* no Brasil, com destaque para o Ceará. O estudo empírico foi possível a partir de análise crítica do primeiro EIA de projeto de parque eólico da América Latina, realizado no município de Caucaia, Ceará, que foi submetido ao SEI do IBAMA em dezembro de 2019. Assim como, foram realizadas reflexões, a partir da participação da primeira autora na primeira audiência pública do projeto do parque eólico *offshore* de Caucaia, que ocorreu uma semana antes da deflagração da pandemia da COVID-19 no Brasil. Temos como perspectiva teórica as implicações geográficas da descarbonização, enfatizando cada vez mais a justiça procedimental e distributiva (LIEBE *et al.*, [2017](#); SOVACOOOL *et al.*, [2019](#); MULVANEY [2019](#)).

## Energia eólica *offshore* brasileira: marco regulatório e síntese de investimentos anunciados

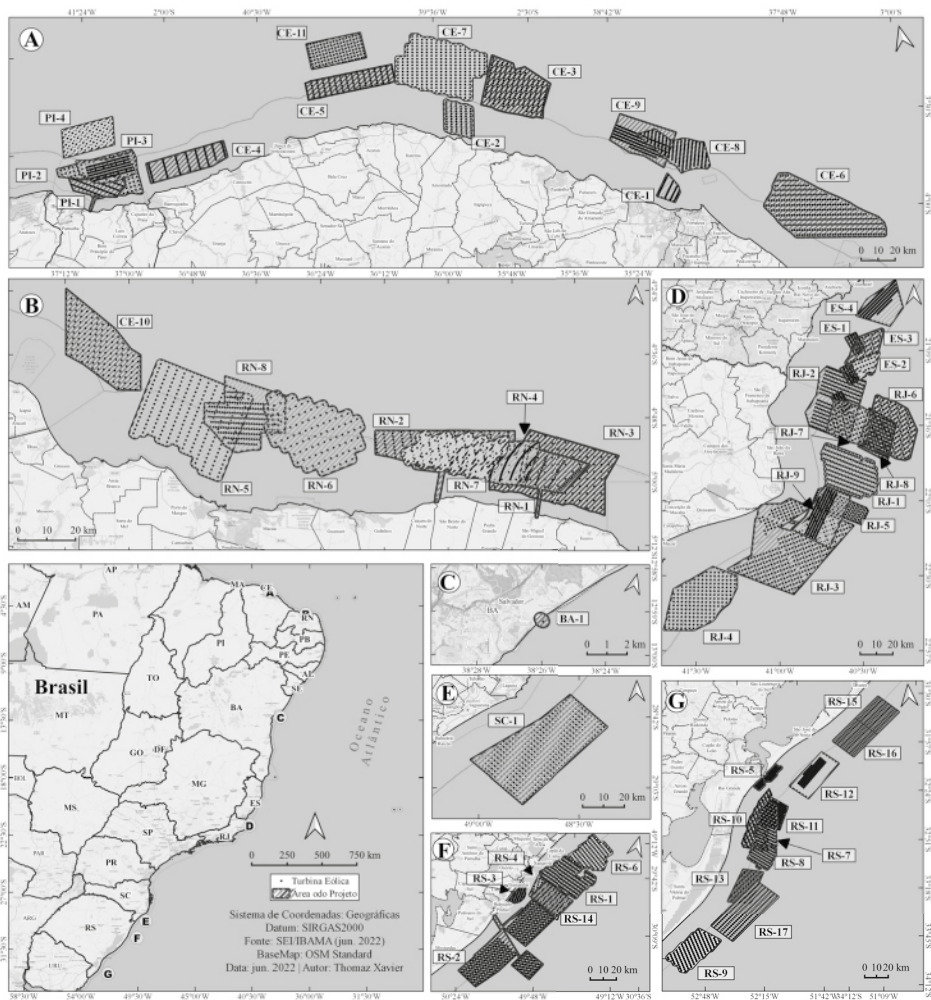
Em 2018, a EPE listou, em nota técnica que analisa o potencial de recursos energéticos para 2050, os principais desafios para a energia eólica *offshore* em suas águas [pag. 127], e incluiu “incerteza em relação a potenciais conflitos socioeconômicos que podem surgir entre a energia eólica *offshore* e outras atividades.” No entanto, engenheiros brasileiros ofereceram estimativas otimistas para a energia eólica *offshore*, mas sem se preocupar com as comunidades hospedeiras caracterizadas por altos níveis de desigualdade social (LIMA *et al.*, 2015; AZEVEDO *et al.*, 2020; HERNANDEZ *et al.*, 2021).

No início de 2020, o Brasil tinha 6 projetos *offshore* em fase de licenciamento ambiental, 4 dos quais estavam localizados no Estado do Ceará. Em setembro de 2021, o Brasil já possuía 25 projetos e o Ceará abrigava 6 deste total. Em janeiro de 2022, o Brasil possuía 37 projetos, e em abril de 2022 este número aumentou para 46 projetos nas áreas marítimas nacionais, com 9 projetos no Ceará. Já em junho de 2022 o Sistema Eletrônico de Informações (SEI) do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) apresentava 55 projetos de energia eólica no mar, sendo que 11 destes no Ceará (Figura 1).

Todavia, desde outubro de 2021 até a data de fechamento deste Capítulo (junho de 2022) existem somente 2 projetos no Brasil, sendo os dois no Ceará, que estão solicitando licença prévia (LP) para seus empreendimentos e submeteram ao SEI do IBAMA Estudo de Impacto Ambiental (EIA): Parque Eólico Caucaia e Parque Eólico Dragão do Mar.

Ao fazer uma perspectiva histórica dos registros contíguos no SEI do IBAMA em relação ao primeiro EIA para a instalação de um parque eólico *offshore* no Brasil, percebemos que, até o momento, não existem estudos consistentes no país para essa finalidade, e nem mesmo as empresas têm investido em análises socioeconômicas e biofísicas rigorosas. Nesse cenário, ressalta-se que o marco legal da energia eólica *offshore* no Brasil foi determinado recentemente pelo Decreto Nº 10.946 de 25 de janeiro de 2022, que oferece as diretrizes gerais para a exploração da energia eólica no *offshore*, todavia vale dizer que o Brasil ainda não possui Planejamento Espacial Marinho com abordagem participativa.

**Figura 1 - Localização geográfica de projetos de parques eólicos *offshore* no Brasil cadastrados no Sistema de Informação Eletrônico (SEI) do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Renováveis (IBAMA), junho, 2022**



Fonte: De autoria própria

A [Figura 1](#) apresenta a espacialização dos 55 projetos de parques eólicos *offshore* existentes em junho de 2022 no Brasil, sendo 24 no Nordeste (11 no Ceará, 8 no Rio Grande do Norte, 4 no Piauí, 1 na Bahia), 13 no Sudeste (9 no Rio de Janeiro e 4 no Espírito Santo) e 18 no Sul (17 no Rio Grande do Sul e 1 em Santa Catarina). O [Quadro 1](#) mostra a capacidade projetada total sendo de 113 GW e 9.075 torres eólicas, cerca de seis vezes mais, em números, a realidade atual dos parques eólicos *onshore* no Brasil que apresentava, em junho de 2022,  $\approx 21$  GW de potência fiscalizada (SIGA/ ANEEL, 2022).

**Quadro 1 - Dados dos Projetos de Parques Eólicos *Offshore* no Brasil (junho, 2022)**

N.	Código	Parque Eólico <i>Offshore</i> (PEM)	Data do Protocolo	Número de Turbinas	Capacidade (MW)	Distância da Costa (km)	< Profund. (m)
1	BA-1	Nova Energia	mar. 2019	1	3,4	0,2	*
2	CE-1	Caucaia	ago. 2016	48	576	4	10
3	CE-2	Asa Branca I	jan. 2022	72	1080	*	*
4	CE-3	Jangada	dez. 2019	200	3000	22	20
5	CE-4	Camocim	jun. 2020	100	1200	*	*
6	CE-5	Dragão do Mar	jul. 2021	128	1216	20	9
7	CE-6	Alpha Winf	set. 2021	400	6000	16,5	42
8	CE-7	Costa Nordeste	jan. 2022	256	3840	*	*
9	CE-8	Sopros do Ceará	fev. 2022	200	3000	*	*
10	CE-9	Projeto Pecém	mar. 2022	215	3010	*	*
11	CE-10	Projeto Colibri	abr. 2022	134	2010	*	*
12	CE-11	Projeto Ibitucatu	abr. 2022	134	2010	*	*
13	ES-1	Votu Winds	dez. 2020	144	1440	20	18
14	ES-2	Vitória <i>Offshore</i>	jan. 2022	33	495	*	*
15	ES-3	Quesnelia	jan. 2022	62	1240	*	*
16	ES-4	Projeto Ubu	mar. 2022	180	2520	*	*
17	PI-1	Vento Tupi	jan. 2021	74	999	14	10
18	PI-2	Palmas do Mar	abr.2021	93	1395	5,5	5
19	PI-3	Projeto Piauí	mar. 2022	180	2520	*	*
20	PI-4	Projeto Mangará	abr. 2022	134	2010	*	*
21	RJ-1	Maravilha	dez. 2019	200	3000	26	20
22	RJ-2	Aracatu	ago. 2020	320	3840	20	15
23	RJ-3	Ventos do Atlântico	jan. 2021	371	5008,5	12	10
24	RJ-4	Ventos Fluminenses	abr.2021	188	2820	25	50
25	RJ-5	Ventos do Açú	ago. 2021	144	2160	20	14
26	RJ-6	Quaresmeira	jan. 2022	148	2960	*	*
27	RJ-7	Bromélia	jan. 2022	85	1700	*	*

28	RJ-8	Sopros do RJ	fev. 2022	200	3000	*	*
29	RJ-9	Projeto Açú	mar. 2022	215	3010	*	*
30	RN-1	Pedra Grande	nov. 2020	52	624	*	*
31	RN-2	Maral	jan. 2021	149	2011,5	17	11
32	RN-3	Alísios Potiguares	abr.2021	123	1845	5	5
33	RN-4	Ventos Potiguar	mai. 2021	207	2484	8,2	*
34	RN-5	Beta Wind	set.2021	200	3060	6,5	*
35	RN-6	Água Marinha	jan. 2021	85	1700	*	*
36	RN-7	Cattleya	jan. 2022	59	1180	*	*
37	RN-8	Projeto Galinhos	mar. 2022	215	3010	*	*
38	RS-1	Águas Claras	dez. 2019	200	3000	7,3	20
39	RS-2	Ventos do Sul	jan. 2021	482	6507	21	24
40	RS-3	Tramandaí <i>Offshore</i>	jan. 2021	52	702	6	11
41	RS-4	Ventos Litorâneos	abr.2021	83	1245	7,8	25
42	RS-5	Bravo Vento	ago. 2021	77	1155	1	6
43	RS-6	Guarita <i>Offshore</i>	jan. 2022	112	1680	*	*
44	RS-7	Cassino <i>Offshore</i>	jan. 2022	128	1920	*	*
45	RS-8	Rio Grande <i>Offshore</i>	jan. 2022	80	1200	*	*
46	RS-9	Amazonita	jan. 2022	150	3000	*	*
47	RS-10	Turmalina	jan. 2022	159	3180	1	6
48	RS-11	Sopros do RS	fev. 2022	200	3000	*	*
49	RS-12	Projeto White Shark	mar. 2022	215	3010	*	*
50	RS-13	Projeto Atobá	abr. 2022	166	2490	*	*
51	RS-14	Projeto Ibituassu	abr. 2022	134	2010	*	*
52	RS-15	Península Wind	abr. 2022	180	2700	*	*
53	RS-16	Tecnoluft Wind	abr. 2022	180	2700	*	*
54	RS-17	Marine Vórtice WOS	abr. 2022	348	5220	*	*
55	SC-1	Farol Wind Power	abr. 2022	380	5700	*	*
Totais				<b>9075</b>	<b>13396</b>		

Fonte: SEI/IBAMA (setembro/ 2021). \*Sem Informação.

Embora o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2029, elaborado pela EPE (2020) relate que a tecnologia eólica *offshore* ainda não é economicamente competitiva em comparação com outras fontes de energia renováveis no Brasil (por exemplo, energia solar e parques eólicos *onshore*) e, além disso, indique o horizonte de implementação apenas a partir de 2027, os investidores estão se antecipando ao cenário nacional e a gestão estadual tem dificuldades em acompanhar a velocidade dos investimentos nacionais e internacionais que estão sendo realizados, a todo vapor.

Até o momento, a tecnologia *offshore* no mundo apresenta discussões consistentes na literatura internacional, principalmente com tópicos que abordam aspectos de engenharia (ARANY *et al.*, 2017; NEGRO *et al.*, 2014; WU *et al.*, 2019), custos financeiros para implementação da tecnologia (GONZALEZ-RODRIGUEZ, 2017; SARKER; FAIZ, 2017), biofísica nos mares do Norte (DEGRAER *et al.*, 2018) e impactos nas paisagens marítimas (LADENBURG, 2009; PALMER, 2019).

No entanto, quando voltamos nossa análise para os impactos sociais e econômicos da energia *offshore*, especialmente na pesca marinha e navegação (artesanal e industrial), temos a descrição de alguns casos em todo o mundo: (i) análise dos impactos sobre a pesca comercial e de recreação em Rhode Island no Estados Unidos (BRINK; DALTON, 2020); (ii) modelagem do sistema socioecológico da costa de Courseulles-sur-mer, França, a fim de prever os possíveis efeitos da instalação de um parque eólico *offshore* no Canal da Mancha (HARALDSSON *et al.*, 2020); (iii) políticas de territorialização da implementação de parques eólicos *offshore* em Taiwan e os impactos sobre golfinhos, criadores de ostras e pesca artesanal (HUNG, 2020; ZHANG *et al.*, 2017), e (iv) análise do nível de aceitação dos pescadores comerciais para a implantação de parques eólicos na Irlanda (REILLY *et al.*, 2015). Todavia, não existe nenhum estudo para a América Latina (América do Sul e Mar do Caribe).

Além disso, a América Latina tem os ecossistemas marinhos e costeiros de águas rasas mais ricos e exclusivos que são totalmente diferentes de lugares onde parques eólicos *offshore* já foram instalados (como na Noruega, China, Alemanha, Inglaterra, dentre outros). Pode-se mencionar os recifes de coral, ervas marinhas e leitos de rodolitos e manguezais. Esses já estão seriamente ameaçados por impactos locais e globais (poluição, urbanização, fazendas de camarão, aquecimento, ondas de calor). Esses ecossistemas tropicais fornecem bens e serviços ecossistêmicos de alto valor em todo o mundo (ex.: proteção costeira, filtragem de poluentes, viveiro de vida marinha, captura de carbono) que precisam ser rigorosamente analisados antes da instalação de projetos de energia *offshore* devido aos riscos cumulativos e impactos socioeconômicos nas comunidades hospedeiras que dependem desses ecossistemas saudáveis (ARAÚJO *et al.*, 2008; DEFEO; MCLACHLAN, 2013; GIBSON; YOSHIYAMA, 1999). Hernandez *et al.* (2021) concluíram, a partir de revisão da literatura, que existe enorme variedade de espécies endêmicas e migrantes na costa brasileira (aves, mamíferos marinhos, cetáceos e tubarões), além de recifes de corais,

biota bentônica e biota pelágica, especialmente na profundidade de até 50 metros. Todavia, não há conhecimento acerca das características migratórias, sazonalidade e reprodução dessas espécies, o que pode ocasionar impactos ambientais negativos sobre os ecossistemas costeiros durante as fases de instalação, operação, manutenção e descomissionamento dos parques eólicos *offshore* (HERNANDEZ *et al.*, 2021).

Por outro lado, a região Nordeste possui altos níveis de desigualdade social e o menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do país, 0,663 (IBGE 2010; IPEA, 2016). Essa análise em perspectiva apresenta o cenário socioambiental em escala local e dá ênfase às questões sociais e de justiça vinculadas à atividade da pesca artesanal que envolve a energia eólica no Nordeste brasileiro.

## **Perspectivas para análise dos impactos socioambientais decorrentes da instalação de parques eólicos *offshore* no litoral nordestino**

Em trabalho anterior (GORAYEB *et al.*, 2018, p. 85), argumentamos que os processos de planejamento de parques eólicos *onshore* “invisibilizaram uma comunidade tradicional de pescadores artesanais, tornando os residentes invisíveis para os tomadores de decisão que forneceram as aprovações estaduais necessárias para a construção do parque eólico” e o programa de mitigação subsequente gerou “efeitos indesejados”. Advertimos que “a questão fundiária pode emergir como o principal obstáculo social e político para a expansão das energias renováveis nos países em desenvolvimento, cumprindo as previsões de uma corrida global pela terra, produzindo conflitos sociais no Sul Global”. Essas previsões são apresentadas no documento publicado pelo Banco Mundial em 2011, em que é apontado o interesse cada vez maior por terras no Sul Global e demonstrado que 75% dos pobres do mundo vivem em zonas rurais que, após a crise de 2008, concentraram mais de 1 bilhão de pessoas que vivem em situação de grave insegurança alimentar até os dias atuais (DEININGER *et al.*, 2011).

Aqui oferecemos exemplos do caso de um parque eólico *offshore* planejado para águas costeiras próximo à Fortaleza, capital do Ceará, no litoral nordeste do Brasil. É um complexo com 59 aerogeradores com capacidade nominal total de 576 MW em uma área entre 2 e 18 metros de profundidade. O pedido de licenciamento ambiental da empresa junto ao IBAMA teve início em agosto de 2016, com o envio da Ficha de Caracterização Ambiental pelo proponente. Em março de 2020 foi realizada a primeira audiência pública com a comunidade anfitriã, mas, em julho de 2020 o IBAMA indeferiu a licença prévia devido à ausência, imprecisão e omissão de dados básicos no estudo. A empresa recorreu em processo administrativo em setembro de 2020, sendo que no mesmo mês o IBAMA confirmou a negativa devido à ausência de dados adicionais ao estudo. O processo continua aberto no sistema. O último posicionamento do empreendedor foi em maio 2022 com resposta ao Parecer de



Maio de 2021 em que foi reprovado o Estudo de Análise de Risco (EAR) e o Plano de Emergência Individual (PEI). A empresa apresentou um posicionamento técnico de uma consultoria especializada, indicada pelo próprio IBAMA. Ainda não houve resposta da instituição.

Esse EIA mostrou falhas significativas no diagnóstico do meio ambiente marinho (biótico, socioeconômico e físico), especialmente devido à ausência de dados oceanográficos e socioeconômicos. Além disso, invalidaram o pedido de LP a ausência de zoneamento ambiental marinho, de análise do patrimônio arqueológico subaquático e inconsistências e falhas nas medidas mitigadoras, compensatórias e de monitoramento elaboradas sem base em dados marinhos primários.

O EIA não apresentou as alternativas de projeto de localização de engenharia em uma escala compatível com *layout, design* e mapas explicativos com diferentes dimensões e localizações das torres e estruturas *offshore* associadas (como os cabos, subestações e infraestrutura de terra de apoio). Não foi apresentado o plano de descomissionamento futuro, bem como, não apresentava as vantagens e desvantagens do ponto de vista ecológico, social e econômico de cada alternativa locacional no meio marinho, confrontando-a com a hipótese de não execução do projeto. Uma das principais falhas foi a ausência de mapeamento do fundo do mar de alta resolução e impactos em habitats únicos, como os recifes de coral (LEÃO *et al.*, 2016; SOARES *et al.*, 2017), leitos de rodolitos (HORTA *et al.*, 2016) e tapetes de ervas marinhas (COPERTINO *et al.*, 2016).

Não foram apresentados mapas, custos alternativos, impactos ambientais detalhados e características de projetos de engenharia costeira alternativos aplicáveis às torres no fundo do mar. O estudo apresentava erros muito graves no sentido de diagnóstico do meio marinho, modelação numérica e proposição das áreas de apoio marítimo.

Sabe-se que a instalação das torres pode ocasionar mudanças na direção e velocidade do vento local causada pelas turbinas eólicas *offshore* (efeito esteira) (PLATIS *et al.*, 2018). Isso pode influenciar a navegação da atividade pesqueira artesanal. Além do fato de os pescadores, mesmo aqueles com lanchas a motor não poderem se aproximar de estruturas no mar, sem desobedecer às Regras de Manobra e Navegação publicadas pela Marinha do Brasil, que evitam colisões no mar. Nem mesmo essas regras básicas foram consideradas nos estudos iniciais do EIA do Parque Eólico *Offshore*. A existência de pesqueiros paralelos ao litoral do município, e não apenas “a leste” do empreendimento, como consta no EIA, e indicação da Autoridade Portuária para pesca artesanal em área de até 10 milhas do litoral (18,52 km), onde está inserido todo o projeto, pode afetar substancialmente a atividade, prejudicando milhares de famílias que vivem no litoral. Outra preocupação é a limitação espacial da navegação, que precisa ficar bem clara no estudo, em todos os seus condicionantes.

A ausência dessas informações de base científica dos estudos ambientais leva, inequivocamente, à subestimação dos impactos negativos, à ausência de medidas

mitigadoras, medidas compensatórias adequadas e estratégias de monitoramento para o parque eólico *offshore*. Portanto, a ausência de dados básicos sobre os territórios marinhos e de análises detalhadas sobre esses itens legalmente exigidos pela legislação brasileira gera um sério risco social, econômico e ecológico.

Entende-se que a implementação de projeto de parque eólico *offshore* no Brasil, se feito de forma irresponsável e imprecisa, impactará negativamente os ecossistemas tropicais únicos (como tapetes de ervas marinhas e recifes de coral), a dinâmica costeira e os aspectos sociais e econômicos, como as comunidades direta e indiretamente afetadas, inclusive as que possuem envolvimento com a atividade turística. Por exemplo, a praia de Cumbuco, sob influência indireta do projeto do parque eólico *offshore* em Caucaia, é hoje um dos maiores destinos turísticos do Brasil, onde possui uma das melhores praias do mundo para a prática do *kitesurf*, que atrai visitantes de todos os continentes, especialmente da Europa (O POVO, 2019). A instalação do parque eólico pode mudar o fluxo sedimentar, aumentando a erosão nas praias à oeste e alterando o padrão de circulação e correntes (MCCOMBS *et al.*, 2014), todavia, esses impactos não foram mencionados no EIA.

## **Indícios de falhas na justiça processual: o caso da primeira audiência pública de parque eólico *offshore* no Brasil**

Com base na análise do EIA do projeto em Caucaia, identificamos indícios de falhas na justiça processual para as comunidades anfitriãs que oferecem oportunidades para refletir sobre um processo que evite a marginalização das comunidades hospedeiras, considerando-se os aprendizados relatados em Gorayeb *et al.* (2018).

Em um primeiro momento, é importante saber que a propriedade federal de espaços marinhos leva ao envolvimento federal no licenciamento do parque eólico o que, em teoria, poderia quebrar o controle das elites locais no processo. Ironicamente, a participação do público nas discussões sobre a instalação do parque eólico em Caucaia durante a primeira audiência do projeto, realizada em março de 2020, em escola pública na praia de Icarai, foi dominada pelas autoridades locais. O processo foi demarcado por um ritual formal, com informações técnicas sendo repassadas ao público em formato de palestra e tempo restrito e bem definido para realizar perguntas, que nem sempre eram respondidas pelos empreendedores.

O trabalho de promoção do parque eólico foi feito, nesse contexto, em vias populares com foco nos moradores que residem em Icarai, área de influência direta do projeto, sendo negligenciadas as opiniões de moradores que não residem na localidade, porém devem ser potencialmente impactados pelo projeto, como os pescadores da praia de Cumbuco (10 km ao oeste da área de instalação das torres eólicas). Ou seja, o que ficou claro, especialmente durante a primeira audiência pública, é que a construção de espigões à beira mar em Icarai, proposta da empresa que posteriormente foi retirada do projeto à pedido do IBAMA, pois não era competência desse órgão o

seu licenciamento, justificava a construção do parque eólico *offshore*, sendo utilizada como “moeda de troca”, de forma explícita e sem hesitação, pelos empreendedores e pelos representantes da Prefeitura Municipal, incluindo o empenho pessoal do próprio prefeito, presente na abertura da audiência.

Ressalta-se que a comunidade de Icarai possui problemas graves de erosão há mais de 20 anos, o que acarreta em prejuízos para os moradores locais, pois coloca em risco desde moradias de populações com perfil de alta vulnerabilidade socioeconômica, até pequenos comerciantes e moradores de condomínios de classe média. Nesse contexto, a empresa do parque eólico e a gestão municipal estimularam, durante a audiência pública, conflito aberto entre os moradores que se posicionavam contra (não residentes de Icarai) ou a favor do projeto (residentes de Icarai). Isto pode ser explicitado em situações em que a representante da empresa se portou com deboche em relação às pessoas que se posicionavam contra o projeto, inclusive com cenas flagrantes de humilhação, ridicularizando o fato de algumas pessoas, com baixo nível de educação formal ou mesmo analfabetas, não terem compreendido a apresentação do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). Situação semelhante revela-se quando, em tom de galhofa, a representante da empresa disse a um pescador, presidente da Colônia de Pesca do Cumbuco, que iria “ensinar a ele a pescar”, excitando a “plateia” que estava a favor do projeto que, prontamente, expressou, em tom elevado, chacotas contra o pescador. Essas atitudes criaram e estimularam, continuamente, um clima tenso por quase cinco horas de audiência que adentrou a madrugada (19:40 às 24:40h), avivando sentimentos de rixa entre os dois grupos, e dando caráter contraproducente à reunião, gerando caos e isentando qualquer diálogo, reflexão ou análise sobre as implicações do projeto, conforme sugerem os objetivos desse gênero de consulta (SANTOS, 2004; SANCHEZ, 2013).

## **Considerações finais e perspectivas para pesquisas futuras**

A implantação de parques eólicos *offshore* em uma determinada região carente de infraestrutura e com altos níveis de pobreza, como é o caso em um país em desenvolvimento, é vista como uma grande oportunidade também para a população local que nutre esperanças de melhorias nos serviços públicos (estradas, energia, saneamento, etc.) além da óbvia expectativa de geração de emprego e renda. No entanto, trabalhos acadêmicos expõem o que tem ocorrido frequentemente na implantação de parques eólicos *onshore* no Nordeste do Brasil devido à pouca representatividade das comunidades locais na implantação e no planejamento participativo dos projetos. Em muitos casos, o empreendimento é visto como algo isolado do contexto daquele espaço, com pouca interação positiva com a comunidade (GORAYEB; BRANNSTROM, 2016). Não verificamos no EIA desse primeiro projeto no Sul Global e em sua audiência pública nenhum planejamento adequado que anteceda esse problema e,

de fato, garanta benefícios de longo prazo para as populações hospedeiras afetadas pelo projeto, não apenas no Icaraí, mas também em outras comunidades que sobrevivem da pesca artesanal e do turismo e que serão indiretamente influenciadas pelo projeto, a exemplo do Cumbuco.

Esses desafios emergentes levantam questões específicas para a energia eólica *offshore*, especialmente no Sul Global, onde as comunidades anfitriãs podem ser especialmente marginalizadas politicamente com pouco acesso à informação, educação formal e influência sobre investidores e autoridades estaduais. O [Quadro 2](#) descreve características do ambiente tropical *offshore* com influência direta sobre os resultados da justiça para as comunidades anfitriãs. Essas características informam as observações específicas que oferecemos sobre como os parques eólicos *offshore* podem se envolver de forma produtiva com as comunidades anfitriãs para reduzir ou eliminar as injustiças decorrentes dos parques eólicos *offshore*, considerando-se princípios expostos em Russell; Bingaman; Garcia (2021) e desafios que elaboramos para parques eólicos onshore (BRANNSTROM *et al.*, [2017](#)).

Essa posição reforça os resultados de Haraldsson *et al.* ([2020](#)), que construiu um modelo matemático qualitativo para compreender os possíveis efeitos sobre a dinâmica socioecológica de uma parte do litoral da França após a possível instalação de um parque eólico *offshore*. Os resultados sugerem que quanto mais os detentores do projeto estiverem envolvidos, de várias maneiras, no sistema socioecológico local, mais a sociedade se beneficiará como um todo, pois os benefícios são aumentados quando há uma maior aceitação geral e apropriação do projeto pelas comunidades anfitriãs.

Nossos estudos visam a compatibilização entre o desenvolvimento econômico, com a ampliação da matriz energética renovável, e a justiça distributiva e processual da implantação dos empreendimentos nas comunidades, ou seja, queremos que os moradores direta e indiretamente afetados se beneficiem da instalação dos projetos, para que não fiquem simplesmente com as externalidades negativas deles decorrentes.

Outras políticas e práticas podem reduzir conflitos relacionados à energia eólica (*onshore* e *offshore*), como o estabelecimento de instrumentos legais para regular o desenvolvimento de parques eólicos nas escalas estadual e municipal, especialmente por meio da atualização das leis de zoneamento marinho e a construção do Planejamento Espacial Marinho, que se iniciou no Brasil em 2001, mas que até o momento teve poucos avanços (GANDRA; BONETTI; SCHERER, [2018](#)).

**Quadro 2 - Desafios da energia eólica offshore no Brasil e sugestões de *best practices* para o Estado, as empresas e as comunidades**

<b>Desafios de Sustentabilidade</b>	<b>Ações governamentais</b>	<b>Ações empresariais</b>	<b>Ações comunitárias</b>
Redução dos impactos nos sistemas naturais costeiros (geohabitats, praias, dunas, manguezais)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rigorosas análises dos impactos ambientais.</li> <li>- Declaração de moratória contra os parques eólicos que pretendam se instalar sem compromisso social e ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evitar à instalação dos parques eólicos em sistemas geobiofísicos, arqueológicos e sociais (pesca e navegação) relevantes e investir na criação de alternativas locais.</li> <li>- Ter postura cética e ética frente os produtos das consultorias ambientais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitorar e fiscalizar, com a participação do Ministério Público e das entidades de apoio, a preservação dos recursos naturais e da manutenção dos direitos tradicionais, culturais e públicos sobre os territórios marinhos e costeiros.</li> </ul>
Garantia de acesso das populações tradicionais locais aos territórios e aos recursos naturais para a subsistência	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fortalecimento das leis de uso dos territórios tradicionais marítimos (SPU, Marinha Brasileira - NORMAN, IBAMA, etc.).</li> <li>- Construção do PEM (Plano Espacial Marinho) como ferramenta fundamental e imprescindível para possibilitar a instalação de parques eólicos <i>offshore</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptar o projeto de engenharia locacional das torres eólicas considerando-se os usos múltiplos do mar.</li> <li>- Não compactuar e estimular a criação de contratos duvidosos e fraudulentos em relação à possíveis medidas mitigatórias.</li> <li>- Averiguar, com muita cautela e assessoria profissional (advogados, pesquisadores, instituições idôneas), o comportamento ético e social das elites políticas e econômicas locais.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Auxiliar as entidades de apoio na criação de estudos e planos de gestão dos sistemas ambientais marinhos e costeiros, a partir do provimento de informações e de conhecimento local.</li> <li>- Criar mapas mostrando os aspectos espaciais e territoriais dos recursos naturais.</li> </ul>
Melhorias sociais e econômicas às comunidades tradicionais locais	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabelecer instrumentos econômicos e fiscais que beneficiem as comunidades.</li> <li>- Controlar, fiscalizar e regulamentar o relacionamento das empresas com as comunidades, tendo que ter como premissa a transparência e a retidão jurídica nas ações.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Não incentivar a cooptação de líderes comunitários e a divisão interna dos grupos de moradores locais e colônias de pescadores.</li> <li>- Não fazer promessas exageradas e não condizentes com a realidade sobre benefícios econômicos e empregos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Criar associações de moradores, fortalecer colônias de pesca e conselhos participativos para gerenciar, de modo racional e coletivo, os recursos financeiros e projetos advindos das empresas.</li> <li>- Criar fóruns com ampla participação social e grupos gestores locais para acompanhar as ações da empresa.</li> </ul>

Fonte: Autoria própria.

A criação de um processo de ordenamento marinho multicritério, a exemplo da proposta de Vinhoza: Schaeffer (2021) e participativo que identifique as áreas nas quais os projetos de energia renovável são mais compatíveis com os assentamentos humanos e o uso de recursos naturais, pode evitar conflitos antes que eles surjam. Pois, sabe-se que informações públicas de qualidade auxiliam na formulação de políticas, na construção e execução de marcos regulatórios e ajudam a sociedade a compreender melhor seus direitos, proporcionando ambiente seguro para os investidores que conseguem desenhar e implementar projetos que gerem lucros, porém, que também respeitem os direitos locais e proporcionem benefícios para as comunidades atingidas diretamente e indiretamente (DEININGER *et al.*, 2011).

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao suporte do projeto CAPES/ Programa de Cooperação Brasil Sul – Sul (COOPBRASS) Edital n. 5 de 2019, Proc. 88881.368924/2019-01 “Energia renovável e Descarbonização na América do Sul: desafios da Energia Eólica/ BR e do Lítio/ AR” e ao CAPES/ PRINT Proc. 88887.312019/2018-00: Integrated socio-environmental technologies and methods for territorial sustainability: alternatives for local communities in the context of climate change.

## Referências

- ARANY, L.; BHATTACHARYA, S.; MACDONALD, J.; HOGAN, S. J. Design of monopiles for *offshore* wind turbines in 10 steps. **Soil Dynamics and Earthquake Engineering**, v. 92, p. 126-152, 2017.
- ARAÚJO, M. S. M.; FREITAS, M. A. V. Acceptance of renewable energy innovation in Brazil - case study of wind energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, n. 2, p. 584–591, 2008.
- AZEVEDO, S. S. P.; PEREIRA JUNIOR, A. O.; SILVA, N. F.; ARAÚJO, R. S. B.; CARLOS JUNIOR, A. A. Assessment of *Offshore* Wind Power Potential along the Brazilian Coast. **Energies**, v. 13, p. 2557, 2020.
- BRANNSTROM, C.; GORAYEB, A.; MENDES, J. S.; LOUREIRO, C. V.; MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V.; FREITAS, A. L. R.; OLIVEIRA, R. F. Is Brazilian wind power development sustainable? Insights from a review of conflicts in Ceará state. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 67, p. 62-71, 2017.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Brasília: MME/EPE, 2020.
- BRINK, T. S. T.; DALTON, T. Perceptions of Commercial and Recreational Fishers on the Potential Ecological Impacts of the Block Island Wind Farm (US). **Frontiers in Marine Science**, v. 5, p. 1–13, 2018.
- COPERTINO, M. S.; CREED, J. C.; LANARI, M. O.; MAGALHÃES, K.; BARROS, K.; LANA, P. C.; SORDO, L.; HORTA, P. A. Seagrass and submerged aquatic vegetation (VAS) habitats off the coast of Brazil: state of knowledge, conservation and main threats. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64(sp2), p. 53-80, 2016.

- DEFEO, O.; MCLACHLAN, A. Global patterns in sandy beach macrofauna: Species richness, abundance, biomass and body size. **Geomorphology**, v. 199, p. 106-114, 2013.
- DEININGER, K.; BYERLEE, D.; LINDSAY, J.; NORTON, A.; SELOD, H.; STICKLER, M. **Rising Global Interest in Farmland: Can it Yield Sustainable and Equitable Benefits?**. Washington, D. C.: The World Bank, 2011. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2263>. Acesso em: 19 out. 2021.
- DEGRAER, S.; BRABANT, R.; RUMES, B.; VIGIN, L. (ed.). **Environmental Impacts of Offshore Wind Farms in the Belgian Part of the North Sea: Assessing and Managing Effect Spheres of Influence**. Brussels: Royal Belgian Institute of Natural Sciences, OD Natural Environment, Marine Ecology and Management, 2018.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Roadmap Eólica Offshore Brasil: Perspectivas e caminhos para a energia eólica marítima**. Rio de Janeiro: EPE, 2020.
- GANDRA, T. B. R.; BONETTI, J.; SCHERER, E. G. Onde estão os dados para o Planejamento Espacial Marinho (PEM)? Análise de repositórios de dados marinhos e das lacunas de dados geoespaciais para a geração de descritores para o PEM no sul do Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.44, p. 405-421, 2018.
- GIBSON, R. N.; YOSHIYAMA, R. M. Intertidal fish communities. *In*: HORN, M. H.; MARTIN, K. L. M.; CHOTKOWSKI, M. A. (ed.). **Intertidal Fishes: life in two worlds**. San Diego: Academic Press, p. 264-296, 1999.
- GONZALEZ-RODRIGUEZ, A. G. Review of *offshore* wind farm cost components. **Energy for Sustainable Development**, v. 37, p. 10-19, 2017.
- GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A. J. DE A.; MENDES, J. S. Wind power gone bad: Critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. **Energy Research and Social Science**, v. 40, p. 82-88, 2018.
- GORAYEB, A., BRANNSTROM, C. Caminhos para uma gestão participativa dos recursos energéticos de matriz renovável (parques eólicos) no nordeste do Brasil. **Mercator**, v.15, p. 101-115, 2016.
- HARALDSSON, M.; RAOUX, A.; RIERA, F.; HAY, J.; DAMBACHER, J. M.; NIQUIL, N. How to model social-ecological systems? – A case study on the effects of a future *offshore* wind farm on the local society and ecosystem, and whether social compensation matters. **Marine Policy**, v. 119, p. 104031, 2020.
- HERNANDEZ, M.; SHADMAN, M.; AMIRI, M. M. SILVA, C.; SEGEN, F. E. LA ROVERE, E. Environmental impacts of *offshore* wind installation, operation and maintenance, and decommissioning activities: A case study of Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 144, p. 110994, 2021.
- HORTA, P. A. *et al.* Rhodolith in Brazil: Current knowledge and potential impacts of climate change. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64, n. 2, 2016.
- HUNG, P-Y. Placing Green Energy in the Sea: *Offshore* Wind Farms, Dolphins, Oysters, and the Territorial Politics of the Intertidal Zone in Taiwan. **Annals of the American Association of Geographers**, v. 110, n. 1, p. 56-77, 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Desenvolvimento Humano nas Macro-regiões Brasileiras**. Brasília: PNUD, IPEA, FJP, 2016.

- LADENBURG, J. Visual impact assessment of *offshore* wind farms and prior experience, **Applied Energy**, v. 86, n. 3, p. 380-387, 2009.
- LEÃO, Z. M. A. N.; KIKUCHI, R. K. P.; FERREIRA, B. P.; NEVES, E. G.; SOVIERZOSKI, H. H.; OLIVEIRA, M. D. M.; MAIDA, M.; CORREIA, M. D.; JOHNSON, R. **Brazilian coral reefs in a period of global change: a synthesis. Brazilian Journal of Oceanography**, v. 64 (spe2), 2016.
- LIEBE, U.; BARTCZAK, A.; MEYERHOFF, J. A turbine is not only a turbine: The role of social context and fairness characteristics for the local acceptance of wind power. **Energy Policy**, v. 107, p. 300–308, 2017.
- LIMA, D. K. S.; LEÃO, R. P. S.; SANTOS, A. C. S.; MELO, F. D. C.; COUTO, V. M.; NORONHA, A. W. T.; OLIVEIRA JÚNIOR, D. S. Estimating the *offshore* wind resources of the State of Ceará in Brazil. **Renewable Energy**, v. 83, p. 203–221, 2015.
- MCCOMBS, M. P. *Offshore* Wind farm impacts on surface waters and circulation in Eastern Lake Ontario. **Coastal Engineering**, v. 93, p. 32-39, 2014.
- MULVANEY, D. **Solar Power: Innovation, Sustainability, and Environmental Justice**. Berkeley: University of California Press, 2019.
- NEGRO, V.; LÓPEZ-GUTIÉRREZ, J. S.; ESTEBAN, M. D.; MATUTANO, C. Uncertainties in the design of support structures and foundations for *offshore* wind turbines. **Renewable Energy**, v. 63, p. 125-132, 2014.
- O POVO. **Cumbuco é palco de recorde mundial: 596 kitesurfistas entram na água ao mesmo tempo**. In: O POVO. [s. l.], 29 set. 2019. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/esportes/2019/09/22/cumbuco-e-palco-de-recorde-mundial--596-kitesurfistas-entram-na-agua-ao-mesmo-tempo.html>. Acesso em: 19 out. 2021.
- PALMER, J. F. The contribution of a GIS-based landscape assessment model to a scientifically rigorous approach to visual impact assessment. **Landscape and Urban Planning**, v. 189, p. 80-90, 2019.
- PLATIS, A.; SIEDERSLEBEN, S.; BANGE, J. *et al.* First *in situ* evidence of wakes in the far field behind *offshore* wind farms. **Scientific Reports**, v. 8, p. 2163, 2018.
- REILLY, K.; O'HAGAN, A. M.; DALTON, G. Attitudes and perceptions of fishermen on the island of Ireland towards the development of marine renewable energy projects. **Marine Policy**, v. 58, p. 88-97, 2015.
- SANCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos**. Rio de Janeiro: Oficina de Textos, 2013.
- SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004.
- SARKER, B. R.; FAIZ, T. I. Minimizing transportation and installation costs for turbines in *offshore* wind farms. **Renewable Energy**, v. 101, p. 667-679, 2017.
- SOARES, M. O.; ROSSI, S.; MARTINS, F. A. S.; CARNEIRO, P. B. M. The forgotten reefs: benthic assemblage coverage on a sandstone reef (Tropical South-western Atlantic). **Journal of The Marine Biological Association of the United Kingdom**, v. 97, p. 1585-1592, 2017.
- SOVACOOOL, B. K.; HOOK A.; MARTISKAINEN, M.; BAKER, L. The whole systems of energy injustice of four European low-carbon transitions. **Global Environmental Change**, v. 58, p. 101958, 2019.
- TRIBUNA DO NORTE. **Governo assina protocolo para instalação de usina eólica offshore no RN**. In: TRIBUNA DO NORTE. [s. l.], 22 set. 2020. Disponível em: <http://www.tribunadonorte>.



[com.br/noticia/governo-assina-protocolo-para-instalaa-a-o-de-usina-ea-lica-offshore-no-rn/490542](https://com.br/noticia/governo-assina-protocolo-para-instalaa-a-o-de-usina-ea-lica-offshore-no-rn/490542).

Acesso em: 19 out. 2021.

- VINHOZA, A.; SCHAEFFER, R. Brazil's *offshore* wind energy portential assessment based on a Spatial Multi-Criteria Decision Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 146, p. 111185, 2021. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111185.
- WU, X.; HU, Y.; LI, Y.; YANG, J.; DUAN, L.; WANG, T.; ADCOCK, T.; JIANG, Z.; GAO, Z.; LIN, Z.; BORTHWICK, A.; LIAO, S. Foundations of *offshore* wind turbines: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 104, p. 379-393, 2019.
- XAVIER, T.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Energia eólica *offshore* e pesca artesanal: impactos e desafios na costa oeste do Ceará, Brasil. *In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. S. (org.). Geografia marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos*. Rio de Janeiro: Caroline Fontelles Ternes, 2020. p. 608-631.
- ZHANG, Y.; ZHANG, C.; CHANG, Y-C.; LIU, W-H.; ZHANG, Y. *Offshore* wind farm in marine spatial planning and the *stakeholders* engagement: Opportunities and challenges for Taiwan. **Ocean & Coastal Management**, v. 149, p. 69-80, 2017.

## CAPÍTULO 16

# RELAÇÕES ENTRE DESCARBONIZAÇÃO, VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS E IMPACTOS REGIONAIS DA ENERGIA EÓLICA NO CONTEXTO DO NORDESTE DO BRASIL: O CASO DO RIO GRANDE DO NORTE

---

*Zoraide Souza Pessoa<sup>1</sup>*

*Luziene Dantas de Macedo<sup>1</sup>*

*Ryllanneive Leonardo Pontes Teixeira<sup>1</sup>*

*Moema Hofstaetter<sup>1</sup>*

*Yonara Claudia dos Santos<sup>1</sup>*

*Eunice Ferreira Carvalho<sup>1</sup>*

*Ellitamara Alves de Oliveira Melo<sup>1</sup>*

### Resumo

A energia eólica ganhou centralidade global como fonte energética alternativa e de forte aderência aos pressupostos da descarbonização, da sustentabilidade e das mudanças climáticas, considerados essenciais para a construção da transição dos modelos de desenvolvimento dos países. No Brasil, observam-se avanços na expansão das fontes de energias renováveis voltadas para a diversificação de sua matriz energética, cuja composição tem na hidroeletricidade, sua principal fonte. No entanto, configura-se insuficiente para responder às demandas reprimidas de consumo, em expansão desde o final dos anos 1990, mas que, no início dos anos 2000, eclode em crise de abastecimento de energia. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é entender até que ponto a dinamização das energias renováveis, em particular, a fonte eólica, é um indicativo importante para o processo de diversificação da matriz energética nacional no contexto da sustentabilidade, da descarbonização e da capacidade de respostas às mudanças climáticas, assim como indutora de novas perspectivas de desenvolvimento dos territórios, considerando, empiricamente, a região Nordeste do Brasil (NEB),

---

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Brasil. [zoraide.pessoa@ufrn.br](mailto:zoraide.pessoa@ufrn.br)

com foco particular no Rio Grande do Norte (RN). A metodologia privilegia a análise qualitativa, baseada em dados secundários, documentais e de pesquisas. Os resultados e discussões sugerem que, de fato, o país avançou na diversificação de suas fontes energéticas. Entretanto, isso ocorreu de forma deslocada de uma efetiva orientação de elaboração de políticas públicas com base nos pressupostos da sustentabilidade, das mudanças climáticas e da descarbonização, envidados no processo de planejamento energético estratégico a curto, médio e longo prazos. À guisa de conclusões e, em caráter parcial, já são perceptíveis as contradições em torno da geração de energia pela fonte eólica que, assim como não trouxe nuances inovadoras em relação à perspectiva de sustentabilidade e da descarbonização efetivamente, nem impactos expressivos regionais em termos de dinamismo econômico, contribuiu para ampliar as situações de vulnerabilidade dos territórios e populações, sem a correlata expansão de oportunidades respaldadas na justiça socioambiental.

**Palavras-chave:** Energias renováveis. Sustentabilidade. Mudanças climáticas. Impactos regionais. Vulnerabilidades socioambientais.

## Introdução

A dinamização das energias renováveis nas primeiras décadas do século XXI é um fato em escala global, e a nível nacional foi acompanhada, especialmente na última década, de forma vertiginosa. Contudo, as abordagens dos estudos em geral, são centradas em discussões com foco nessa dinamização, bem como nos investimentos públicos e privados no contexto do processo de diversificação das matrizes energéticas, e nos impactos socioambientais sobre os territórios com a instalação de empreendimentos e dos conflitos decorrentes. Abordagens com foco em relacionar as energias renováveis e sua relação com a descarbonização e a capacidade de respostas às mudanças climáticas são mais recentes, assim como aquelas indutoras de novas perspectivas de desenvolvimento dos territórios, com foco na sustentabilidade e nas condições de vulnerabilidade que possam apresentar.

Nesse sentido, em certa medida, este capítulo busca preencher essa lacuna. Por isso, a ideia que o permeia reside na importância da energia eólica como vetor de segurança energética e, portanto, impulsionadora da diversificação da matriz elétrica no mundo e, também, como expectativa estratégica para o enfrentamento das mudanças climáticas e de desenvolvimento socioeconômico nos espaços receptores dos investimentos em geração de energia elétrica por fonte eólica de forma mais sustentável.

Efetivamente, o objetivo deste estudo é entender até que ponto a dinamização das energias renováveis, em particular, a fonte eólica, é um indicativo importante para o processo de diversificação da matriz energética nacional no contexto da sustentabilidade, da descarbonização e da adaptação climática, assim como indutora de novas

perspectivas de desenvolvimento dos territórios. Considerando, empiricamente, a região Nordeste do Brasil (NEB), com foco particular no Rio Grande do Norte (RN).

A importância dessa reflexão decorre do crescimento vertiginoso da participação de fontes renováveis na composição das matrizes energéticas e elétricas mundial e brasileira, na última década. O Nordeste brasileiro se destaca nessa expansão nacional da capacidade instalada de energia eólica, que alcançou 13,25 GW em 2019, contra 0,43 GW em 2009, ou seja, um crescimento percentual de cerca de 41% em 10 anos. No contexto estadual, o RN, por sua vez, obteve uma taxa média de crescimento 55,2% no mesmo período, estando atrás da Bahia, mas à frente do Piauí e Ceará (EPE, [2020](#)).

Não é demais destacar que a energia eólica, juntamente com as outras fontes renováveis modernas, como a solar e a biomassa, entre outras, são consideradas base fundamental para uma completa transição energética. Principalmente, devido ao setor energético ser responsável por cerca de 73% das emissões dos Gases do Efeito Estufa (GEE) (GE; FRIEDRICH, [2020](#)), decorrente de sua dependência mundial dos combustíveis fósseis.

Diante desse fato, o enfrentamento das mudanças climáticas exige que o planeta possa reduzir as emissões de GEE e, para tanto, os organismos internacionais, como o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e a Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança Climática (COP), nos últimos anos, vêm assinalando a necessidade de se limitar o aquecimento global em 1,5° C acima dos níveis pré-industriais. Bem como traçar caminhos relacionados às emissões de GEE, com o intuito de fortalecer a resposta global às ameaças climáticas e ao desenvolvimento sustentável, além de promover esforços para erradicar a pobreza. São objetivos ambiciosos e complexos em toda a escala e multifacetados (IPCC, [2021](#)), pois dependem da “vontade” dos governos.

A premissa básica dos acordos internacionais sobre as mudanças climáticas é que esse fenômeno, ao atingir todos os países em escala planetária, deve ser tratado de forma a considerar as especificidades de desenvolvimento econômico de cada país e/ou região, necessitando a implementação de um processo de cooperação internacional, onde todos os países são chamados a apresentar soluções eficazes, tendo o comprometimento na redução de GEE uma relação direta com a diferenciação da base econômica e socioambiental. Isso porque, segundo Macedo ([2016](#)), os graus de desenvolvimento alcançados pelos países e/ou regiões são assimétricos, de tal forma que o crescimento econômico e social precisa ser tratado à luz dos padrões almejados de produção, consumo, uso de energia, de acesso aos recursos naturais de forma responsável e, certamente, dos acordos climáticos, os quais estipulam metas compulsórias de redução de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para a mitigar os problemas ambientais contemporâneos.

Só assim, as oportunidades de desenvolvimento econômico e socioambiental estarão ancoradas nos princípios básicos de conservação da natureza e da biodiversidade, tendo o potencial de redução de GEE, proveniente das energias renováveis modernas, como pré-requisito fundamental à superação do aquecimento global e de outros impactos ambientais. A promoção de uma economia de baixo carbono deve ser vista como uma oportunidade para se pensar o planejamento e as ações globais coletivas frente à aceleração do ritmo das mudanças climáticas, mas também como uma resposta à necessidade de proteger a competitividade industrial e as comunidades vulneráveis (WEC, [2021](#)).

Desse modo, com base nas premissas apresentadas nesta introdução, o presente capítulo tem por metodologia a análise qualitativa, baseada em dados secundários, documentais e de pesquisas realizadas pelos autores. Em termos organizacionais, o capítulo está estruturado em três seções. A primeira seção é dedicada ao exame mais amplo da diversificação da matriz energética, descarbonização e capacidade de adaptação climática no contexto da sustentabilidade. A segunda seção analisa a expansão da geração de energia eólica, no contexto de sua capacidade potencial de desenvolvimento regional e local. A terceira e última seção apresenta aspectos discursivos envolvendo a vulnerabilidade e os impactos socioambientais da energia eólica no RN.

## **Diversificação da matriz energética, descarbonização e adaptação climática no contexto da sustentabilidade**

O setor energético é colocado como uma atividade importante e essencial no combate e controle das mudanças climáticas nos territórios, especialmente por ser o que mais emite GEE, principalmente CO<sub>2</sub>, correspondendo a aproximadamente 73% do total dessas emissões entre os anos de 2007 e 2017 (GE; FRIEDRICH, [2020](#)). Entre os subsetores energéticos, a geração de eletricidade e calor, o transporte, a fabricação e a construção são considerados os mais ativos nesse cenário (GE; FRIEDRICH, [2020](#)).

Nesse sentido, a redução das emissões de GEE, ligadas ao uso da energia, requer esforços globais na diversificação da matriz energética, inclusive por meio de acordos institucionais firmados pelos Estados nacionais que, por sua vez, entendem tais esforços como ações essenciais no que concerne ao atendimento das metas mundiais de mudanças climáticas (WALTER, [2007](#)). Para sua efetivação, devem ser propostos caminhos para a transição energética, que consiste no processo de transição de um sistema baseado em fontes não renováveis (como carvão mineral, gás natural e petróleo), para um ancorado em fontes renováveis (a exemplo, pode-se citar as energias eólica e solar), visando promover redução nas emissões de GEE e, por consequência, evitar a intensificação das mudanças climáticas.

A substituição de fontes energéticas não renováveis por renováveis é, portanto, vista como uma alternativa-chave no atendimento da meta de manter a temperatura global abaixo de 2°C até 2100, firmada no âmbito do Acordo de Paris, de 2015. Essa saída configura-se também nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), sobretudo, no objetivo 07, que visa assegurar a todos os indivíduos do planeta, especialmente dos países menos desenvolvidos, um acesso confiável, sustentável, moderno e com preços acessíveis à energia elétrica (ONU, [2015](#)).

Embora estudos realizados, por exemplo, pelo quinto relatório do IPCC ([2014](#)) apontem que as emissões de GEE oriundas do setor de energia devem dobrar ou até triplicar até 2050, quando comparadas ao ano de 2010 (SOUZA, [2017](#)), as evidências são de que o referido setor continue interferindo diretamente e de modo cada vez mais negativo sobre as mudanças climáticas e ambientais globais, caso medidas de diversificação da matriz energética mundial não sejam adotadas. Cabe pontuar que essa matriz é composta majoritariamente (cerca de 81%) por fontes não renováveis (ALCOFORADO, [2019](#)).

A diversificação da matriz energética nacional é necessária para o combate e controle das mudanças climáticas, mas cabe destacar, de acordo com Reis ([2015](#)), que é também importante para o desenvolvimento da segurança energética do país. Em outras palavras, isso quer dizer que diversificar a matriz energética de um país é promover um fornecimento de energia capaz de subsidiar às suas necessidades internas.

Nesse ínterim, Reis ([2015](#)) assinala que a diversificação da matriz energética consiste em um campo permeado de oportunidades para o desenvolvimento do país no que se refere às novas cadeias produtivas ligadas ao setor energético, bem como para a democratização do acesso à energia através da geração distribuída e descentralizada. Na esteira dessa discussão, afirma-se que, dentre as fontes energéticas renováveis (eólica, solar, hídrica etc.), a eólica tem lugar de destaque no mundo, com avanços em ritmo acelerado devido ao seu desenvolvimento tecnológico de eficiência, aos incentivos fiscais e à sua rentabilidade de investimento (RAMPINELLI; ROSA JÚNIOR, [2012](#)).

Além disso, a diversificação da matriz energética de um país é uma alternativa-chave no caminho para a descarbonização global que, para González ([2018](#)), consiste em um processo que visa reduzir a quantidade de emissões globais de CO<sub>2</sub> em nível global, especialmente geradas através do uso de combustíveis fósseis. Dessa forma, a descarbonização é um processo que está intimamente associado à necessidade de inserção de matrizes energéticas mais renováveis na cadeia produtiva dos países. É importante ressaltar que a descarbonização é uma das abordagens de enfrentamento das mudanças climáticas, pois focaliza na mitigação das emissões de GEE, como previsto nas metas globais postuladas, por exemplo, pelo Acordo de Paris.

Os segmentos que orientam a descarbonização estão intimamente interligados aos mais diversos setores. Defende-se que a descarbonização do setor de eletricidade, por

exemplo, é essencial; mas não suficiente para manter a média da temperatura global, tendo em vista que, com a continuidade de desenvolvimento dos demais setores da cadeia produtiva, somente o setor elétrico não será suficiente para alcançar a referida meta e, assim, haver a promoção de uma descarbonização global (PFEIFFER *et al.*, 2016). Sendo assim, um processo de descarbonização, com o envolvimento de vários setores, é o ideal para se enfrentar os desafios atuais globais que combinam a demanda por energia elétrica e as mudanças climáticas.

Cabe considerar que a transição energética renovável, com vistas à promoção de uma descarbonização global, não é algo simples e apresenta dificuldades. São exemplos dessas dificuldades as injustiças energéticas e socioambientais, ocasionadas pela implementação de empreendimentos energéticos renováveis, somando a outros problemas estruturais, como questões de desemprego e interrupção do mercado global de combustíveis fósseis (SOVACOOOL *et al.*, 2019). Ainda assim, autores como Tavares (2020) veem a expansão das energias renováveis, por exemplo, na Alemanha, sob um espectro positivo, na medida em que o fornecimento de eletricidade a partir desse tipo de matriz energética pode promover resultados “mais amigáveis” ao clima, reduzindo sua dependência aos combustíveis fósseis.

Nesse contexto, as metas previstas no intuito de limitar o aumento da temperatura média global abaixo dos 2° C, em relação a níveis pré-industriais, tornam característico o uso sustentável da bioenergia, de tal forma que se faz necessário ampliar em larga escala a matriz energética mundial até 2050, utilizando-se de fontes de energia com baixo índice de emissão de CO<sub>2</sub> (IPCC, 2014). A bioenergia passa a ser constituinte de uma forma de capitalismo para o século XXI, alicerçado na valorização do meio ambiente e das questões sociais como forma de alcançar o desenvolvimento sustentável.

Com isso, a necessidade de alavancar um projeto de crescimento econômico com a implantação de grandes investimentos em diversos setores econômicos perpassa pela eficiência no uso da energia, pelo atendimento da equidade em sua distribuição, pela universalização do acesso à energia, e pela exploração e uso racionalizado de recursos naturais (PHILIPPI JR.; REIS, 2016). Frente a isso, deve-se considerar que, nos sistemas de produção e distribuição baseados na economia sustentável, a valorização de todas as formas de capital (humano, industrial, financeiro e natural) “depende da superação das desigualdades globais de renda e bem-estar material” (CAPRA, 2007, p. 9).

Não é à toa que vem sendo debatido, analisado e defendido nos últimos anos a necessidade de reinvenção da ideia de progresso econômico, de modo a torná-lo mais condizente com a aceleração da descarbonização das diversas economias mundiais. Nesse sentido, o aumento da produtividade, incluindo os recursos naturais, está atrelado ao processo produtivo por meio da otimização no consumo de material e energia, e à busca por uma melhor qualidade de vida (CAPRA, 2007). Isso significa reduzir os níveis de emissões de GEE e, *pari passu*, aumentar as medidas de mitigação,

adaptação e financiamento ao longo dos próximos anos, especialmente por parte dos países mais desenvolvidos por concentrarem os maiores níveis de emissão de GEE (CLIMATE TRANSPARENCY, [2019](#)).

A abordagem sobre adaptação climática passou a ter, sobretudo a partir de 2007, uma maior adesão nos âmbitos da academia e da política, muito embora a mitigação ainda assuma papel de destaque (HOGAN; MARANDOLA JR., [2009](#); OJIMA; MARANDOLA JR., [2010](#); MARTINS; FERREIRA, [2012](#); DI GIULIO *et al.*, [2019](#); TEIXEIRA; PESSOA; DI GIULIO, [2020a](#); [2020b](#)).

Assim como medidas de mitigação e de descarbonização, as energias renováveis também se constituem em estratégias adaptativas às mudanças climáticas, pois sua produção e expansão são importantes para a oferta da segurança energética de um país e para a substituição das energias não renováveis (SPERANZA; WILLS, [2019](#)). Pontua-se aqui, então, que a utilização de energias renováveis é de suma importância para desacelerar os processos das mudanças climáticas, seja mitigando as emissões de GEE ou adaptando-se aos efeitos das mudanças climáticas.

No caso brasileiro, pensar a questão energética requer considerar não apenas o viés de diversificação das suas fontes, mas também como pode prevalecer a manutenção do uso de fontes renováveis que podem ser afetadas pelas mudanças climáticas. Isto posto, é importante observar como se pode pensar cenários de adaptação climática e, ao mesmo tempo, de mitigação às emissões de GEE com a diversificação da sua matriz energética e elétrica. Essa demanda por pesquisas que promovam a sinergia entre mitigação e adaptação no contexto das mudanças climáticas, pode ser corroborada por diversos estudos (GUARIGUATA *et al.*, [2008](#); LOCATELLI, [2011](#); LOCATELLI *et al.*, [2011](#), BERRY *et al.*, [2015](#); ALTIERI; NICHOLLS, [2017](#)).

Atualmente, no Brasil, em certa medida, há uma aparente situação de confortabilidade em relação à composição de suas matrizes energéticas e elétricas, majoritariamente de bases renováveis, com o predomínio do uso das fontes hidráulicas e do avanço da participação da eólica e solar. No entanto, a hidráulica é muito suscetível às variabilidades climáticas e podem ser ainda mais afetadas diante dos cenários climáticos para os próximos anos, que preveem maior instabilidade e escassez hídrica, e que podem comprometer principalmente a distribuição regional de eletricidade no país. Isso demanda uma necessidade maior de planejamento energético, considerando os fatores climáticos como elementos que podem comprometer a segurança energética do país para as próximas décadas, e provocar contextos de conflitos.

Mesmo reconhecendo a situação já existente de diversificação das matrizes energéticas e elétricas do Brasil, sua estruturação ao longo do tempo é marcada historicamente por cenários expressivos de impactos socioambientais em localidades que configuram conflitos em todo o território nacional. Conflitos esses que colocam em debate os possíveis benefícios trazidos ao desenvolvimento regional e local, e que não parecem estar alinhados a uma perspectiva de Estado para a mitigação e



adaptação das mudanças climáticas nos diferentes níveis de governos do Brasil, conforme apresentados e discutidos nos tópicos seguintes.

## **Desenvolvimento regional e local e a expansão eólica**

Um dos aspectos propalados à recente expansão da energia eólica no Brasil, é que ela poderia contribuir para dinamizar regionalmente e localmente as economias dos estados com a instalação de unidades produtivas oriundas desse tipo de energia. Com quase duas décadas inseridas fortemente na recente dinamização das energias renováveis, a região Nordeste do Brasil se destaca por agregar em seus territórios os estados brasileiros com maior inserção na produção de energia eólica.

A inserção da energia eólica e de outras fontes renováveis no Nordeste encontrou uma forte adesão devido às suas características físicas naturais favoráveis à exploração produtiva eólica e solar. Com uma vasta costa litorânea e radiação solar, pareceu ser uma combinação perfeita para se tornar a principal região produtora de fontes renováveis emergentes, muito embora essa promoção não esteja ancorada numa visão voltada para um planejamento energético que considere as questões climáticas em curso.

Por outro lado, cabe assinalar que, segundo o Plano Decenal de Expansão de Energia 2030, espera-se que o consumo de eletricidade no subsistema Nordeste cresça a uma taxa média de 4,3% no período 2020-2030, acima da projeção realizada para o país, que foi de 3,7% (BRASIL, [2021](#)). Nesse sentido, é importante reiterar qual o papel da Região Nordeste não apenas para o desenvolvimento energético, mas também de como poderia direcioná-lo considerando a demanda de consumo, já que agrega uma população de 57.374.243 habitantes, que corresponde a 27,1% da população do país, de acordo com a estimativa 2020 apresentada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, [2021](#)).

Desse modo, pode-se destacar a importância de direcionar esforços para suprir essa demanda crescente no contexto de uma economia de baixo carbono, cujo cerne do processo de expansão da produção está atrelado à valorização de uma política energética que busque, do lado da demanda, valorizar a conservação de energia elétrica, eficiência no uso da energia, e do lado oferta, fornecer uma energia relativamente mais limpa, proveniente de recursos naturais como o vento, sol, biomassa, marés, e etc. Mas também, que possa ampliar sua acessibilidade, potencializando efetivamente os ODS de forma geral e integrados.

No caso do Nordeste, a produção de energia renovável pode ser entendida à luz das possibilidades para o desenvolvimento regional, a partir do aproveitamento das oportunidades de investimento que ocorrem em decorrência das vantagens comparativas de clima, vegetação, solo, entre outros. No caso das novas tecnologias de geração de energia elétrica, o vento e o sol possuem a capacidade de transformar os

espaços em mecanismo de expansão socioeconômica e ambiental, mas o que permite o aproveitamento deste recurso natural não é o que ele pode representar em termos de construção de capacidade produtiva para a geração de energia, mas é o que ele é capaz de permitir no contexto que embala o processo de valorização do capital. Nesse sentido, vento e sol se transformam em instrumentos incessantes de reprodução do capital, se assentando no espaço/território com o objetivo de autorreproduzir.

É nesse sentido que a atuação do Estado, como indutor do processo de desenvolvimento econômico regional/local, tem o papel de recolocar o capital num ambiente que ofereça capacidade de não apenas recebê-lo, enquanto mecanismo propulsor de obtenção de lucro, mas de transformar o espaço/território onde ele está assentado de modo qualitativamente determinado pelas atividades que ali estão sendo desenvolvidas.

Contudo, deve-se atentar para a dinâmica dessas atividades quando reconhecidas em sua plena capacidade tecno-produtiva. Por exemplo, no caso da energia eólica sabe-se que o setor é intensivo em capital e tecnologia. Com isso, destaca-se que o maior direcionamento da capacidade de investimento do setor encontra-se concentrada na fase de planejamento do projeto, bem como de fabricação e compras, quando os custos de investimento de capital (entre 60% e 84%) estão associados ao custo das turbinas eólicas (MACEDO, 2015).

Desse modo, o setor eólico oferece condições setoriais para desenvolver a indústria de equipamentos para o consumo interno e exportação (SIMAS; PACCA, 2013), desde que se possa aproveitar as oportunidades de ocupações humanas ao longo da estrutura produtiva do setor eólico, especialmente nas fases de Operação & Manutenção (O&M), Instalação e Conexão à Rede e Fabricação e Compras. Nesse aspecto, a contratação de mão-de-obra pode representar no total geral das ocupações humanas demandadas pelo setor 43%, 30% e 17%, respectivamente, segundo informações coletadas no *International Renewable Energy Agency* (IRENA, 2017).

Na perspectiva regional/local, a geração de empregos é um dos fatores primordiais para o desenvolvimento socioeconômico do espaço receptor desses investimentos. Isso exige a configuração do desenvolvimento de atividades capazes de reduzir a característica de enclave, em favor da expansão dos processos produtivos e, portanto, do alastramento das atividades de transformação. Tais atividades podem ser consideradas uma forma sustentada de mudança, qualitativamente determinada pelas características do espaço/território, pela geração de emprego e renda, abertura de novos negócios, melhoria na infraestrutura urbana e no acesso aos serviços básicos como saúde, saneamento e segurança pública. Contudo, a geração de emprego e renda é sazonal, não compondo uma perspectiva estruturadora, na qual se possa falar em maior ampliação permanente de ocupados nesse segmento produtivo.

O setor de energia é um complexo integrativo em cadeia, pois as atividades à jusante e à montante demandam o desenvolvimento industrial de setores regionalmente ligados pela produção de energia. Ao mesmo tempo, possuem a capacidade

de pressionar a demanda regional por bens e serviços, com o melhoramento do nível de renda e, conseqüentemente, isso rebate no setor de energia elétrica ao pressionar a demanda por eletricidade.

O Nordeste possui uma matriz energética majoritariamente renovável, pois cerca de 80% da energia gerada vem da eólica, solar e hídrica, com predominância das fontes eólica e solar (ONS, dezembro de 2020). Em termos de capacidade instalada de energia eólica, o Nordeste representa cerca de 36% no total da potência outorgada de geração de eletricidade no país, perfazendo 565 usinas em operação em dezembro do ano passado (ANEEL, [2020](#)).

No tocante à capacidade eólica em construção e projetos não iniciados, os dados da ANEEL assinalam ainda que a região citada representa 77,2% e 49,8%, respectivamente. Isso demonstra um impacto importante sobre a economia da região, haja vista que a localização de fábricas de aerogeradores, pás e torres se concentram no Polo de Camaçari e Simões Filho, no estado da Bahia, complexo Industrial e Portuário de Pecém/CE, e Porto de Suape/PE (ABDI, [2017](#)). Esses espaços reúnem a montagem completa dos equipamentos eólicos, como parte de uma estratégia de tornar a região Nordeste fronteira de geração de energia renovável, a partir do aproveitamento da infraestrutura econômica existente.

Na região Nordeste, portanto, a energia eólica tem sido vista como motor de desenvolvimento regional, pela concentração da cadeia de fabricantes de equipamentos em alguns estados como Bahia, Pernambuco e Ceará, sendo globalmente considerada como eminentemente vantajosa, devido a sua competitividade econômica em termos de preços e custos em relação às outras fontes comercializadas nos leilões.

Pode-se apontar alguns impactos importantes, mas de curto e médio prazo, como a contratação de mão de obra local, mesmo que temporária, a geração de renda localizada, em decorrência do arrendamento de terras, e o atendimento à demanda por energia elétrica no Nordeste, em geral, e no RN, em especial, podendo alcançar mais de 90% (segundo dados da ONS, [2020](#)) nos meses de maior produtividade na geração de energia eólica, notadamente a partir de agosto, quando a produção por esse tipo de fonte retoma a sua representatividade de modo significativo (MACEDO, [2015](#)). Entretanto, embora seja considerada uma energia “limpa” e renovável, é necessário relativizar, pois os impactos negativos ao meio ambiente e as comunidades locais, onde ocorrem às instalações dos Parques Eólicos, demandam um planejamento adequado, políticas públicas específicas e inovação tecnológica contínua.

As contradições mais significativas, envolvendo a geração de energia eólica, estão associadas aos conflitos socioambientais que podem resultar na “imposição” dessa fonte de energia como vetor de investimento em determinados espaços, sem a compensação produtiva por meio do adensamento da cadeia de equipamentos, ou mesmo sem apresentar os objetivos claros de mitigação e de inserção numa agenda de adaptação às mudanças climáticas. Isso ocorre quando os investidores e os gestores

valorizam mais os assuntos técnicos, como eficiência e qualidade do vento, acima das considerações sociais, a exemplo dos vínculos produtivos e emocionais das pessoas com o seu território (PASQUALETTI, [2011](#)).

Portanto, a presença de empreendimentos de energia eólica no Nordeste brasileiro aponta para uma perspectiva da existência de efeitos e impactos negativos nos locais de sua instalação, gerando disputa com outras atividades econômicas, e com fortes impactos sociais e ambientais. Alguns estudos têm mostrado que esses conflitos eclodem no momento em que a comunidade ou grupos de interesse social atuam na defesa pelo uso do espaço que sempre utilizaram, entrando em disputa contra essa ocupação e contra a ocorrência de efeitos não desejados dessa atividade sobre o ambiente (OLIVEIRA; FERREIRA, [2019](#)).

A diversidade de conflitos, envolvendo a produção de energia eólica, emerge porque esses empreendimentos modificam a dinâmica territorial, ecológica, social e econômica nas áreas que se encontram instaladas, impondo às comunidades externalidades negativas advindas da atividade e, portanto, uma situação de injustiça ambiental. Esse cenário é destacado no tópico em sequência, ao tratar de um território específico, o caso do RN, que alcançou situação de evidência para a energia renovável, e o alcance para a expansão de eólica no Brasil na última década.

## **Vulnerabilidades e impactos socioambientais da energia eólica no Rio Grande do Norte**

Na última década, o estado do RN passou a ocupar um papel de destaque na produção de energias renováveis, agregando em seu território, plantas de empreendimentos para a produção de energia eólica impulsionada, tanto por seus governos estaduais ao longo desse período, como pelas políticas públicas energéticas nacionais, com destaque para o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), criado pela Lei nº 10.438/2002, que favoreceram a sua dinamização em territórios que apresentam condições favoráveis, do ponto de vista físico natural, bem como de abertura dos governos estaduais e municipais para empreendimentos eólicos e solares.

No final de 2020, o RN apresentou potência outorgada total superior a 9,7 GW (ANEEL, [2020](#)), distribuídos, tanto em municípios costeiros, como em municípios continentais. São mais de 173 empreendimentos, em funcionamento e instalados em 21 municípios, em sua maioria de porte populacional pequeno e cujos níveis de desenvolvimento humano são de médio para baixo (PNUD; IPEA; FJP, [2013](#)). Todos os municípios são essencialmente rurais, sem uma dinâmica social, econômica e urbana expressiva, constituídos em territórios marcados por condições de vulnerabilidades múltiplas. Porém, apresentam expressiva capacidade de potência para geração de energia eólica, produzindo um total de 4,8 GW de energia eólica (ANEEL, [2021](#)).

É importante considerar que as energias renováveis, enquanto produto final, eletricidade gerada, são consideradas como fontes de baixa emissão de GEE<sup>2 3</sup>. Contudo, seu processo produtivo não é limpo, sendo já caracterizado pela geração de impactos socioambientais (OLIVEIRA, 2012; HOFSTAETTER; PESSOA, 2015; GORAYEB *et al.*, 2018), agravando as condições de vulnerabilidade já existentes nos territórios e de suas populações (HOFSTAETTER, 2016; SOVACOOOL *et al.*, 2020).

Os impactos socioambientais se apresentam de forma multidimensional no RN, conforme é apontado por HOFSTAETTER (2016), no contexto dos municípios analisados em sua pesquisa (Areia Branca, Guamaré, João Câmara, Macau, Parazinho e Rio do Fogo), destacando-se em profundidade do município de João Câmara. Além de indicar os impactos decorrentes deste trabalho, inclui informações provenientes da escuta às comunidades litorâneas e da região da Serra de Santana, realizadas pelo Fórum de Mudanças Climáticas e Justiça Sócio Ambiental/Núcleo RN ao longo de 2020, do qual alguns dos autores deste artigo fazem parte (Quadro 1).

Observa-se que, mesmo existindo a constatação dos impactos acima relacionados em municípios do RN, não existe ainda um marco regulatório que considere todos os itens apontados em nenhum nível de governo, seja federal, estadual e/ou municipal pois, os instrumentos regulatórios de controle, como o licenciamento ambiental, não conseguem efetivamente atuar frente aos impactos negativos aos sistemas sociais e ecológicos existentes nos territórios. Essa realidade multidimensional é observada em outros estados do Nordeste do Brasil (MEIRELES, 2011) o que implica destacar que não são impactos isolados, mas já prementes e característicos deste tipo de atividade produtiva.

---

2 IPCC (2008). Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/languages/spanish.htm>>. Acesso em: 13 de mar. de 2021.

3 “O Futuro que Queremos”, Rio + 20.

**Quadro 1 - Dimensões dos impactos socioambientais da fonte eólica em municípios do Rio Grande do Norte, Nordeste, Brasil**

<b>Impactos Socioambientais</b>			
<b>Dimensões</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Município(s)</b>
Social	Segregação de comunidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desalojamento de agricultores e pescadores</li> <li>- Alteração das rotas das comunidades pesqueiras</li> <li>- Interrupção de estradas de acesso;</li> <li>- Cercamento com impossibilidade de acesso às terras</li> <li>- Redução da área de plantação e para a criação de animais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Areia Branca</li> <li>- Guamaré</li> <li>- São Miguel do Gostoso</li> <li>- Galinhos</li> <li>- Pedra Grande</li> <li>- Lagoa Nova</li> <li>- Cerro Corá</li> <li>- Rio do Fogo</li> </ul>
Social	Mudança de condição social	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Em função do contrato de arrendamento da terra, há a mudança da condição social, ou seja, a perda do reconhecimento de segurado especial junto ao INSS, tanto para agricultores, quanto para pescadores, o que implica em perda da aposentadoria rural e perda da aposentadoria especial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- João Câmara</li> </ul>
Social	Contrato de arrendamento das terras	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impossibilidade de desenvolver outra atividade no local, em função do arrendamento e do cercamento das terras (em alguns parques com a presença de policiamento inclusive), o que coloca em risco a segurança alimentar das populações;</li> <li>- Contratos de 20 a 30 anos com prorrogação automática</li> <li>- Impossibilidade de transmissão para os herdeiros</li> <li>- Geração de conflitos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nos municípios onde há parques eólicos</li> </ul>
Social	Promessa melhoria de renda e de vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Expectativa de melhoria de renda e vida não se concretiza.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- São Miguel do Gostoso</li> <li>- Galinhos</li> <li>- Pedra Grande</li> <li>- João Câmara</li> </ul>
Social	Alteração nas condições de saúde	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distúrbios causados pelo Ruído - motores e trânsito num primeiro momento/ dinâmico (geradores) e aerodinâmico (pás) no funcionamento, assim como pelo efeito estroboscópico</li> <li>- Insônia</li> <li>- Dor de cabeça</li> <li>- Depressão</li> <li>- Uso de remédio controlado</li> <li>- Stress</li> <li>- Aumento de solicitação de exames de alta resolução</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- João Câmara</li> <li>- São Miguel do Gostoso</li> <li>- Pedra Grande</li> <li>- Areia Branca</li> </ul>

Social	Mudanças na dinâmica socio-cultural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento da prostituição infanto-juvenil, com aumento de números das doenças sexualmente transmissíveis</li> <li>- Aumento dos casos de AIDS (inclusive nascimentos)</li> <li>- Nova realidade: os “filhos dos ventos” (os filhos dos ventos são citados em todos os municípios onde há parques eólicos)</li> <li>- Alargamento de uso de entorpecentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- João Câmara</li> <li>- São Miguel do Gostoso</li> <li>- Pedra Grande</li> <li>- Lagoa Nova</li> </ul>
Social	Mudanças na dinâmica econômica local e regional	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumento do emprego formal com consequente aumento da renda familiar. Trabalho de curto prazo (3 a 18 meses)</li> <li>- Trabalho sazonal e de baixa remuneração</li> <li>- Supervalorização do mercado imobiliário</li> <li>- Melhoria da economia local e regional, com investimento em construções e locações de estruturas para alimentação e hospedagem, muitas das quais ociosas após o findar da construção das obras</li> <li>- Aumento da arrecadação fiscal municipal na ocasião da construção das obras</li> </ul>	- Nos municípios onde há parques eólicos
Ambiental e Social	Descaracterização da paisagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cortes de dunas</li> <li>- Diminuição de lagoas, aterramento de lagoas dunares</li> <li>- Alteração do desenho do litoral</li> <li>- Interferência no turismo</li> <li>- Descaracterização de APA e APP</li> <li>- Aumento de temperatura</li> <li>- Desmatamento</li> </ul>	- Nos municípios onde há parques eólicos
Ambiental e Social	Diminuição da produção animal	<ul style="list-style-type: none"> <li>- As abelhas estão produzindo menos mel</li> <li>- Insegurança alimentar de agricultores e pescadores</li> </ul>	- Serra do Mel
Ambiental	Alteração geográfica territorial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extração da vegetação nativa</li> <li>- Abertura de novas estradas (inclusive sobre as dunas) e alteração dos traçados das estradas</li> <li>- Modificação da drenagem</li> <li>- Aumento da erosão</li> <li>- Perda de áreas de abrigo da fauna, com consequente danos a reprodução da fauna</li> <li>- Retenção de água superficial</li> </ul>	- Nos municípios onde há parques eólicos
Ambiental	Resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Novos materiais estranhos ao local, como metais e minerais</li> <li>- Falta de uma política relacionada ao reuso dos materiais após sua vida útil</li> <li>- Preocupação com o cemitério de lixo</li> </ul>	- Começa a haver uma preocupação nesse sentido

Fonte: Hofstaetter (2016); Fórum de Mudanças Climáticas e Justiça Sócio Ambiental/Núcleo RN (2020). Adaptado pelos autores.

Em geral, os empreendimentos trazem consigo a promessa de potencializar a economia local, com geração de empregos e renda, principalmente. Mas, já é evidente que a contratação de mão de obra local é restrita ao período da construção, restando poucos empregos após esse período (HOFSTAETTER, 2016; GORAYEB *et al.*, 2018). Nas escutas com as comunidades é compartilhado o sentimento de que foram iludidos, e que, dessa vez, a pobreza iria diminuir, o que não vem se confirmando. Observa-se que, de fato, os empreendimentos não contribuem para diminuir a vulnerabilidade social e ambiental já existente nos municípios, ao contrário, as ampliam mais ainda.

Nesse sentido, foi observado em Rio do Fogo, primeiro município do RN a ter empreendimento eólico em 2009, que sua realidade pouco foi alterada ao longo de uma década de exploração produtiva de energia eólica (Figura 1). Segundo relatos de moradores, obtidos em atividades de campo de pesquisa em março de 2020, esses apontam que a realidade do município não se alterou significativamente desde a vinda dos parques eólicos, ratificando que as promessas não se confirmaram. É nítido a existência de diversos conflitos, envolvendo desde os beneficiários, demais moradores e tomadores de decisão nos municípios, públicos e privados.

No RN, é visualizado cenários de conflitos e resistências como em Galinhos (SANTOS, 2018) e Areia Branca (FERREIRA; CAMACHO; GUIMARÃES, 2019). Outros conflitos, se dão entre os beneficiários de arrendamento de terras, a população e os gestores públicos, como no caso de Rio do Fogo, onde os moradores reclamam que apenas os “assentados” recebem rendimentos diretos e isenção na conta de energia elétrica. Apontam, também, os benefícios, obtidos através de desvios por parte dos gestores municipais no intuito de priorizar seus interesses particulares, não são transparentes e nem dialogam com as necessidades da população. É nítida uma relação de disputa entre os moradores de Rio do Fogo (perímetro urbano e os da comunidade praia de Zumbi (PROJETO DE PESQUISA, 2020).

Aspectos semelhantes também foram observados no município de Areia Branca, em dezembro de 2019, em outra etapa de pesquisa de campo, onde os moradores entrevistados ressaltaram que a dinâmica do município pouco mudou, especialmente nas comunidades receptoras dos empreendimentos de energia renováveis, tanto eólica como solar. Os moradores relataram ainda estarem indignados por produzirem tanta energia e as comunidades terem problemas para acessar a internet e usarem celular, já que não tem cobertura destes serviços nas comunidades (PROJETO DE PESQUISA, 2019). É importante destacar que ambos os municípios estão localizados na rota turística do estado, cujas paisagens naturais foram bastantes alteradas, estando aparentemente inseridas também as torres eólicas, nas dinâmicas cotidianas e dos espaços, como se observa nas Figuras 1 e 2.



## Figura 1 - Município de Rio do Fogo/RN, Brasil



Fonte: Projetos de Pesquisa (2020)<sup>4</sup>.

## Figura 2 - Município de Areia Branca/RN, Brasil



4 Em função da decretação de estado de emergência em saúde no Rio Grande do Norte, em 17 de março de 2021, em função da pandemia global da Covid-19, as atividades de campo da pesquisa estão suspensas do referido Projeto de Pesquisa.



Fonte: Projeto de Pesquisa (2019).

Em termos de síntese pode-se afirmar que, sob a perspectiva social, o que se registra com a chegada dos empreendimentos eólicos são promessas não cumpridas e o aumento de problemas sociais, sendo que a nova dinâmica instalada contribui, direta ou indiretamente, para a manutenção da desigualdade social, para o aumento da criminalidade e, sobretudo, para a expansão de toda uma oferta de serviços sociais como postos de saúde, escolas, delegacias, centros de assistência social etc. (HOFSTAETTER, 2016; GORAYEB *et al.*, 2018; BOLETIM DO FMCJSA, 2020).

Essa realidade, é de se supor, poderia ser diferente se houvesse uma reforma tributária que pudesse beneficiar os municípios produtores de energia, e não os consumidores (COSTA, 2017). Com isso, a captação de recursos poderia favorecer a resolução dos problemas locais. Obviamente que somente isto não bastaria, seria necessária uma boa gestão pública, voltada para as necessidades da população em geral.

Na perspectiva ambiental, os parques eólicos alteram a paisagem com suas torres e hélices, se inserindo nas áreas naturais e construídas (Figuras 1 e 2), no cotidiano e na dinâmica dessas paisagens (MIRASGEDIS *et al.*, 2014; HOFSTAETTER, 2016). Nas áreas litorâneas, as dunas são cortadas e lagoas interdunares são soterradas, ocorrendo também alterações nas estradas com consequente desmatamento (HOFSTAETTER; PESSOA, 2015; HOFSTAETTER, 2016). Além dessa interferência estrutural, os parques provocam interferência sonora e visual (PEDERSEN; WAYE, 2007; PIRES, 2011; DELICADO, 2013) e, nesse sentido, há a preocupação de qual a interferência desses parques na dinâmica do turismo de sol e mar, que poderia ocasionar o desinteresse pelas paisagens antes bucólicas, ocasionando uma queda da atividade (DELICADO, 2013; HOFSTAETTER, 2016).

A instalação dos parques eólicos provoca também modificação do estado normal do solo, devido à erosão por desmatamento das áreas, como foi percebido, por exemplo, na praia de Zumbi (Rio do Fogo), bem como desencadeia uma pressão sobre a diversidade biológica (BARROS; MAGALHÃES; RUI, 2015; FERREIRA, 2019; KUNZ *et al.*, 2007; ZOELLNER *et al.*, 2008; KIKUCHI, 2008; CARRETE *et al.*, 2012; MEIRELES, 2011; HOFSTAETTER, 2016), decorrente da destruição da vegetação natural por causa da migração das espécies.

É importante destacar, por fim, que as matas nativas, localizadas no entorno dos parques, foram retiradas (NERI *et al.*, 2019) em favor da construção de estradas capazes de permitir o fluxo de caminhões e máquinas pesadas. Isso sem falar na quantidade de água direcionada para a produção do concreto, sendo este indispensável na construção das bases de fundação das torres eólicas, e na geração de resíduos sólidos acumulados nos canteiros de obras e outras atividades construtivas.

A partir desse cenário apresentado evidencia-se que os espaços dos territórios eólicos são impactados por esses empreendimentos e, como consequência, surgem conflitos sociais e ambientais, além de situações que afetam diretamente tanto as comunidades locais como os ecossistemas.

É nítido também que as suas promoções pelas esferas dos governos estadual e municipais estão descoladas de preocupações com questões climáticas, sendo impulsionada pela velha lógica produtivista e economicista, sem respaldar novas perspectivas de desenvolvimento com viés sustentável. É o novo, no velho!

## Conclusões

Este capítulo apontou para a relevância do setor energético, do ponto de vista de sua diversificação no enfrentamento das questões ambientais e climáticas contemporâneas, que estão se perpetuando ao longo dos anos, em razão da intensificação da produção e consumo de energia por fonte fóssil. Isso, por sua vez, se tornou a base fundamental para a construção de um modelo de desenvolvimento baseado em dinâmicas produtivas intensivas em recursos naturais, mão de obra, capital, sendo extremamente desigual do ponto de vista social, ampliando e intensificando problemáticas.

As energias renováveis começam a se configurar como vetores fundamentais no contexto do processo de transição energética e de desenvolvimento das atividades produtivas mais sustentáveis e com menor impacto climático. Apresentam, estas, importante potencial para a mitigação climática, podendo repercutir no direcionamento das metas globais de redução de GEE, mas ainda é pouco potencializada como insumos para agendas de adaptação climática, frente a existência de cenários cada vez mais incertos, no tocante aos fenômenos climáticos e sua variabilidade, podendo afetar a oferta de energia, especialmente dependente de recursos hídricos.

Por outro lado, é evidente que as energias renováveis, e no caso, da energia eólica, alvo central de análise neste capítulo, não são isentas do ponto de vista de impactos socioambientais, sendo já caracterizada pela eclosão de conflitos socioambientais e disputas nos territórios onde se instala, como evidenciado a partir da realidade do RN, pontuada no terceiro tópico, mas presente em outros estados geradores deste tipo de fonte energética.

É também evidente a importância já assumida pela energia eólica para a segurança energética global e nacional, mas também é reflexiva sua importância no contexto

de desenvolvimento regional/local destacado no segundo tópico. Considerando a perspectiva econômica, a geração eólica apresenta fundamentos técnico-econômicos baseados na capacidade de ser competitiva em termos de custos e preços, bem como de possuir potencialidade setorial à montante e à jusante para gerar emprego e renda de forma sustentada nos espaços receptores dos parques eólicos. Mesmo que não seja uma característica permanente, e sim, sazonal, com maior impacto quantitativo, durante a fase de construção dos empreendimentos.

É nesse contexto que entra a importância do investimento induzido, do planejamento estratégico, do poder público local, das instituições públicas e privadas e da relevância das comunidades localizadas nos entornos mapeados para a instalação de parques eólicos no sentido de atuarem de formas integradas e participativas. Ou seja, a ideia é que a realização do investimento aconteça de forma a permitir não apenas a obtenção de lucro econômico, mas também a mudança qualitativa do espaço e a sustentação de emprego e renda ao longo da cadeia setorial, por meio do adensamento da base produtiva de forma localizada e regionalmente construída para atender os agentes que compõem os investimentos.

Por outro lado, faz-se necessário ter mais atenção aos impactos socioambientais da geração de energia eólica, tendo como olhar, o caso do RN discutido no terceiro tópico, que não é uma situação singular, mas tende a ser geral, onde existe esse tipo de empreendimento. É importante salientar que o RN, apesar de ser um dos maiores geradores de energia eólica no país, não possui o desenvolvimento setorial da cadeia eólica, apenas uma importante capacidade instalada de parques eólicos, em MW.

Nesse sentido, é o caso de se perguntar: qual o resultado eficaz de todo esse investimento realizado? Em termos quantitativos, pode-se citar alguns aspectos não desprezíveis, relativos ao pagamento de renda pelo uso da terra, em detrimento da falta de uma regulação mais precisa sobre os contratos de arrendamento e direitos de propriedade; o emprego da mão de obra local, no início da implantação dos parques eólicos; o desenvolvimento de alguns projetos socioambientais, estipulados nos contratos de financiamento do investimento; e, o aumento temporário da arrecadação fiscal municipal.

No tocante à geração, destaca-se o atendimento a demanda de eletricidade por parte do estado, já que a geração de energia eólica no RN permite o abastecimento da população, especialmente nos meses de julho, agosto e setembro, até dezembro, quando os ventos alísios apresentam um aumento significativo de produtividade no processo de geração de eletricidade por fonte eólica, podendo alcançar um fator de capacidade entre 60% e 80% acima da garantia física (ONS, 2020).

Apesar desse aspecto, o uso desse tipo de fonte não está também associado às políticas públicas no sentido de inserir as energias renováveis dentro de uma política de mitigação e de adaptação climática, que considere os efeitos dos cenários climáticos, de modo a repercutir sobre a garantia da base renovável da matriz energética brasileira, sendo essa ainda dependente da hidroeletricidade. No entanto, com a

perspectiva de escassez hídrica, emerge-se a necessidade de organizar os caminhos da segurança energética para as próximas décadas, incorporando as medidas de mitigação e adaptação climática na base do seu planejamento.

Entretanto, em termos qualitativos, a energia eólica tem deixado um vácuo nos espaços onde os parques eólicos estão sendo instalados, por não ser capaz de permitir o total aproveitamento da mão de obra local, já a partir da operação comercial do investimento, não gerando renda sustentada ao longo da cadeia setorial e nem o melhoramento do espaço com o aproveitamento de oportunidades em várias dimensões como saúde, educação, lazer, abertura consistente de postos de trabalho, etc.

Em termos ambientais, o resultado é também pouco promissor, pois o investimento tem deixado um passivo ao deslocar comunidades e/ou pessoas residentes, sem a devida compensação financeira e/ou produtiva. Isso ocorre, por exemplo: ao intensificar o uso do solo, muitas vezes sem deixar espaço para o desenvolvimento de outras atividades de subsistência; ao alterar a paisagem; ao abrir estradas sem a preocupação com o acesso das pessoas as suas localidades, descaracterizando o espaço construído pelas famílias; e, de igual forma, ao desencadear uma série de outros problemas como a alteração das condições de saúde e o deslocamento da fauna e da flora, entre outros.

Em termos de gestão pública, se observa a ausência mais reguladora do Estado, que apenas cumpre tangencialmente o controle ambiental, mesmo assim, tornando o licenciamento ambiental um instrumento de barganha competitiva entre os estados, dentro do *rol* de incentivos para atração de alocação de investimentos. No RN, inexistem medidas ou mesmo políticas públicas que organize e regule de forma clara e transparente a dinâmica das energias renováveis em seu território, e que possam repercutir sobre os impactos socioambientais e econômicos já evidenciados ao longo de quase duas décadas da presença desses empreendimentos no seu território.

Enfim, as dimensões controversas da energia eólica tornam a questão da localização dos parques eólicos um problema bastante complexo, dada à incompatibilidade entre os impactos locais e o benefício público associado à segurança energética do país. A esse respeito, vários estudos realizados têm apontado a ocorrência de um processo de desestruturação das bases socioeconômico-ambientais dos espaços receptores de investimentos eólicos, e sendo, portanto, as questões ambientais e sociais, camufladas pelo discurso da sustentabilidade, contribuindo assim para ampliar as situações de vulnerabilidade dos territórios e das populações, sem a correlata expansão de oportunidades respaldadas na justiça socioambiental.

## Agradecimentos

Este capítulo aponta, de forma geral, alguns resultados decorrentes das discussões associadas aos Projetos de Pesquisas: 1- “Energias, Riscos, Vulnerabilidades e Impactos Socioambientais em Cidades com Empreendimentos Energéticos Renováveis no

Nordeste: o caso da energia eólica no Rio Grande do Norte”, que tem apoio financeiro através do Edital MCTIC/CNPq nº 28/2018 (Processo: 437421/2018-0), e 2- “Sustentabilidade, Adaptação climática, Energias e Sociodiversidade dos territórios: uma análise comparativa de estudos de casos de governos no contexto do Nordeste brasileiro”. Rede de Pesquisa, Edital 20/2020/UFRN. Processo nº PVC18326-2020. Ambos coordenados pela primeira autora.

## Referências

- ABRAM, N. *et al.* Framing and Context of the Report. *In: PÖRTNER, H.O. et al. (ed.). IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.* Cambridge, UK; New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2019. p. 73-129
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Atualização do Mapeamento da Cadeia Produtiva da Indústria Eólica no Brasil.** Brasília: ABDI, 2017. Disponível em: [http://inteligencia.abdi.com.br/wp-content/uploads/2017/08/2018-08-07\\_ABDI\\_relatorio\\_6-1\\_atualizacao-do-mapeamento-da-cadeia-produtiva-da-industria-eolica-no-brasil-WEB.pdf](http://inteligencia.abdi.com.br/wp-content/uploads/2017/08/2018-08-07_ABDI_relatorio_6-1_atualizacao-do-mapeamento-da-cadeia-produtiva-da-industria-eolica-no-brasil-WEB.pdf). Acesso em: 12 dez. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Capacidade de geração do Brasil. *In: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Sistemas de Informação de Geração da ANEEL - SIGA.* Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 12 dez. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Capacidade de geração do Brasil. *In: AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Sistemas de Informação de Geração da ANEEL - SIGA.* Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 12 jan. 2021.
- ALCOFORADO, F. Global Climate Change and its Solutions. **HSOA Journal of Atmospheric & Earth Sciences**, v. 2, p. 007, 2019.
- ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. **Climatic Change**, v. 140, n. 1, p. 33-45, 2017.
- BARROS, M. A. S.; MAGALHÃES, R. G.; RUI, A. M. Species composition and mortality of bats at the Osório Wind Farm, southern Brazil. **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, v. 50, n. 1, p. 31-39, 2015.
- BERRY, P. M.; BROWN, S.; CHEN, M.; KONTOGIANI, A.; ROWLANDS, O.; SIMPSON, G.; SKOURTOS, M. Cross-sectoral interactions of adaptation and mitigation measures. **Climatic Change**, v. 128, n. 3-4, p. 381-393, 2015.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030** Brasília: MME/EPE, 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030\\_RevisaoPosCP\\_rv2.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-490/PDE%202030_RevisaoPosCP_rv2.pdf). Acesso em: 26 fev. 2021.
- CAPRA, F. **Capitalismo natural: criando a próxima revolução industrial.** São Paulo: Cultrix, 2007.
- CARRETE, M.; SÁNCHEZ-ZAPATA, J. A.; BENÍTEZ, J. R.; LOBÓN, M. MONTOYA, F.; DONÁZAR, J. A. Mortality at wind-farms is positively related to large-scale distribution and aggregation in griffon vultures. **Biological Conservation**, v. 145, n. 1, p. 102-108, 2012.

- CLIMATE TRANSPARENCY. Brown to Green. **The G20 Transition**. Towards a Net-Zero Emissions Economy. Berlin: Climate Transparency, 2019. Disponível em: <https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2019/11/Brown-to-Green-Report-2019.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2021.
- COSTA, J. M. F. Medidas de compensação ambiental para instalação de parques eólicos nas áreas de rede Natura 2000. **RevCEDOUA**, p. 63-88, 2017.
- DELICADO, A.; SILVA, L.; JUNQUEIRA, L.; HORTA, A.; FONSECA, S.; TRUNINGER, M. Ambiente, paisagem, patrimônio e economia: Os conflitos em torno de parques eólicos em Portugal. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, v. 100, p. 11-36, 2013.
- DI GIULIO, G. M. *et al.* Bridging the gap between will and action on climate change adaptation in large cities in Brazil. **Regional Environmental Change**, v. 19, n. 8, p. 2491-2502, 2019.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (BRASIL). **Balanco Energético Nacional 2020**: Ano base 2019. Rio de Janeiro: EPE, 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020\\_sp.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf). Acesso em: 26 fev. 2021.
- FERREIRA, W. L. S. Potenciais Impactos Ambientais De Parques Eólicos Sobre Morcegos No Extremo Sul Do Brasil. *In*: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Fortaleza, 10., 2019, Fortaleza. **Anais [...]**. Bauru (SP): IBEAS, 2019, p. 1-6. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2019/X-036.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2022.
- FERREIRA, F. S. M.; CAMACHO, R. G. V.; DE CARVALHO, R. G. Percepção dos impactos socioambientais da implantação de parques eólicos na comunidade de Ponta do Mel, Areia Branca/RN. **Geosul**, v. 34, n. 73, p. 262-279, 2019.
- GE, M.; FRIEDRICH, J. **4 Charts Explain Greenhouse Gas Emissions by Countries and Sectors**. Washington: WRI, 2020. Disponível em: <https://www.wri.org/blog/2020/02/greenhouse-gas-emissions-by-country-sector>. Acesso em: 05 ago. 2020.
- GONZÁLEZ, C. G. M. **Transição energética global e desenvolvimento sustentável: limites e possibilidades no capitalismo contemporâneo**. 2018. Tese (Doutorado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- GORAYEB, A.; BRANNSTORM, C.; MEIRELES, A. J. A.; MENDES, J. S. Wind power gone bad: Critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. **Energy research & social science**, v. 40, p. 82-88, 2018.
- GUARIGUATA, M. R.; CORNELIUS, J. P.; LOCATELLI, B.; FORNER, C.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, G. A. Mitigation needs adaptation: Tropical forestry and climate change. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 13, n. 8, p. 793-808, 2008.
- HOFSTAETTER, M. **Energia eólica: entre ventos, impactos e vulnerabilidades socioambientais no Rio Grande do Norte**. 2016. Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
- HOFSTAETTER, M.; AMARO, V. E.; BENTES, D. **Para onde e para quem sopram os ventos**. Natal: Fórum de Mudanças Climáticas e Justiça Socioambiental, 2020. Disponível em: [https://sarrn.org.br/images/pdf/fmcjs\\_boletiminformativoersaofinal.pdf](https://sarrn.org.br/images/pdf/fmcjs_boletiminformativoersaofinal.pdf). Acesso em: 26 fev. 2021.
- HOFSTAETTER, M.; PESSOA, Z. S. Impactos Socioambientais e Regionais da Energia Eólica no Rio Grande do Norte. *In*: Encontro Nacional da Anppas, 7., 2015, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: UNB-ANPPAS, 2015. p. 1-16. Disponível em: <http://www.anppas.org.br/novosite/arquivos/pgt16.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2021.



- HOGAN, D. J.; MARANDOLA, J. R. E. **População e mudança climática: dimensões humanas das mudanças ambientais globais**. NEPO/Unicamp. Brasília: UNFPA, 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e estados do Brasil**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 12 mar. 2021.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Geneva, Switzerland: IPCC, 2014. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>. Acesso em: 30 nov. 2020.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **Renewable Energy Benefits**. Abu Dhabi: IRENA, 2017. Disponível em: <https://www.irena.org/>. Acesso em: 06 dez. 2020.
- KIKUCHI, R. Adverse impacts of wind power generation on collision behaviour of birds and anti-predator behaviour of squirrels. **Journal for Nature Conservation**, v. 16, n. 1, p. 44-55, 2008.
- KUNZ, T. H.; ARNETT, E. B.; COOPER, B. M.; ERICKSON, W. P.; LARKIN, R. P.; MABEE, T.; MORRISON, M. L.; STRICKLAND, M. D.; SZEWCZAK, J. M. Assessing impacts of wind-energy development on nocturnally active birds and bats: a guidance document. **The Journal of Wildlife Management**, v. 71, n. 8, p. 2449-2486, 2007.
- LOCATELLI, B.; EVANS, V.; WARDELL, A.; ANDRADE, A.; VIGNOLA, R. Forests and climate change in Latin America: linking adaptation and mitigation. **Forests**, v. 2, n. 1, p. 431-450, 2011.
- LOCATELLI, B. **Synergies between adaptation and mitigation in a nutshell**. Bogor: Centro Internacional de Investigación Florestal (CIFOR), 2011.
- MACEDO, L. D. **Produção de energia elétrica por fonte eólica no Brasil e aspectos de seu impacto na região Nordeste e Rio Grande do Norte**. 2015. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.
- MACEDO, L. D. O estado da arte da geração de energia eólica no mundo: apresentação e discussão. **Cadernos de Ciências Sociais Aplicadas**, Vitória da Conquista, ano XIII, n. 21, p. 133-149, 2016.
- MARTINS, R. D. A.; FERREIRA, L. C. Vulnerabilidade, adaptação e risco no contexto das mudanças climáticas. **Mercator (Fortaleza)**, v. 11, n. 26, p. 237-251, 2012.
- MEIRELES, A. J. A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. **Confins. Revista franco-brasileira de geografia**, n. 11, 2011.
- MIRASGEDIS, S.; TOURKOLIAS, C.; TZOVLA, E.; DIAKOULAKI, D. Valuing the visual impact of wind farms: An application in South Evia, Greece. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 39, p. 296-311, 2014.
- NERI, M.; JAMELI, D.; BERNARD, E.; MELO, F. P. L. Green versus green? Advertising potential conflicts between wind power generation and biodiversity conservation in Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 3, p. 131-135, 2019.
- OJIMA, R.; MARANDOLA, J. R. E. Indicadores e políticas públicas de adaptação às mudanças climáticas: vulnerabilidade, população e urbanização. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 18, p. 16-24, 2010.
- OLIVEIRA, A. Planejamento Elétrico: uma agenda amigável com a natureza. In: VEIGA, J. E. (org.). **Energia Eólica**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2012.
- OLIVEIRA, H. E. L.; FERREIRA, J. G. Energia eólica: Entre o dilema do desenvolvimento regional e o conflito socioambiental. In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e



Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 18., Natal. **Anais**[...], Natal: ANPUR, 2019, p. 1-18. Disponível em: < <http://anpur.org.br/xviiienanpur/anaisadmin/capapdf.php?reqid=1709#:~:text=e%20o%20conflito%20socioambiental,-INTRODU%C3%87%C3%83O&text=O%20Brasil%20come%C3%A7ou%20a%20promover,E%20LIMA%2C%202017%2C%20p>>. Acesso em: 13 de mar. de 2021.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Resultados da operação**. Disponível em: <http://www.ons.org.br/>. Acesso em: 05 dez. 2020.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Nova York: ONU, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>. Acesso em: 03 jul. 2020.

PASQUALETTI, M. J. Social Barriers to Renewable Energy Landscapes. **The Geographical Review**, v. 101, n. 2, p. 201-223, 2011.

PEDERSEN, E.; WAYE, K. P. Wind turbine noise, annoyance and self-reported health and well-being in different living environments. **Occupational and environmental medicine**, v. 64, p. 480- 486, mar. 2007.

PFEIFFER, A.; MILLAR, R.; HEPBURN, C.; BEINHOCKER, E. The ‘2°C capital stock’ for electricity generation: cumulative committed carbon emissions and climate change. **Applied Energy**, v. 179, p. 1395-1408, 2016.

PHILIPPI JÚNIOR, A.; REIS, L. B. Questão energética e sua relação com a sustentabilidade: à guisa de introdução. In: PHILIPPI JÚNIOR, A.; REIS, L. B. **Energia e Sustentabilidade**. Barueri-SP: Manole, 2016. p. 3-9.

PIRES, L. F. A. **Parque Eólico Alegria**. In: SEMINÁRIO BRAZIL WINDPOWER, Rio de Janeiro, 2011.

PNUD. IPEA. FJP. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro. In: **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil**. Brasília: PNUD, IPEA, FJP, 2013. 96 p.

RAMPINELLI, G. A.; ROSA JUNIOR, C. G. Análise da geração eólica na matriz brasileira de energia elétrica. **RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 14, n. 2, p. 273-302, 2012.

REIS, C. M. **Caminhos para o futuro que queremos: diversificação da Matriz Energética Brasileira - Caminho para a Segurança Energética em Bases Sustentáveis**. Rio de Janeiro: Centro Brasileiro de Relações Internacionais (CEBI), 2015. Disponível em: [http://midias.cebri.org/arquivo/diversifica%C3%A7%C3%A3o-matriz-energetica\\_voll.pdf](http://midias.cebri.org/arquivo/diversifica%C3%A7%C3%A3o-matriz-energetica_voll.pdf). Acesso em: 05 dez. 2020.

SANTOS, C. S. **Percepção em movimento: análise das transformações em Galinhos/RN à luz da implementação dos parques eólicos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/25837&gt>. Acesso em: 14 mar. 2021.

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos avançados**, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013.

SOUZA, M. C. O. **Mudanças climáticas e energia: um estudo sobre contribuições brasileiras diante de um novo regime climático**. 2017. Dissertação (Mestrado em Política Científica e Tecnológica) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

SOVACOOOL, B. K.; HOOKA, A.; MARTISKAINENA, M.; BAKER, L. The whole systems energy injustice of four European low-carbon transitions. **Global Environmental Change**, v. 58, p. 101958, 2019.

- SOVACOOOL, B. K.; ALI, S. H.; BAZILIAN, M.; RADLEY, B.; NEMERY, B.; OKATZ, J.; MULVANEY, D. Sustainable minerals and metals for a low-carbon future. **Science**, v. 367, n. 6473, p. 30-33, 2020.
- SPERANZA, J.; WILLS, W. **Estratégia de Longo Prazo para Descarbonização da Economia Brasileira**. [s. l.]: Fórum Brasileiro de Mudança do Clima, 2019. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=de3a982d-a7af-fe87-52d8-2bc5eae52ead&groupId=36208](http://www.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=de3a982d-a7af-fe87-52d8-2bc5eae52ead&groupId=36208). Acesso em: 09 dez. 2020.
- TAVARES, C. V. C. C. **Os desafios da descarbonização da economia por meio da energia solar no Semiárido**: estudo de caso em Juazeiro Do Norte – CE. 2020. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020.
- TEIXEIRA, R. L. P.; PESSOA, Z. S.; DI GIULIO, G. M. Mudanças Climáticas e capacidade adaptativa no contexto da cidade do Natal/RN, Brasil. **Revista Geotemas**, v. 10, n. 1, p. 95-115, 2020a.
- TEIXEIRA, R. L. P.; PESSOA, Z. S.; DI GIULIO, G. M. Cidades, mudanças climáticas e adaptação: um estudo de caso de Natal/RN, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 54, p. 468-483, 2020b.
- WALTER, A. As mudanças climáticas e a questão energética. **Revista Multiciência**, Campinas, v. 8, p. 29-47, 2007.
- WORD ENERGY COUNCIL. **World Energy – Issues Monitor 2020**: decoding new signals of change. London: Word Energy Council, 2020. Disponível em: [https://www.worldenergy.org/assets/downloads/World\\_Energy\\_Issues\\_Monitor\\_2020\\_-\\_Full\\_Report.pdf?v=1583420330](https://www.worldenergy.org/assets/downloads/World_Energy_Issues_Monitor_2020_-_Full_Report.pdf?v=1583420330). Acesso em: 06 jan. 2021.
- ZOELLNER, J.; SCHWEIZER-RIES, P.; WEMHEUER, C. Public acceptance of renewable energies: Results from case studies in Germany. **Energy policy**, v. 36, n. 11, p. 4136-4141, 2008.

## CAPÍTULO 17

# EXPANSÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA EM ÁREAS PROTEGIDAS DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

---

*Rodrigo Guimarães de Carvalho<sup>1</sup>*  
*Ramiro Gustavo Valera Camacho<sup>1</sup>*  
*Márcia Regina Farias da Silva<sup>1</sup>*  
*Dweynny Rodrigues Filgueira Gê<sup>1</sup>*  
*Fabiana Silva Medeiros Ferreira<sup>1</sup>*  
*Stênio Freitas Felix<sup>2</sup>*  
*Louize Nascimento<sup>1</sup>*  
*Oswaldo da Cunha<sup>1</sup>*  
*Maria Zilda Rosado Neta<sup>1</sup>*

### Resumo

A proteção do meio ambiente no Brasil tem instrumentos previstos na Constituição e em legislações federais, com destaque para a criação de Unidades de Conservação da Natureza (UCs). O principal objetivo das UCs é proteger ambientalmente parcelas dos biomas nacionais, sendo que, existem 12 tipos de categorias que tem diferentes níveis de restrições ao uso e ocupação do solo e dos recursos naturais. Esse estudo reúne pesquisas desenvolvidas em duas UCs litorâneas do estado do Rio Grande do Norte, onde está em curso a expansão de projetos de energia eólica. Ambas as unidades foram impactadas por parques eólicos e os resultados apresentados discutem os dilemas da construção de empreendimentos de “energia limpa” dentro de territórios protegidos.

**Palavras-Chave:** Energia eólica. Unidades de conservação. Impactos socioambientais. Litoral. Rio Grande do Norte.

---

1 Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Natal, Brasil. [rodrigocarvalho@uern.br](mailto:rodrigocarvalho@uern.br)  
2 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), Aracati, Brasil.

## Introdução

A expansão de parques eólicos, sobretudo em municípios costeiros do Nordeste do Brasil, vem provocando alterações significativas nos ambientes litorâneos que vão desde a modificação visual da paisagem, até a privatização de extensas áreas em ambientes dunares, praias e aterramento de lagoas (PINTO-FILHO *et al.*, 2014; MEIRELES, 2011; PORTO; FINAMORE; FERREIRA, 2013). Em virtude da rápida expansão da instalação de parques eólicos são necessários estudos para avaliar o processo, de maneira a minimizar a possível geração de conflitos de variadas naturezas, pois os espaços litorâneos são alvo de legislações ambientais devido à importância dos seus ecossistemas e da fragilidade que se expressa pela intensa dinâmica geoambiental, além do que, o litoral também é um espaço de desenvolvimento de atividades de natureza habitacional, industrial, turística, de pesca, e, em destaque, de moradia e sustento de comunidades tradicionais que encontram-se dispersas.

A falta de planejamento adequado para a expansão das usinas eólicas no litoral estabelece um processo desordenado que, preliminarmente observa quatro critérios: a qualidade dos ventos locais; a disponibilidade de terras para a implantação de usinas; a facilidade do processo de licenciamento ambiental e o apoio político. Numa perspectiva global, a expansão de usinas eólicas no mundo atende aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODSs) da Agenda 2030 (ver Capítulos 12 e 13 deste livro) e da descarbonização energética pela redução do consumo de combustíveis fósseis que faz parte do acordo climático internacional (LOPES, 2012; ABEEÓ-LICA, 2016). Sob a perspectiva energética brasileira, nos últimos anos é observada a diversificação da matriz que, prioritariamente, é dependente da geração hidrelétrica e vem apresentando fragilidade devido à inconsistência na recarga dos reservatórios e sucessivos anos com chuvas abaixo da média histórica, especialmente no Nordeste. A partir dessa lógica e considerando o forte potencial de ventos no Nordeste, a expansão das usinas eólicas encontra um campo favorável para o seu desenvolvimento.

É importante mencionar que o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) por meio da Resolução nº 279/2001 favoreceu e acelerou o processo de licenciamento ambiental possibilitando o enquadramento das usinas eólicas como empreendimentos de baixo potencial de impacto ambiental, sendo exigido apenas estudos ambientais simplificados. Também favoreceu a expansão das usinas eólicas, a fragilidade da Política Nacional de Meio Ambiente e do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro que apresentam atraso na implantação de instrumentos de planejamento e gestão socioambiental e territorial. Como exemplo, observamos os casos de três estados líderes na produção de energia proveniente dos ventos do Brasil: o Rio Grande do Norte (RN), a Bahia (BA) e o Ceará (CE) em relação a implementação do Zoneamento Ecológico – Econômico (ZEE) costeiro. O RN dispõe apenas do ZEE costeiro do litoral oriental elaborado na década de 1990, porém os

parques eólicos estão instalados no litoral setentrional que não conta com o ZEE; a BA possui ZEE para todo o estado, porém esse não é regulamentado por lei; e o CE tem ZEE costeiro, que passa por processo de revisão. Vale ressaltar que nenhum dos ZEE citados foram validados pela Comissão Coordenadora do ZEE Nacional.

Na mesma direção, os órgãos ambientais estaduais e municipais apresentam recursos restritos para suprir a demanda de licenciamentos de empreendimentos do setor eólico e, em alguns casos, podem ser fragilizados do ponto de vista técnico com um baixo efetivo de profissionais concursados e/ou capacitados. Cria-se, assim, um conflito entre o interesse dos estados e municípios na atração dos vultuosos investimentos na geração de energia eólica e a capacidade de análise técnica dos órgãos licenciadores e controle social que possam garantir um processo justo do ponto de vista social e ambiental.

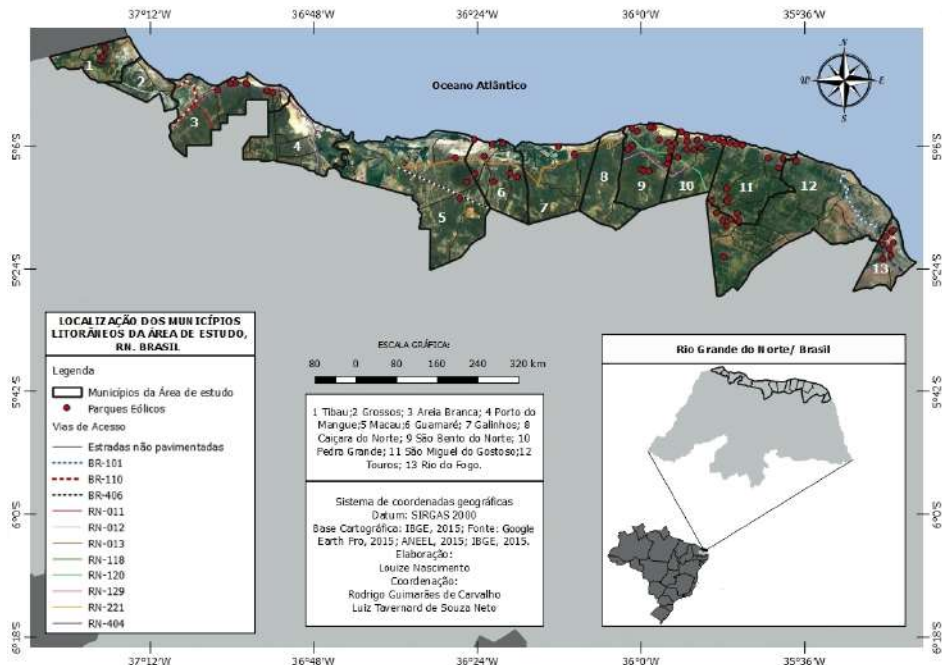
Posta essa problemática, o presente capítulo visa apresentar os resultados de pesquisas realizadas pelo grupo de trabalho da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), que avalia a produção de energia eólica em áreas protegidas e os impactos e benefícios gerados (GÊ, 2010; GÊ, 2018; FELIX, 2018; NASCIMENTO, 2016; COSTA NETA, 2018; CUNHA, 2019). As pesquisas foram desenvolvidas a partir do projeto de pesquisa “Impactos da Energia Eólica no Litoral do Nordeste: perspectivas para a construção de uma visão integrada da produção de energia limpa no Brasil”, coordenado pelo Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC) com a parceria do Laboratório de Estudos Costeiros e de Áreas Protegidas (LECAP), Laboratório de Ecologia Aplicada (LEA) e dos Programas de Pós-Graduação em Geografia e em Ciências Naturais, todos da UERN.

Especificamente, os estudos são direcionados a Área de Proteção Ambiental das Dunas do Rosado e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão, ambas situadas no litoral setentrional do estado do Rio Grande do Norte. As pesquisas desenvolvidas possibilitam comparações com os trabalhos de Hofstaetter (2016), Frate *et al.* (2019) e Dantas *et al.* (2019), em que foram pesquisadas comunidades impactadas pela implantação de parques eólicos no estado do Rio Grande do Norte.

## **Distribuição espacial de parques eólicos no litoral do Rio Grande do Norte**

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) registrou em 2015, 13 municípios costeiros defrontantes ao mar no litoral do RN com usinas eólicas em operação, em construção com outorga ou construção não inicializadas, sendo eles: Tibau, Areia Branca, Macau, Guamaré, Galinhos, São Bento do Norte, Pedra Grande, São Miguel do Gostoso, Touros e Rio do Fogo ([Figura 1](#)).

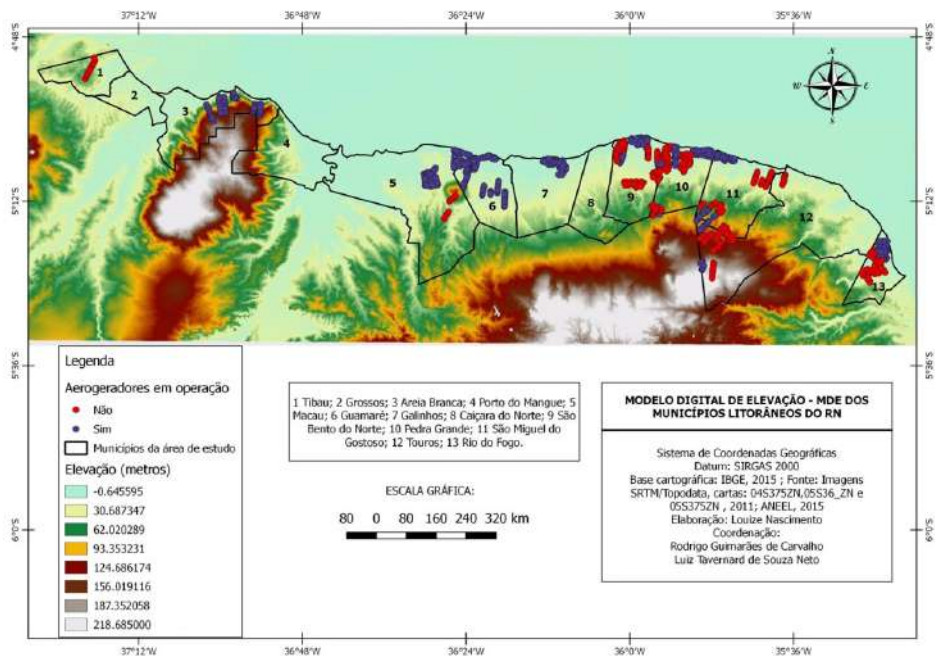
**Figura 1 - Mapa de localização dos municípios litorâneos da área de estudo, RN, Nordeste do Brasil**



Fonte: De autoria própria

Na [Figura 2](#) é possível perceber a disposição dos aerogeradores em relação ao relevo litorâneo do estado do RN. Dos treze municípios apresentados, doze apresentam elevação entre 0 e 30 metros nas proximidades da costa, onde estão situados a maior parte dos parques eólicos e, apenas o município de Areia Branca, apresenta um relevo de maior altitude associado a Serra do Mel podendo chegar a 200 m de altitude. Assim, é possível perceber uma concentração de parques eólicos na planície litorânea, que representa as áreas mais baixas próximas ao mar setentrional do RN.

**Figura 2 - Mapa com o Modelo Digital de Elevação da área de estudo e a distribuição dos aerogeradores, RN, Nordeste do Brasil**



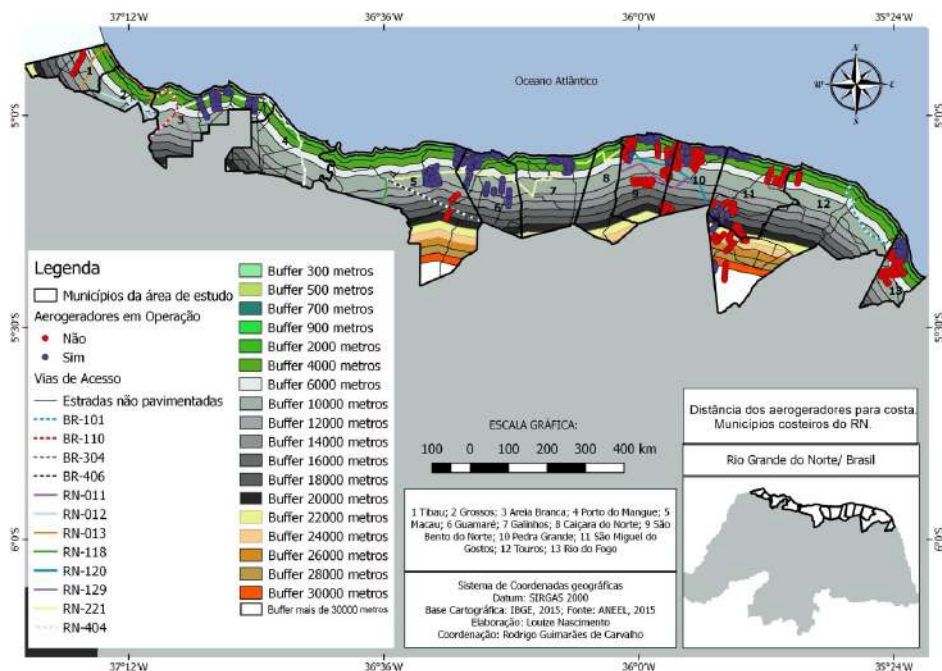
Fonte: De autoria própria

A distribuição dos aerogeradores em relação a linha de costa foi verificada por meio de geoprocessamento utilizando o *software* QGIS 2.18. Foram produzidos os resultados gerais que podem ser visualizados na [Figura 3](#) considerando 19 buffers a partir da linha de costa iniciando com 300 m e indo até 30 km nos municípios de Macau e Touros. Essa forma de apresentação possibilitou uma visão global do posicionamento dos aerogeradores em relação à costa.

No Sistema de Informações Geográficas (SIG) que foi criado, foram contabilizados os aerogeradores dispostos em seis classes de distância conforme o [Quadro 1](#). Nessa abordagem, os intervalos de distância da costa foram interpretados por meio de mapas temáticos e de imagens de satélite para a descrição qualitativa dos componentes geoambientais e dos processos que se desenvolvem predominantemente em cada intervalo espacial.



**Figura 3 - Mapa com a distribuição dos aerogeradores em intervalos espaciais (*buffers*) a partir da linha de costa do litoral setentrional, RN, Nordeste do Brasil**



Fonte: De autoria própria

**Quadro 1 - Distribuição dos aerogeradores em intervalos espaciais (*buffers*) a partir da linha de costa do litoral setentrional correlacionando com as características socioambientais predominantes, RN, Brasil**

Distância da costa	Quantidade de Aerogeradores	Características socioambientais predominantes	Áreas de Preservação Permanentes
0 a 500 metros	54	Faixas de praia com transporte de sedimentos por deriva litorânea, dunas frontais, intenso transporte eólico, planície de deflação eólica, campos de dunas recentes, manguezais, falésias, áreas de desova de tartarugas, encalhe da fauna marinha, circulação intensa de centenas de espécies de aves, atividades de pescadores tradicionais, áreas de lazer das comunidades, uso turístico.	Áreas de Preservação Permanente de Praia, Dunas, Borda de Tabuleiros, Manguezal.
501 a 1000 metros	72	Intenso transporte eólico, planície de deflação eólica, campos de dunas recentes, manguezais, falésias, circulação intensa de centenas de espécies de aves, atividades de pescadores tradicionais, áreas de lazer das comunidades, uso turístico, recarga dos aquíferos litorâneos dunas e Formação Barreiras.	Áreas de Preservação Permanente de Dunas, Borda de Tabuleiros, Manguezal.



Distância da costa	Quantidade de Aerogeradores	Características socioambientais predominantes	Áreas de Preservação Permanentes
1001 a 1500 metros	84	Intenso transporte eólico, campos de dunas, manguezais, circulação intensa de centenas de espécies de aves, atividades de pescadores tradicionais, habitações de pescadores tradicionais, áreas de lazer das comunidades, uso turístico, recarga dos aquíferos litorâneos dunas e Formação Barreiras.	Áreas de Preservação Permanente de Dunas, Borda de Tabuleiros, Manguezal.
1501 a 2000 metros	81	Transporte eólico, campos de dunas, habitações de pescadores tradicionais, áreas de lazer das comunidades, uso turístico, lagoas intermitentes, recarga dos aquíferos litorâneos dunas e Formação Barreiras.	Áreas de Preservação Permanente de Dunas.
2001 a 5000 metros	341	Área de domínio da planície litorânea com campos dunares intercalada pelo tabuleiro costeiro.	Áreas de Preservação Permanente de Dunas.
Acima de 5000 metros	415	A planície litorânea se estende em alguns locais como estuários e campos dunares importantes como as dunas do Rosado, porém predomina o tabuleiro costeiro.	Áreas de Preservação Permanente de Dunas.
TOTAL DE AEROGERADORES		<b>1047</b>	

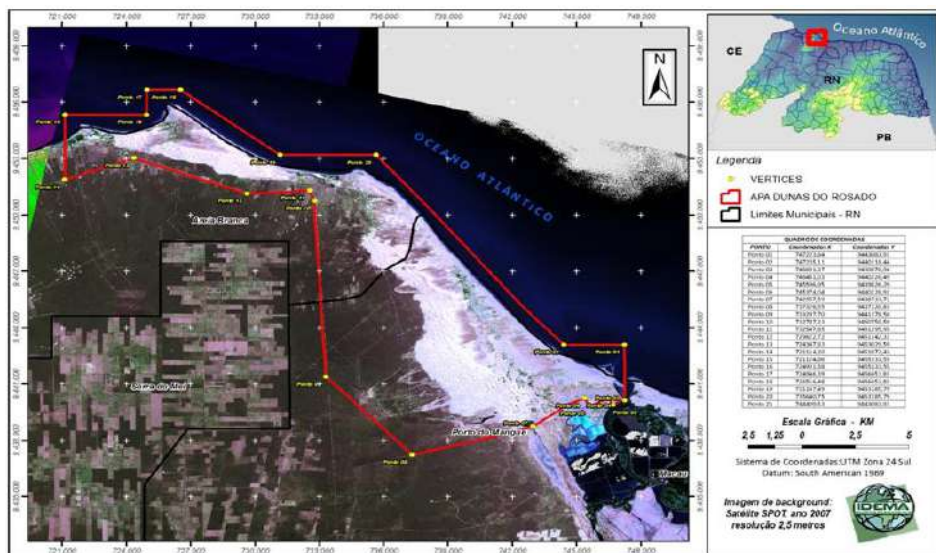
Fonte: De autoria própria

Pode-se perceber uma quantidade expressiva de aerogeradores ocupando a planície litorânea e, conseqüentemente, ambientes fortemente dinâmicos e com variada tipologia de Áreas de Preservação Permanente conforme a Resolução CONAMA 303 de 2002 e a Lei Federal 12.651 de 2012 (Código Florestal). Essa ocupação desordenada é facilitada pela ausência de instrumentos básicos de ordenamento territorial e ambiental como o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro.

## Parques eólicos na Área de Proteção Ambiental das Dunas do Rosado

A Área de Proteção Ambiental das Dunas do Rosado (APADR) localizada no litoral setentrional do Rio Grande do Norte, apesar de ter sido formalmente criada em 2018, já havia sido estudada e definida, inclusive com a construção de um ECOPOSTO (estrutura física de gestão da APA) do IDEMA, desde o ano de 2008. Com a publicação do Decreto Estadual nº 27.695 de 2018, foi definitivamente apresentada a delimitação da APA conforme a [Figura 4](#), onde pode ser visualizado o maior campo de dunas móveis do Rio Grande do Norte, situado entre os municípios de Areia Branca e Porto do Mangue.

**Figura 4 - Mapa com a delimitação da APA das Dunas do Rosado, litoral setentrional, RN, Nordeste do Brasil**



Fonte: De autoria própria

Com uma área de 16.593 ha, situada em ambiente com ótimo potencial para geração de energia eólica, a APADR foi tomada por projetos de usinas eólicas e estruturas associadas entre os anos de 2008 e 2018. Diretamente instalado na APADR tem-se as usinas eólicas: Carcará I; Carcará II; Mel II, Mar e Terra e Areia Branca. As comunidades tradicionais pesqueiras mais próximas aos empreendimentos são Redonda, São Cristóvão e Ponta do Mel (Figura 5).

Na comunidade de São Cristóvão localizada na APADR, Cunha, Silva e Carvalho (2019) verificaram que o processo de implantação do parque eólico envolveu diversos atores sociais, com destaque para o poder público local que conduziu a discussão junto a empresa. Nesse sentido, mecanismos legais foram adotados no âmbito municipal, com a finalidade de atrair as empresas e garantir o investimento. Uma dessas estratégias foi a aprovação da Lei Municipal Complementar N° 1.195/2011, que no seu Artigo 4º dispõe sobre a redução da alíquota do Imposto sobre Serviços de qualquer Natureza (ISS) para as empresas prestadoras de serviços participantes de Projetos de Instalação de Parques de Energia Eólica no Município de Areia Branca e dá outras providências. Conforme incisos, justifica-se: I- Considerável desenvolvimento econômico para o município, II- Alcance Social, III- Efeito multiplicador de atividade, IV- Previsão de receita anual de prestação de serviços tributáveis em Areia Branca; V- Percentual de contratação de mão-de-obra no Município de Areia Branca não inferior a 30% (AREIA BRANCA, 2011).

**Figura 5 - Localização de parques eólicos e de comunidades tradicionais na região da APADR**



Fonte: De autoria própria

A pesquisa de Félix (2018) analisou a relação das usinas eólicas com os modos de vida da comunidade de São Cristóvão, que possui 663 habitantes (IBGE, 2010). Foram aplicados 70 formulários de pesquisa a chefes de família escolhidos de forma aleatória na comunidade. A maioria dos chefes de família entrevistados (70%) não foram informados sobre os impactos (positivos ou negativos) ocasionados pelo parque eólico, ficando, assim, a margem do processo de discussão. A utilização de linguagem técnica pelos representantes dos empreendimentos em reuniões com as comunidades dificulta o envolvimento da população local com o projeto (CHAVES; BRANNSTROM; SILVA, 2017). No Rio Grande do Norte, a falta de informações no período de instalação e da participação da população local na tomada de decisão foram identificados em várias pesquisas, dentre essas, as realizadas nos municípios de João Câmara (HOFSTAETTER, 2016), Macau e Guararé na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Ponta do Tubarão (RDSEPT) (PONTES, 2017) e Rio do Fogo (NUNES, 2017).

Sobre a percepção dos impactos ambientais, 51,43% dos chefes de família relataram a ocorrência. Esse valor pode indicar que os impactos ambientais que envolvem a implantação de parques eólicos em áreas litorâneas, inclusive em áreas na qual a população utiliza dos recursos naturais locais é percebido parcialmente pela população, que observou, principalmente, os impactos que envolveram a retirada da vegetação nativa para a construção de estradas e instalação dos aerogeradores.

Silva (2014), sobre os impactos ocasionados pelos empreendimentos eólicos, afirma que a falta de informação sobre os impactos que esses podem ocasionar nas comunidades fez com que grande parte destas não apresentassem nenhum tipo de resistência. De acordo com Improta (2008), o nível de escolaridade baixo das comunidades do entorno dos empreendimentos eólicos pode contribuir para a aceitação desses sem maiores críticas.

A ocorrência de conflitos em relação a posse das terras foi relatada por 82,86% dos chefes de família. Os conflitos relatados pela comunidade estão associados aos fatores: implantação do empreendimento eólico; ausência de regularização fundiária; e posse de terras. Inicialmente, a população posicionou-se positivamente em relação a chegada do empreendimento na comunidade, pois havia a expectativa com a geração de emprego, renda e intensificação do turismo (GÊ, [2010](#)).

No entanto, de acordo com Silva ([2018](#)) a instalação do empreendimento eólico na comunidade gerou interesse pela posse da terra por agentes internos e externos. Dentre os externos, uma empresa, que atua na área de ensino de nível superior e possui na região interesses na área de hotelaria, empresas do ramo de geração de energia (fotovoltaica) e imobiliárias. Conflitos entre moradores e a empresa foram relatados, principalmente, pela posse da terra, pois, na ausência de titulação da terra, os conflitos resultaram em destruição de cercas, embarcações e ameaças aos moradores.

O interesse por terras na comunidade havia sido identificado por Aurélio, Vale Neto e Pinto Filho ([2011](#)), que a partir de pesquisa com a população local identificaram ser expressiva a procura por terras apontado por 90% da população esse interesse, sendo que 54% da população já teria vendido terrenos na comunidade e que 5% desses foram vendidos para compradores de origem estrangeira, ressaltando-se que durante o período da pesquisa a comunidade possuía 76% da população formada por nativos.

De acordo com Viana, Nascimento e Meireles ([2016](#), p. 68-69):

A apropriação dos espaços e bens naturais, com fins de desenvolvimento pautado numa visão econômica de acumulação financeira, atingem populações e povos em seus direitos territoriais ocasionando expropriação nessas comunidades.

A maioria dos entrevistados, 52,86%, não é a favor da instalação de novos parques eólicos na localidade. De forma anterior a instalação do empreendimento, Gê ([2010](#)) identificou que a comunidade de São Cristóvão era favorável e defendia a energia eólica com uma perspectiva de benefícios diretos e imediatos para a comunidade, no entanto, identificou que a vulnerabilidade e ausência de informações nas comunidades do entorno dos empreendimentos facilita a apropriação do espaço sem maiores benefícios para a população local.

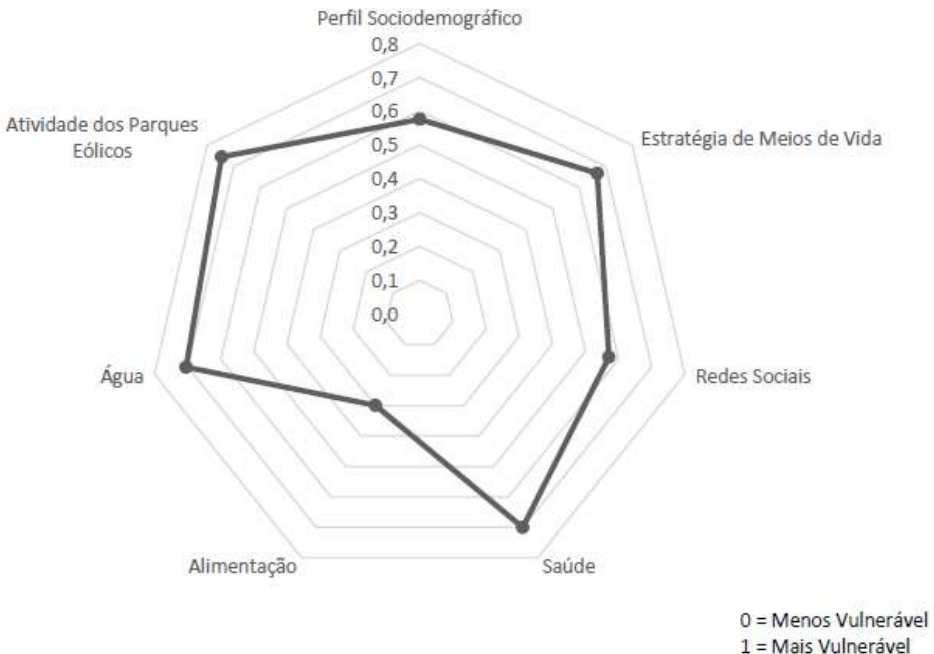
O Livelihood Vulnerability Index – LVI, desenvolvido por Hahn, Riederer e Foster ([2009](#)), foi adaptado para elaboração do Índice de Vulnerabilidade aos Impactos Socioambientais de Parques Eólicos (IVISPE) na comunidade de São Cristóvão. O LVI utiliza indicadores múltiplos para avaliar a exposição de comunidades a desastres naturais e a variabilidade climática. Possui sete componentes principais: perfil sociodemográfico, estratégias de meio de vida, redes sociais, saúde, alimentação, água e desastres naturais ou mudanças climáticas. Esses componentes são compostos por vários subcomponentes. Na elaboração do IVISPE foi necessário adaptar os componentes principais e subcomponentes para cálculo do índice, excluiu-se o componente desastres naturais ou mudanças climáticas e seus respectivos subcomponentes.

Posteriormente, acrescentou-se o indicador do empreendimento eólico (Atividade de Parque Eólico) e a partir de revisão de literatura sobre impactos socioambientais causados por parques eólicos foram elaborados os subindicadores.

Após a aplicação dos questionários, quantificação dos dados e aplicação da fórmula, a pesquisa chegou ao resultado expresso na [Figura 6](#). Verifica-se que a comunidade de São Cristóvão apresenta maior vulnerabilidade nos indicadores de acesso a água, saúde e atividade dos parques eólicos e uma vulnerabilidade moderada em relação a soberania alimentar. Já, por meio da união dos indicadores, o Índice de Vulnerabilidade aos Impactos Socioambientais de Parques Eólicos apresentou o valor de 0,6159 que é considerado ALTO conforme a classificação de Maior ([2014](#)).

Outra comunidade existente na APADR é Ponta do Mel que também apresenta características de comunidade tradicional pesqueira. Ferreira ([2019](#)) realizou pesquisa em Ponta do Mel similar a realizada por Felix ([2018](#)) na comunidade de São Cristóvão. Realidades diferentes foram encontradas entre as duas comunidades que, apesar de serem vizinhas, percebe-se um maior impacto do empreendimento eólico na comunidade de São Cristóvão, pois, a mesma apresentou vários conflitos em relação a posse de terra onde os parques foram implantados, devido à ausência de regularização fundiária. Muito diferente de Ponta do Mel, onde os parques foram instalados mais distantes da comunidade e a terra já era de propriedade privada, sendo a negociação diretamente com o proprietário.

**Figura 6 - Valores dos Indicadores relacionados ao IVISPE na comunidade de São Cristóvão**



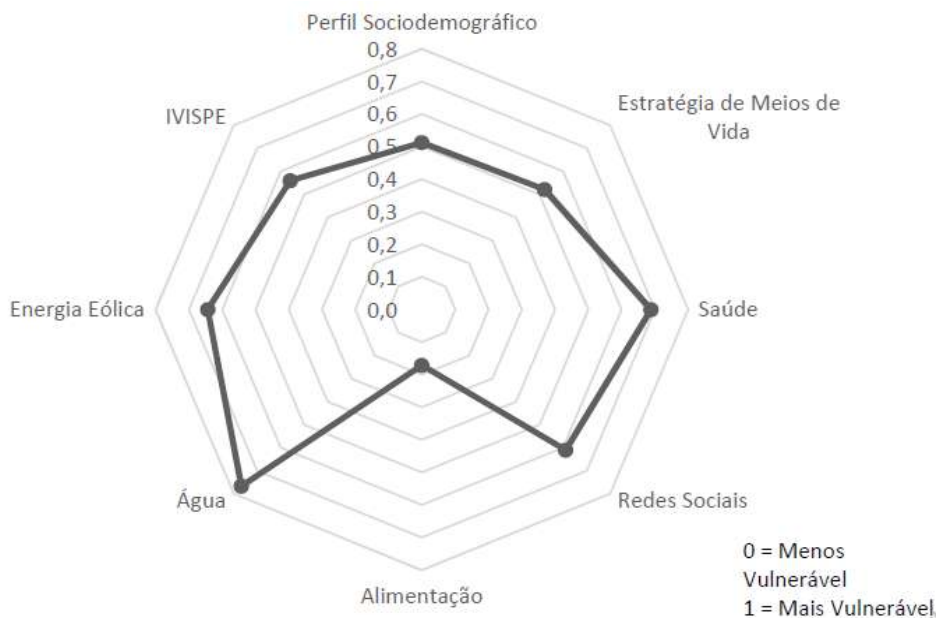
Fonte: De autoria própria

Em relação à instalação de novos parques, a comunidade de Ponta do Mel se posicionou de maneira favorável com 85,71% de aprovação. Portanto, os órgãos públicos e de licenciamento ambiental, devem analisar com cuidado as áreas de implantação dos parques eólicos para que exemplos como o da comunidade de São Cristóvão não sejam multiplicados.

Com relação à aplicação do Índice de Vulnerabilidade aos Impactos Socioambientais de Parques Eólicos (IVISPE) na comunidade de Ponta do Mel, obteve-se os resultados parciais relacionados aos 7 indicadores conforme mostrados na [Figura 7](#). Observa-se no diagrama maior vulnerabilidade em relação à energia eólica, o acesso, à água e à saúde e uma menor vulnerabilidade em relação a soberania alimentar, exatamente como ocorreu em São Cristóvão.

Como resultado integrado, obteve-se um IVISPE de 0,5592, considerado de média vulnerabilidade. Portanto, Ponta do Mel apresentou, no geral, uma vulnerabilidade um pouco menor às atividades dos parques eólicos do que São Cristóvão.

**Figura 7 - Diagrama mostrando os valores dos Indicadores relacionados ao IVISPE na comunidade de Ponta do Mel**



Fonte: De autoria própria

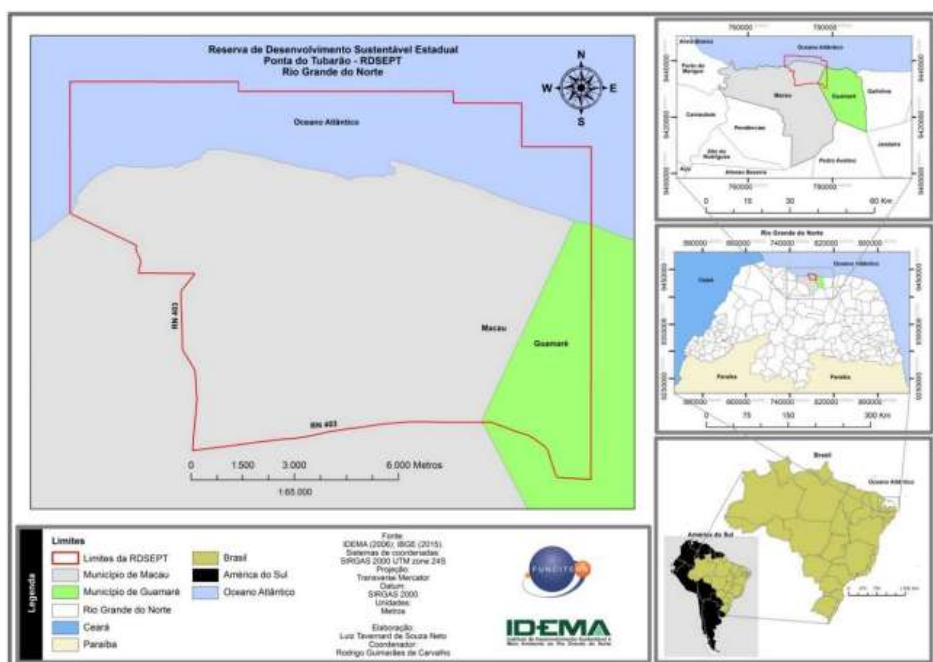
Assim, verifica-se que mesmo estando dentro de uma Unidade de Conservação e, muitas vezes em Áreas de Preservação Permanente, os parques eólicos geram impactos ambientais e, o que fica mais nítido com a pesquisa é a precariedade do processo de diálogo com as comunidades atingidas, resultando, muitas vezes, em compensações ambientais que não são compatíveis com os prejuízos socioambientais causados.



## Parques eólicos na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão

A Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão (RDSEPT) está inserida na área de dois municípios situados no litoral Norte potiguar, Macau e Guamaré (Figura 8). Unidade de Conservação (UC) criada pela Lei Estadual 8.349 de 18 de julho de 2003, a reserva possui aproximadamente 12.940 hectares, distribuídos em 13 comunidades que totalizam, aproximadamente, 10.000 habitantes. A reserva possui Conselho Gestor deliberativo composto pelo Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA) como Órgão Gestor do Conselho Gestor e outras instituições da sociedade civil. A RDSEPT está localizada entre os biomas caatinga e marinho e apresenta unidades geológicas como praia, planície de maré com manguezal, dunas, tabuleiro costeiro com mata de caatinga e ambiente marinho. Essas unidades são habitadas por populações que fazem uso da atividade pesqueira tradicional (BRASIL, 2003, GÊ; GUIMARÃES; SILVA, 2019; MATTOS et al, 2012; RIO GRANDE DO NORTE 2018).

Figura 8 - Localização da RDSEPT

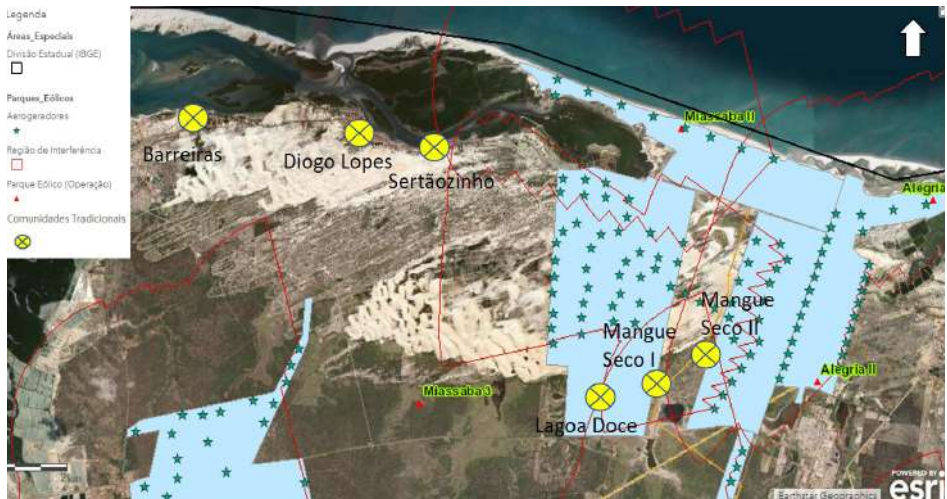


Fonte: Rio Grande do Norte (2018).

A RDSEPT, de acordo com o Atlas do Potencial Eólico do RN, está inserida em área de aproveitamento eólico (AMARANTE, 2003), com isso, já se constata a instalação de 3

(três) parques eólicos ([Figura 9](#)) no interior da reserva: Miassaba II (9 aerogeradores totalizando 14,4 MW, instalado em área de restinga, operação iniciada em dezembro/2011); Miassaba III (41 aerogeradores totalizando 68,47 MW, instalado em área de tabuleiro, com operação iniciada em fevereiro/2014) e Alegria II (61 aerogeradores totalizando 100,65 MW, instalado em dunas, com operação iniciada em dezembro/2012), além de 1 (um) parque eólico em seu entorno: Mangue Seco V (BRASIL, [2018](#)).

**Figura 9 - Localização de parques eólicos e de comunidades tradicionais na região da RDSEPT**



Fonte: De autoria própria

Em estudo realizado por Gê ([2018](#)), onde foram analisadas atas de reuniões do Conselho Gestor da RDSEPT, entre 2008 e 2011, além de investigação sobre impactos ambientais e sociais da implantação e operação de parques eólicos na Reserva, constatou-se que o processo de deliberação para instalação e operação dos parques eólicos na área da RDSEPT ocorreu de maneira desorganizada e sem observação das considerações apresentadas ao Conselho Gestor da Reserva. Nesse sentido, foram apontadas questões que, durante a instalação e operação dos empreendimentos eólicos, poderiam ocasionar impactos ambientais e sociais nos ecossistemas. Portanto, o órgão gestor (IDEMA) não considerou opiniões, estudos e documentos apresentados à plenária do Conselho Gestor sobre a instalação e operação dos parques eólicos na área da RDSEPT.

Nesse contexto, emergiram conflitos entre comunidades da reserva, pois algumas apoiavam a implantação dos parques eólicos, enquanto outras refutavam. O estudo de Gê ([2018](#)) apresentou que 3 comunidades recebiam benefícios econômicos diretos, enquanto outras comunidades sofriam com interferências em acessos à praia utilizada por pescadores tradicionais; privatização de acesso às comunidades, além de áreas



tradicionais de lazer que foram privatizadas com a implantação dos empreendimentos eólicos.

No tocante aos impactos ambientais, durante a instalação e operação dos parques eólicos foram observados: soterramento de lagoas, terraplanagem de dunas e desmatamento de vegetação nativa. Ressalta-se que um dos parques eólicos (Miassaba II) está localizado em área de restinga que apresenta intensa dinâmica sedimentar de influência marinha que em pouco tempo pode apresentar processos de erosão ou acumulação de sedimentos, além de ser uma área com intensa atividade de nidificação de tartarugas marinhas. Outro parque (Alegria II) foi instalado em áreas de dunas que de acordo com a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) n° 303/2002, são consideradas como Área de Preservação Permanente (BRASIL, 2002), além disso, o ambiente dunar fornece serviços ambientais essenciais às comunidades da RDSEPT e ecossistemas associados no fornecimento de água doce que atende as necessidades sociais e regula os processos ecológicos do manguezal (GÊ, 2018).

Em estudo sobre implantação de parques eólicos no litoral do Ceará realizado por Meireles (2011) já eram verificados registros de impactos que também foram apresentados na RDSEPT, por exemplo: terraplanagem, aterros e cortes nas dunas, abertura de vias de acesso para cada um dos aerogeradores, desmatamento de duna fixa, movimentação de grandes volumes de areia por tratores de esteira e pás mecânicas e o soterramento de lagoas interdunares.

Estudos no litoral cearense relatam que comunidades tradicionais foram invisibilizadas no processo de planejamento, instalação e operação de usinas eólicas (GORAYEB *et al.*, 2018). Na RDSEPT, as comunidades não foram invisibilizadas como no Ceará, o assunto foi discutido no âmbito do Conselho Gestor, no entanto não houve consenso quanto a aprovação da instalação e operação dos parques na área. Mesmo assim, os parques eólicos foram instalados na RDSEPT, ou seja, o Conselho Gestor, mesmo com caráter deliberativo e não tendo aprovado a instalação e operação das eólicas, foi desconsiderado.

## **Compensações ambientais e Unidades de Conservação no RN**

Quando os impactos ambientais significativos gerados por empreendimentos são comprovados em estudos ambientais, esses deverão ser compensados no processo de licenciamento ambiental. A compensação ambiental surge como um instrumento legal, na qual o empreendedor deverá, por obrigação, destinar recursos no momento do licenciamento para apoiar a implantação ou manutenção de Unidades de Conservação (UC), como previsto no artigo 36 da Lei n° 9.985/2000 que institui o Sistema Nacional das Unidades de Conservação (SNUC).

No Litoral Setentrional do RN se encontra a maior parte dos parques eólicos do estado e UC estaduais: a Área de Proteção Ambiental Dunas do Rosado em Areia

Branca e Porto do Mangue e a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão - RDSEPT, em Macau e Guimarães.

Na legislação do Estado é mencionado tanto as compensações ambientais do SNUC como as medidas compensatórias, compreendidas como uma cobrança e obrigação extra que deve ser aplicada em comunidades afetadas por empreendimentos impactantes de acordo com a Lei Complementar Estadual nº 336 de 2006.

Após esclarecer sobre a aplicação dos recursos direcionados, líderes comunitários da RDSEPT afirmaram que a aplicação das medidas compensatórias ou qualquer recurso compensatório é algo negativo e sem sentido. Para eles, tais recursos servem apenas para tentar amenizar uma série de situações negativas e impactos que surgiram após a instalação dos parques eólicos na RDSEPT.

Na APADR, Ferreira (2019) verificou que 70% dos chefes de domicílios entrevistados na comunidade de Ponta do Mel disseram que não ocorreram compensações econômicas, educacionais e de saúde com a instalação do parque na comunidade e 12,85% não souberam responder quando questionados. Apenas 17,14%, reconheceram alguma compensação citando aspectos pontuais como a entrega de kits escolares, um consultório móvel para atendimento odontológico e a doação de computadores. Em São Cristóvão a pesquisa de Felix (2018) verificou que 87,14% dos entrevistados afirmaram que a comunidade não recebeu compensações.

Em Galinhos, a Prefeitura concordou e afirmou ter conhecimento de medidas compensatórias aplicadas como, por exemplo, a manutenção de um chafariz comunitário para usufruto dos moradores, com dias certos de funcionamento na semana e quantidade controlada de água (medida em litros) para cada residência cadastrada (Figura 10). E para consolidar a aplicação das medidas, foi sugerido pela prefeitura e moradores a criação de um aterro sanitário para a destinação correta dos resíduos sólidos no município, já que hoje ela é feita de maneira inadequada em lixões improvisados, localizados em ambientes frágeis e sem nenhuma forma de preparação ou cuidados com o meio ambiente. O aterro ainda não foi construído, mas o projeto ainda existe e está em fase de planejamento, segundo o entrevistado da prefeitura de Galinhos.

Em estudo realizado por Dantas *et al.* (2019), em Galinhos, foi verificada que a narrativa que sustenta a expansão dos parques eólicos utiliza o argumento da promoção do desenvolvimento sustentável, no entanto, foi observada fragilidade, pois existe receio que a instalação dos parques eólicos possa gerar danos ambientais, culturais e socioeconômicos, nesse caso em comunidades tradicionais. Além disso, o autor identificou a necessidade de planejamento de produção de energia mais inclusivo, onde as fontes de energias renováveis possam promover maior renda e empregos locais (DANTAS *et al.*, 2019).

**Figura 10 - Chafariz público de Galinhos que foi reformado como medida compensatória de parque eólico**



Fotografia: Rodrigo Guimarães de Carvalho (abril de 2019).

Persson (2013) afirma que a compensação ambiental contribui com a exploração da natureza e apesar de ser um instrumento que visa o planejamento de UC no Brasil, muitos o associam com o fato de tentar valorar o meio ambiente e os recursos naturais. Essa exploração ou apropriação privada da natureza pode ser equivocadamente justificada por causas ambientais ou ecológicas, como é o caso dos empreendimentos eólicos que são uma forma alternativa de produção de energia, porém ainda geram impactos em ambientes frágeis.

Para evitar a “imposição” dos empreendimentos, as comunidades próximas devem estar internamente organizadas politicamente, conhecer suas principais atividades econômicas e culturais, dificuldades e problemas, ter interesse em participar, colaborar e comparecer nas reuniões que antecedem as decisões acordadas junto ao órgão ambiental responsável, além de organizar movimentos reivindicatórios, atuar diretamente na fiscalização do cumprimento de condicionantes ambientais dentro da comunidade e não aceitar qualquer proposta compensatória imposta pelo empreendedor.

Para isso, é necessário atentar e cumprir a vasta legislação pertinente e dispor de profissionais e técnicos preparados e capazes em suas atribuições de elaborar estudos ambientais completos e detalhados, fiscalizar cada etapa do processo e atuar em ações comunitárias de educação ambiental. Tais profissionais incluem, por exemplo, gestores ambientais, geógrafos, engenheiros, biólogos e sociólogos, sem contar com o papel imprescindível das universidades.

## Considerações finais

Os resultados parciais apresentados demonstram os impactos socioambientais dos parques eólicos em áreas protegidas do litoral setentrional do Rio Grande do Norte. Existe, portanto, um evidente conflito de interesses, pois, as áreas protegidas (APPs e UCs), cumprem uma função socioambiental importante para os ecossistemas e a sociedade e, diante da construção de parques eólicos, os serviços ambientais prestados vêm sendo comprometidos. Mesmo sendo relativamente de baixo impacto, os projetos de energia eólica deveriam contar com planejamento ou obedecer a instrumentos de ordenamento territorial como o Zoneamento Ecológico-Econômico, a fim de que os impactos socioambientais fossem minimizados e, evitar a instalação de empreendimentos dentro das UC ou só permitir caso haja previsão no plano de manejo e zoneamento das UC. Outro ponto importante é que devem ser avaliados os impactos cumulativos, pois a expansão dos parques eólicos está em curso no Rio Grande do Norte e a nova fronteira de exploração são os parques *offshore* (ver [Capítulo 15](#) deste livro). Dessa forma, ficam os seguintes questionamentos: qual a dimensão dos impactos socioambientais dos parques eólicos no litoral setentrional do Rio Grande do Norte? Qual o limite para a instalação de novos parques? Como os sistemas litorâneos serão prejudicados? Convidamos os leitores que iniciem o processo de reflexão e agucem a curiosidade acadêmica, a partir dessas endagações, na expectativa de responder cientificamente aos problemas cotidianos dos territórios e sua conservação socioambiental.

## Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Programa de Apoio a Núcleos Emergentes (PRONEM) pelo financiamento do projeto “Análise socioambiental da implantação de parques eólicos no Nordeste: perspectivas para a sustentabilidade da geração de energia renovável no Brasil (Edital PRONEM/CNPq/FUNCAP e Parceria com UFC/ UFCA/ UERN/ Texas A&M University).

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Capacidade de Geração do Rio Grande do Norte**. 2018. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/ResumoEstadual/GeracaoTipoFase.asp>. Acesso em: 22 jan. 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim anual de geração eólica 2016**. São Paulo: Pigma Gráfica e Editora, 2016. Disponível em: [http://www.abeolica.org.br/wp-content/uploads/2017/05/424\\_Boletim\\_Anual\\_de\\_Geracao\\_Eolica\\_2016\\_Alta.pdf](http://www.abeolica.org.br/wp-content/uploads/2017/05/424_Boletim_Anual_de_Geracao_Eolica_2016_Alta.pdf). Acesso em: 18 mai. 2017.
- AMARANTE, O. A. C.; SILVA, F. J. L.; RIOS FILHO, L. G. **Atlas do potencial eólico do Estado do Rio Grande do Norte**. Natal: Companhia Energética do Rio Grande do Norte - COSERN, 2003.
- AREIA BRANCA (RN). **Lei Municipal Complementar nº 1.195/2011**. Dispõe sobre a redução da alíquota do Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS) para as empresas prestadoras de serviços participantes de Projetos de Instalação de Parques de Energia Eólica no Município de Areia Branca e dá outras providências. Areia Branca, RN: Câmara Municipal, 2011. Disponível em: <https://coragempravaler.files.wordpress.com/2018/09/lei-municipal-complementar-1-195-2011-reduc3a7c3a3o-das-alc3adquotas-do-imposto-sobre-servic3a7ois-de-qualquer-natureza-iss-para-as-empresas-de-energia-ec3b3lica.pdf>. Acesso em: 18 mai. 2017.
- AURÉLIO, M. H. S.; VALE NETO, R. N.; PINTO FILHO, J. L. O. Impactos socioambientais na praia de São Cristovão, Areia Branca – RN = Brasil. **Revista Verde**, v. 6, n. 1, p. 256-269, 2011.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 279, de 27 de junho de 2001. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 138, n. 125-E, p. 165-166, 29 jun. 2001.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 139, n. 90, p. 68, 13 mai. 2002.
- BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 149, n. 102, p. 1-8, 28 mai. 2012.
- BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, SNUC. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 138, n. 138-E, p. 1, 19 jul. 2000.
- CARVALHO, R. G. (coord.). **Plano de Manejo da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão**. Natal: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2018.
- CHAVES, L. O.; BRANNSTROM, C.; SILVA, E. V. Energia eólica e a criação de conflitos: ocupação dos espaços de lazer em uma comunidade no nordeste do Brasil. **Revista Sociedade e Território**, Natal, v. 29, n. 2, p. 49-69, 2017.
- COSTA NETA, M. Z. R. **Análise socioambiental da implantação de parques eólicos no Nordeste**: perspectivas para a sustentabilidade da geração de energia renovável no Brasil. 2018. Iniciação Científica - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.
- CUNHA, O.; SILVA, M. R. F.; CARVALHO, R. G. The new winds: territorial (re) production from the introduction of wind farms in Rio Grande do Norte. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 10, p. 21944-21957, 2019.

- CUNHA, O. **Novos ventos: a (re) produção territorial a partir da introdução de parques Eólicos no Rio Grande do Norte**. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.
- DANTAS, E. J. A.; ROSA, L. P.; SILVA, N. F., PEREIRA, M. G. Wind Power on the Brazilian Northeast Coast, from the Whiff of Hope to Turbulent Convergence: The Case of the Galinhos Wind Farms. **Sustainability**, v. 11, n. 14, p. 3802, 2019.
- FELIX, S. F. Índice de vulnerabilidade, percepção e impactos socioambientais de parque eólico na comunidade de São Cristovão, Areia Branca – RN. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2018.
- FERREIRA, F. S. M. Índice de vulnerabilidade socioambiental dos impactos dos parques eólicos em Ponta do Mel, Areia Branca - RN. 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2019.
- FRATE, C. A.; BRANNSTROM, C.; GIRÃO DE MORAIS, M. V.; CALDEIRA-PIRES, A. Procedural and distributive justice inform subjectivity regarding wind power: A case from Rio Grande do Norte, Brazil. **Energy Policy**, v. 132, p. 185-195, 2019.
- GÊ, D. R. F. **Unidades de conservação e expansão de usinas eólicas no Rio Grande do Norte: o caso da reserva de desenvolvimento sustentável estadual ponta do tubarão**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Naturais) – Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2018.
- GÊ, D. R. F.; CARVALHO, R. G.; SILVA, M. R. F. Unidades de conservação e energia eólica no Rio Grande do Norte: o caso da reserva de desenvolvimento sustentável estadual ponta do tubarão. In: GORAYEB, A. *et al.* (org.). **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil**. Fortaleza: Edições UFC, 2019. p. 251-262.
- GÊ, D. R. F. **Contribuição aos Estudos Ambientais Prévios à Implantação de Usinas Eólicas no Litoral de Areia Branca - RN: População Local e Impactos Socioambientais**. 2010. Monografia (Graduação em Gestão Ambiental) – Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Mossoró, 2010.
- GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A. J. A.; MENDES, J. S. Wind power gone bad: Critiquing wind power planning processes in northeastern Brazil. **Energy Research & Social Science**, v. 40, p. 82-88, 2018.
- HAHN, M. B.; RIEDERER, A. M.; FOSTER, S. O. The Livelihood Vulnerability Index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—A case study in Mozambique. **Global Environmental Change**, v. 19, n. 1, p. 74-88, 2009.
- HOFSTAETTER, M. **Energia eólica: entre ventos, impactos e vulnerabilidades socioambientais no Rio Grande do Norte**. 2016. Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010: sinopse por setores**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/sinopseporsetores/?nivel=st>. Acesso em: 17 jul. 2018.
- IMPROTA, R. L. **Implicações socioambientais da construção de um parque eólico no município de Rio de Fogo-RN**. 2008. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.
- LOPES, R. A. **Energia Eólica**. 2. ed. São Paulo: Artliber Editora, 2012.
- MAIOR, M. M. S. **Vulnerabilidade socioambiental e expansão urbana: uma proposta metodológica para análise da cidade de João Pessoa-PB**. 2014. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2014.

- MATTOS, P. P.; KONIG, A.; FREIRE, F. A. M.; ALOUFA, M. A. I. Etnoconhecimento e percepção dos povos pesqueiros da Reserva Ponta do Tubarão acerca do ecossistema manguezal. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p.481-489, 2012.
- MEIRELES, A. J. A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais. **Revista franco-brasileira de geografia**, n. 11, 2011. Disponível em: <<https://confins.revues.org/6970?lang=fr#bodyftn2>>. Acesso em: 04 out. 2016.
- NASCIMENTO, L. **Análise das transformações socioambientais a partir da instalação de usinas eólicas na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão, Rio Grande do Norte**. 2016. Iniciação Científica (Graduando em Gestão Ambiental) - Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.
- NUNES, A. C. P. **Proposta de indicadores para avaliação de impacto ambiental de parques eólicos na percepção dos habitantes: o caso do assentamento Zumbi/Rio do Fogo- RN**. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- PERSSON, J. Perceptions of environmental compensation in different scientific fields. **International Journal of Environmental Studies**, v. 70, n. 4, p. 611-628, 2013.
- PINTO, M. F.; NASCIMENTO, J. L. J.; BRINGEL, P. C. F.; MEIRELES, A. J. A. Quando os conflitos socioambientais caracterizam um território? **Gaia Scientia**, v. 8, n. 2, p. 272-288, 2014.
- PONTES, O. M. **Consequências socioeconômicas e ambiental dos parques eólicos para comunidades da reserva de desenvolvimento sustentável estadual ponta do tubarão**. 2017. Dissertação (Mestrado Profissional em Uso Sustentável de Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.
- PORTO, M. F. S.; FINAMORE, R.; FERREIRA, H. Injustiças da sustentabilidade: Conflitos ambientais relacionados à produção de energia “limpa” no Brasil. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, v. 100, p. 37-64, 2013. Disponível em: <http://rccs.revues.org/5217>. Acesso em: 12 nov. 2016.
- RIO GRANDE DO NORTE. **Lei Complementar nº 336, de 12 de dezembro de 2006**. Altera a Lei Complementar Estadual nº 272, de 03 de março de 2004 e dá outras providências. Natal: Assembleia Legislativa, 2006. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC00000000004018.PDF>. Acesso em: 17 jul. 2018.
- RIO GRANDE DO NORTE. **Lei nº 8.349, de 17 de julho de 2003**. Cria a Reserva de Desenvolvimento Sustentável Estadual Ponta do Tubarão, na região de Diogo Lopes e Barreiras nos Municípios de Macau e Guamaré no Rio Grande do Norte e dá outras providências. Natal: Assembleia Legislativa, 2003. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/idema/DOC/DOC000000000043673.PDF>. Acesso em: 17 jul. 2018.
- SILVA, D. R. F. **Ventos de Discórdia: território, energia eólica e conflitos socioambientais na zona costeira do Ceará**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.
- SILVA, I. H. M. **Moinhos de vento: a energia eólica na comunidade de São Cristóvão, município de Areia Branca (RN)**. 2018. Monografia (Graduação em Gestão Ambiental) – Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, Mossoró, RN, 2018.
- VIANA, L. A.; NASCIMENTO, J. L. J.; MEIRELES, A. J. A. Complexos eólicos e injustiças ambientais: mapeamento participativo e visibilização dos conflitos provocados pela implantação de parques eólicos no Ceará. **Revista Geografar**, Curitiba, v.11, n.1, p.64-83, 2016.



# ANÁLISE DOS MARCOS INSTITUCIONAIS PARA A EXPLORAÇÃO DE LÍTIO NA AMÉRICA DO SUL

---

*Martín A. Iribarnegaray<sup>1</sup>*

*Elizabeth Jiménez<sup>2</sup>*

*Ingrid Garcés<sup>3</sup>*

*Mauricio Lorca<sup>4</sup>*

*Melisa L. Escosteguy<sup>1</sup>*

*Walter F. Díaz Paz<sup>1</sup>*

*Araceli Clavijo<sup>1</sup>*

## Resumo

O lítio tornou-se um elemento-chave para a produção de baterias, usadas para armazenamento de energia de fontes renováveis e para veículos elétricos cuja demanda está crescendo em todo o mundo. A Argentina e o Chile estão entre os principais produtores mundiais de lítio a partir de salmouras, e a Bolívia possui os maiores recursos de lítio do mundo que ainda não foram explorados comercialmente. Atualmente, a extração de lítio na América do Sul é realizada sob diferentes estruturas institucionais, com atores-chave (governos, setor privado, ciência e tecnologia e comunidades) desempenhando papéis diferentes e em contextos sociopolíticos significativamente diferentes. Esses contextos vão desde o neoliberalismo orientado para o mercado (Chile) até a abordagem estatista (Bolívia). Neste artigo, são identificados e analisados os marcos institucionais sob os quais a extração de lítio está sendo realizada nos três países, focando a análise no papel desempenhado pelos diferentes atores nos

---

1 Instituto de Pesquisas em Energias não Convencional (INENCO), Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas (CONICET), Universidade Nacional de Salta (UNSa), Salta, Argentina. [iribarnegarayma@gmail.com](mailto:iribarnegarayma@gmail.com)

2 Universidade de San Andrés, La Paz, Bolívia.

3 Universidade de Antofagasta, Antofagasta, Chile.

4 Instituto de Pesquisa em Ciências Sociais e Educação, Universidade de Atacama, Chile.



diversos contextos institucionais. Posteriormente, é proposta uma análise comparativa para determinar as semelhanças e diferenças entre eles e identificar seu impacto em aspectos da governança do lítio e seus possíveis impactos socioprodutivos. Por fim, discute-se a importância de investigar e modificar os atuais marcos regulatórios para avançar em direção a uma transição energética justa, baseada nos princípios de justiça social e ambiental.

**Palavras-Chave:** Lítio. Marcos institucionais. Transição energética. Governança. América do Sul.

## Introdução

Nos últimos anos, o mundo iniciou uma transição global que tenta superar a dependência econômica dos combustíveis fósseis e seguir com as economias verdes baseadas em fontes de energia renováveis ou carbono zero (BONSU, 2020). Devido ao seu potencial de armazenamento de energia, o lítio apresenta-se como elemento chave para essa etapa (ALI *et al.*, 2019). Sempre que uma atividade extrativista é estabelecida, ocorrem mudanças nos marcos institucionais que regem a governança do recurso, ou seja, as regras (normativas) e os processos de tomada de decisão que configuram os direitos de propriedade, acesso e uso da terra e dos recursos naturais. Na América do Sul, por exemplo, pode-se dizer que um “marco institucional extrativo” foi progressivamente constituído em diferentes etapas (da colonização espanhola aos estados neoliberais), permitindo que o Estado e o capital privado ampliassem sua influência. As atividades extrativistas têm contribuído para a acumulação de capital no “centro” ou “Norte Global” através da desapropriação da “periferia” (HARVEY, 2003). Na América do Sul, a extração de lítio é um dos exemplos mais recentes dessa tendência histórica, iniciada há cerca de 35 anos nas salinas de Atacama (Chile), mas com um impulso global mais forte na última década.

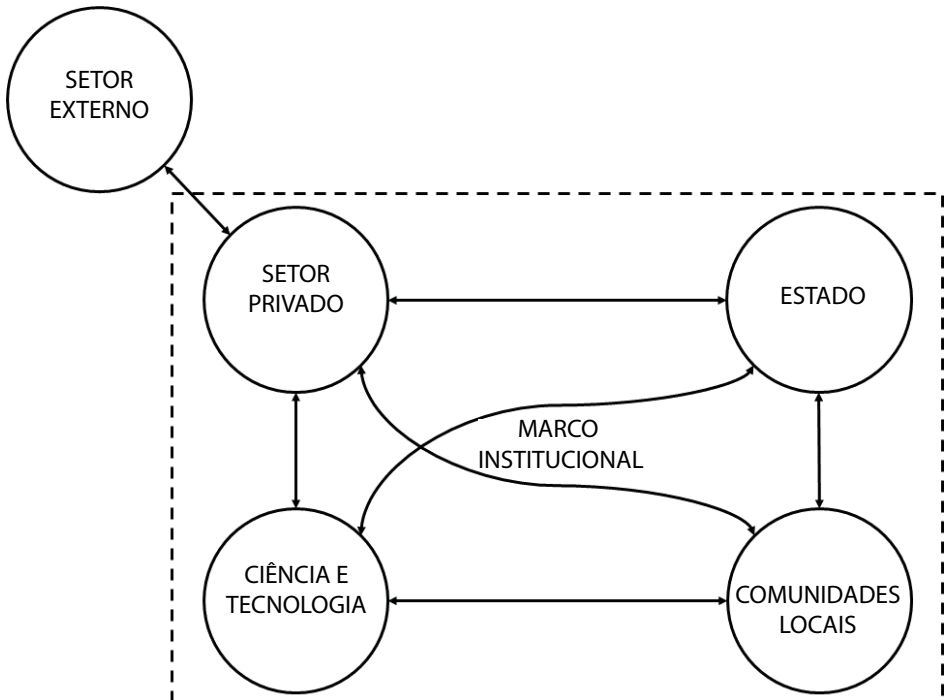
Atualmente, a extração de lítio na América do Sul é realizada sob diferentes marcos institucionais, com atores-chave desempenhando papéis diferentes de acordo com as posições que ocupam dentro da rede de produção e em contextos político-econômicos significativamente diferentes. Esses contextos vão desde orientações de mercado (Argentina e Chile) até processos liderados pelo Estado (Bolívia) (OBAYA; PASCUINI, 2020). Este artigo identifica e analisa as estruturas institucionais sob as quais ocorre a extração de lítio na América do Sul, o impacto de leis, códigos e regulamentos formais e práticas informais (de fato) que determinam a propriedade, o acesso e uso de recursos (lítio, terra e água), bem como os regimes de distribuição de renda, influenciados pela presença de mercados e atores internacionais. Também é analisada a estrutura institucional (as regras do jogo), como as instituições que interagem com os diferentes atores envolvidos e como essas regras e interações mudaram ao longo do tempo. A análise incluiu uma comparação entre Argentina, Bolívia e Chile

(países ABC) para identificar semelhanças, diferenças e explorar possíveis implicações para as comunidades locais.

## Marco conceitual de análise

Os marcos institucionais e regulatórios refletem “as regras do jogo” em cada um dos países. O marco institucional do lítio nos países sul-americanos é constituído pelo conjunto de regras que determinam os direitos de propriedade, acesso e uso desse recurso e que também regulam os regimes de distribuição, ou seja, a forma como a renda gerada pela exploração do lítio será distribuída entre os diferentes atores. Esse marco institucional, juntamente com os diferentes atores e as relações estabelecidas entre eles, reflete-se no que se caracteriza como governança na gestão desse recurso. Neste trabalho, utilizamos um marco conceitual que contempla cinco dimensões de análise para o estudo dos arranjos institucionais, incluindo as interações entre elas, configurando sua evolução ao longo do tempo ([Figura 1](#)). As dimensões analíticas foram selecionadas com base em alguns trabalhos anteriores aplicados especificamente à análise da governança do lítio (FORNILLO, [2018](#); SÁBATO; BOTANA, [1968](#)).

**Figura 1 - Modelo conceitual para descrever o marco institucional dos países ABC**



Fonte: De autoria própria

As cinco dimensões de análise adotadas são: (1) o Setor Externo, representado por capital de investimento e empresas mineradoras transnacionais que, por meio de suas matrizes, têm interagido historicamente com os governos, além de organizações internacionais com influência no comércio internacional (como o Banco Mundial); (2) Setor Privado Local, composto pelas sedes locais das matrizes das empresas transnacionais, bem como outras entidades privadas de investimento e prestação de serviços de mineração constituídos por capitais locais ligados à exploração de lítio (obs.: essas duas dimensões/atores estão incluídas no setor corporativo); (3) o Estado, ator central na estruturação e modificação das “regras do jogo”, representado tanto pelos governos centrais nacionais como pelos níveis regionais ou estaduais, e os respectivos municípios ou governos de cada país; (4) Ciência e Tecnologia, representada pelas universidades, centros tecnológicos e diversos institutos de pesquisa que compõem o aparato técnico-científico com influência atual ou potencial no desenvolvimento de tecnologias para a exploração e/ou transformação do lítio; (5) Comunidades Locais e Organizações da Sociedade Civil, compostas por diferentes atores da sociedade direta ou indiretamente afetados pela exploração do lítio. Essa dimensão pode incluir comitês cívicos, organizações camponesas, comunidades indígenas com direitos e/ou reivindicações sobre os territórios das salinas, entre outros atores.

## Descrição das dimensões de análise

### *Setor privado e externo*

Essas duas dimensões de análise estão intimamente relacionadas e representam, em parte, facetas locais e externas do capital de investimento e interesses transnacionais na cadeia produtiva do lítio. Incluem também as pequenas e médias empresas, estrangeiras ou nacionais, que fornecem bens e serviços a empresas extrativas. Atualmente, o setor de mineração na Argentina é caracterizado pela participação quase exclusiva de atores privados, especialmente empresas internacionais, com presença significativa de capital da Austrália, Canadá, Estados Unidos e China (FES, [2019](#)).

A empresa FMC (hoje *Livent Corporation*), por meio de sua subsidiária argentina “Mineradora de Altiplano” (S.A.) foi a primeira a se estabelecer na “Salina del Hombre Muerto” no final da década de 1990. Desde então, projetos foram aprovados e concessões concedidas a várias empresas na maioria das salinas localizadas na região de Puna, na Argentina. Existem atualmente dois projetos em fase de produção: Fenix, da *Livent Corp.* na “Salina del Hombre Muerto”, operando desde 1997 (MINEM, [2017](#)), e “Salina de Olaroz”, localizado na salina de Olaroz e operado pela “Sales de Jujuy” (S.A.), um empreendimento conjunto (*joint venture*) entre a Australiana “Orocobre Limited”, “Toyota Tsusho Corporation” e “Jujuy Energía” e a Mineradora “Sociedad del Estado” (JEMSE), sendo essa última uma empresa estatal na província de Jujuy. Além dessas empresas já em produção, mais de 50 novos projetos estão

em diferentes estágios de desenvolvimento e há muitos outros que potencialmente entrarão em estágios de produção nos próximos anos (USGS, 2017).

Embora a empresa JEMSE detenha uma participação de 8,5% no projeto de produção da salina de Olaroz, o seu pacote de ações será financiado/adquirido pelos lucros futuros da empresa, assim, sua participação poderá constituir simplesmente uma estratégia para justificar processos de sustentabilidade sociopolítica e acesso a licenças legais por parte dos governos (NACIF, 2018). A produção de carbonato e cloreto de lítio (em menor escala) por empresas sediadas na Argentina é exportada dos portos chilenos, no caso da *Livent Corp.*, para suas próprias sedes nos EUA e na China. Esse cenário de controle, tanto da produção quanto de diversos elos da cadeia de comercialização, se repete. Devido à importância do lítio como insumo fundamental para a fabricação de baterias e na indústria automotiva, os atores da cadeia de produção e uso de baterias também participam e financiam as etapas de extração para garantir o abastecimento futuro. Isso pode ser observado, por exemplo, na relação da Nissan com o projeto Fénix, na presença da Toyota Tsusho Corp. na salina de Olaroz, e entre a Mineradora Exar e a Mitsubishi (FES, 2019).

Na Bolívia, a extração de lítio por empresas estrangeiras tem sido historicamente controversa. Anos atrás, as empresas interessadas podiam obter concessões de mineração, outorgadas pelo Estado mediante certos pagamentos. Essas concessões conferiam ao titular o direito exclusivo de garimpar, explorar e refinar a substância mineradora incluída na concessão. A legislação boliviana deu igualdade de condições para empresas locais e estrangeiras em relação às concessões adquiridas. Em 2010, a legislação mudou graças a um decreto presidencial e, desde então, todas as concessões de mineração se tornaram transitórias, de tal forma que todo o lítio pertence ao Estado, que também o gere. O Governo boliviano mantém a produção e as exportações sob controle estatal, mas com alguns acordos de assistência técnica com empresas privadas. Por exemplo, em 2014 foi assinado um acordo de cooperação entre os Países Baixos e a Bolívia, a fim de desenvolver a indústria de lítio boliviana. Além da legislação específica sobre exploração mineral na Bolívia, uma lei de 2011 confere direitos legais à natureza, e essa “Lei da Mãe Terra” também confere às comunidades locais poderes legais em termos de desenvolvimento. Como os direitos da natureza estão consagrados na legislação boliviana, isso tem sido historicamente considerado um obstáculo ao desenvolvimento da indústria (PEROTTI; COVIELLO, 2015).

No Chile, na década de 1980, foram feitos investimentos e a execução dos primeiros projetos, especialmente por parte de empresas privadas, tem sido facilitado pelo novo sistema jurídico e econômico implantado pela ditadura e pela Constituição de 1980, sublimando o direito de propriedade e estabelecendo um regime especial de concessões (ROMERO *et al.*, 2019). A única fonte de lítio desde a década de 1970 tem sido a salina de Atacama, onde operam duas empresas privadas: (1) Sociedade Química e Mineradora do Chile S.A. (SQM), com capital chileno, que se dedica

à exploração, processamento e comercialização de nitrato de potássio e fertilizantes especiais, iodo, potássio e lítio (onde 24% pertence à *Tianqi Lithium Corp.*, da China); e (2) a norteamericana Albemarle (que detém 51% da Tianqi), que produz sais de lítio e seus derivados. Ambas as empresas passaram os anos de 2017 e 2018, respectivamente, através de um processo de acordos com o Estado, que resultou em novos contratos assinados, nos quais garantiram quotas de extração superiores e um prazo superior ao estabelecido nos contratos originais (até ao ano de 2043).

Antes do acordo, o contrato não tinha uma data de término certa, não incluía o pagamento de comissões pela venda de lítio, não considerava o acesso à informação, controle e supervisão, não considerava contribuições para pesquisa e desenvolvimento estadual e nem contemplava incentivos ao valor agregado no Chile. No caso da SQM, em 2018 foi assinado um acordo que permitiu a extração de lítio na salina de Atacama até 2030, estabelecendo também contribuições econômicas para a região de Antofagasta (1,7% do total de vendas) e para as comunidades indígenas locais (entre US\$ 10 e US\$ 15 milhões por ano). Nesse acordo, são estabelecidos, conjuntamente, os direitos e proteções da Corporação Chilena de Desenvolvimento Produtivo (CORFO) como proprietária da salina. Anteriormente a esse contrato, a empresa tinha descumprimento da CORFO nos pagamentos dos aluguéis do arrendamento. Outros atores, como a Lithium Chile Inc. (Canadá), iniciaram as explorações em 2016 e adquiriram propriedades de mineradoras, incluindo parte da salina de Atacama. Por sua vez, a Mineradora Wealth Ltd., adquiriu ativos na salina de Atacama em meados de 2016, cujas concessões abrangem 46.200 hectares, localizados na parte norte da salina.

## *Estado*

O Código de Mineração Argentino, em vigor desde 1887, regulamenta a exploração do lítio apesar das diferenças consideráveis entre a “mineração de água” (bombeamento do aquífero e posterior extração de sais de lítio da salmoura) e outras atividades de mineração mais tradicionais que extraem minerais das rochas. O Código estabelece que, embora as minas estejam dentro da esfera de controle do Estado, esse não pode explorá-las ou dispor delas, portanto, as minas devem ser exploradas por meio de um sistema de concessões de mineração, onde os investidores privados podem ser nacionais e internacionais, recebendo tratamentos iguais (HILPERT; MILDNER, 2013). Assim, tem-se gerado um mercado “financeiro-imobiliário” a partir da transferência e comercialização de propriedades mineras (FES, 2019), onde as províncias são proprietárias e responsáveis pela utilização dos recursos, mas são inibidas da sua exploração. O Código de Mineração Argentino foi complementado na década de 1990 com a Lei de Investimento em Mineração, a qual oferece uma infinidade de benefícios econômicos e legais para as empresas de investimento (um

resumo das leis que regem a atividade de mineração na Argentina pode ser encontrado na Secretaria Nacional de Mineração, [2020a](#) e [2020b](#)). Entre outros benefícios, a Argentina oferece às mineradoras 30 anos de estabilidade fiscal, tornando o país mais competitivo em relação a outros países da região. Através desses tipos de mecanismos, o país oferece marcos legais estáveis, incentivos econômicos para a atividade extrativista e contextos políticos que promovem o desenvolvimento da atividade de mineração (ZICARI, [2015](#)).

No marco da Lei de Investimentos em Mineração (Lei 24.196), também são concedidos imensos benefícios fiscais para a atração de empresas estrangeiras e os recursos naturais minerais foram transferidos para as províncias, deslocando o Estado nacional da interação com o capital investidor. O Estado ainda reembolsa as despesas de todas as atividades exploratórias realizadas que não tenham alcançado resultados positivos, assumindo todos os riscos financeiros de tais atividades. Apesar da aparente descentralização administrativa, a distribuição dos benefícios não favorece os governos provinciais ou locais, uma vez que a maior parte dos impostos pagos pela atividade de mineração são nacionais, sendo arrecadado para o Estado nacional em média 8 a 10 vezes mais do que para as províncias (MARCHEGANI *et al.*, [2018](#)). As escassas receitas provinciais genuínas limitam-se à cobrança de *royalties* com um limite máximo de 3% sobre o valor bruto do recurso, calculado após dedução dos custos de transporte, processos de tratamento, comercialização e administração. Embora algumas províncias tenham tentado através de iniciativas públicas gerar cadeias produtivas que resultem em valor acrescentado na produção de lítio (elaboração de cátodos ou baterias, por exemplo), essas ainda não se concretizaram.

O Código de Mineração da Bolívia, estabelecido em 1992, declara que todas as jazidas minerais são de propriedade do Estado (PEROTTI; COVIELLO, [2015](#)). De fato, desde o primeiro governo presidencial de Evo Morales, em 2006, a Bolívia abandonou o modelo econômico neoliberal e implementou uma política orientada aos interesses nacionais e à justiça social, dentro da qual a criação de indústrias nacionais deveria assumir importância central. No marco dessa política, a exploração do lítio se configurou sob a direção da Corporação Minera Estatal da Bolívia (COMIBOL), que se encarregaria da exploração e posterior tratamento industrial; e não sob as condições de investidores privados estrangeiros. A partir desse momento, todas as novas concessões a empresas privadas devem formar um consórcio com a COMIBOL, de forma que ambas as partes tenham 50%.

A partir de 2009, a declaração de que o Estado boliviano tem o controle de todos os recursos naturais da Bolívia foi incluída na Constituição Nacional. Nesse marco, foi iniciado um projeto público de industrialização dos recursos de lítio. A Comissão Nacional de Gestão de Recursos Evaporativos (GNRE) liderou o projeto, como um ramo operacional especializado da COMIBOL. Um plano de desenvolvimento estratégico do estado foi apresentado em 2008, mas somente em 2016 a instalação

piloto enviou um pequeno carregamento de quase 10 toneladas de carbonato de lítio para a China (SANDERSON; SCHIPANI, [2016](#)). A Bolívia atualmente defende seu rígido controle estatal de cada etapa do processo de industrialização do lítio e o considera como um recurso estratégico ao qual se pode agregar valor (BUSTOS, [2017](#)). A China tornou-se um país aliado importante e interessante nesse sentido, pois no início de 2019 o país foi escolhido como parceiro estratégico por meio da empresa Xinjiang TBEA Group Ltd., que terá uma participação de 49% em um empreendimento conjunto com a empresa boliviana de lítio YLB (Yacimientos de Litio Bolivianos) (RAMOS, [2019](#)).

No Chile, o contexto jurídico-político que possibilitou o desenvolvimento inicial da mineração de lítio e seu crescimento sob a ditadura militar (1973-1990), fez com que, em pouco tempo, ocorressem dois processos simultâneos. Por um lado, o lítio é classificado como material estratégico essencial para a energia nuclear, conferindo ao lítio um caráter prioritário para a segurança nacional e, por outro, a SQM, que originalmente (1968-1971) era uma empresa de capital misto entre o Estado do Chile e a empresa Anglo Lautaro S.A., foi estatizada durante o governo de Salvador Allende (1971) e manteve essa condição até o período autoritário (1983), quando iniciou-se sua privatização (entre 1983 e 1986) (GUNDERMANN; GÖBEL, [2018](#)). Como resultado do acordo de 2018, entre a CORFO e a SQM, os valores trimestrais pagos pela empresa ao Estado, por arrendamentos na salina, quadruplicaram em relação ao contrato anterior, passando de cerca de US\$10 – 12 milhões por trimestre para cerca de US\$40 – 45 milhões. Tomando como base o ano de 2018, a modificação do contrato contribuiu com mais de US\$120 milhões por ano apenas para receita de arrendamentos adicionais pelos quais se pagou anteriormente.

## *Ciência e Tecnologia*

Na Argentina, existem vários centros de pesquisas com financiamento público dedicados à pesquisa e desenvolvimento relacionados ao lítio. O Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas (CONICET), maior organização de pesquisa do país, conta com mais de 200 pesquisadores dedicados ao tema. Esse investimento na ciência é direcionado a diferentes institutos de pesquisa que desenvolvem tecnologias de extração e industrialização do lítio, bem como há muitos que realizam pesquisas socioambientais e econômicas. No entanto, em todos os casos, as empresas que estão em fase de exploração utilizam técnicas e patentes desenvolvidas fora do país, geralmente protegidas por acordos de confidencialidade, de modo que há pouca interação com o setor científico local. O Centro de Pesquisa e Desenvolvimento em Materiais Avançados e Armazenamento de Energia de Jujuy (CIDMEJu), por exemplo, é um centro interinstitucional pertencente à Universidade Nacional de Jujuy, CONICET e ao governo provincial, dedicado à pesquisa, desenvolvimento

tecnológico e transferência de linhas de desenvolvimento para a extração e industrialização de lítio na província. A “Yacimientos Petrolíferos Fiscales” (YPF S.A.) (Jazidas Petrolífera Fiscais), empresa de hidrocarbonetos de capital nacional, também gerou uma linha de negócios e pesquisa tecnológica (YPF Tecnología S.A. ou Y-TEC), com a participação direta do CONICET. No entanto, apesar das diferentes linhas de pesquisa relacionadas ao Lítio, o Y-TEC ainda não conseguiu se articular com as empresas transnacionais que exploram as salinas ou geram valor agregado em nível local.

Na Bolívia, o debate centrou-se fundamentalmente no grau em que a tecnologia utilizada nas fases de exploração respondeu efetivamente às condições particulares da salina de Uyuni. A composição dos sais que formam a salina e as características ecológicas do território são significativamente diferentes daquelas encontradas nas salinas do Chile e da Argentina. O maior desafio tem sido produzir a tecnologia adequada primeiro para a extração de sais de lítio e depois para sua transformação em carbonatos. Ao apostar em uma tecnologia 100% boliviana durante a primeira etapa, assumiu-se que isso pode ser alcançado quase exclusivamente como resultado do compromisso e esforço do Estado e sem o desenvolvimento de marcos institucionais suficientes com outros atores (universidades, por exemplo). Perante a ausência de marcos que facilitem uma articulação virtuosa entre pesquisa, inovação e produção de tecnologia, a produção de tecnologia nacional representa, sem dúvida, um grande desafio.

No Chile, os aspectos de pesquisa e desenvolvimento são atribuídos à CORFO, entre eles, criar ou adaptar melhores técnicas de produção, gerar estudos e novas iniciativas em áreas produtivas. Com a criação em 1978 do “Comité de Sales Mixtas” dependente da CORFO, iniciou-se o desenvolvimento da pesquisa em processos de salmoura, juntamente com outros projetos não metálicos. Posteriormente, esse comitê foi dissolvido devido às privatizações realizadas pelo governo. Por outro lado, algumas universidades no final da década de 1970 começaram a desenvolver estudos com sais de lítio, criando, por exemplo, o laboratório de eletroquímica da antiga Universidade Técnica Estadual (atual Universidade de Antofagasta), cujos primeiros trabalhos foram em eletroquímica e, posteriormente, em baterias de lítio, além de vários estudos sobre materiais de interesse em células de combustível, baterias de metal/ar, baterias de lítio e controle da poluição automotiva (RESTOVIC *et al.*, 1991).

O potencial desenvolvimento do lítio e suas aplicações também ocorreram em outros centros de pesquisa na década de 1980, como a Universidade do Chile, desenvolvendo projetos em materiais supercondutores. Como no caso da Argentina, muitas das linhas de pesquisa não seguem um plano de desenvolvimento científico coordenado, mas são iniciativas pessoais de pesquisadores que viram o lítio como uma futura fonte de pesquisa. Atualmente, por meio da CORFO, está sendo realizada a criação e instalação de um Instituto Tecnológico para realizar atividades de pesquisa e desenvolvimento, transferência de tecnologia e inovação, assistência tecnológica e



técnica especializada, divulgação tecnológica ou geração de pesquisas e informações para subsidiar a regulação e as políticas públicas, nas áreas de energia solar, mineração de baixa emissão e materiais avançados de lítio e outros minerais. Finalmente, em 2017 e 2018, a CORFO assinou acordos com as empresas Albemarle e SQM, conseguindo a incorporação de maiores contribuições para pesquisa e desenvolvimento, bem como para comunidades, governos regionais e municípios.

### *Comunidades locais*

Na Argentina, existe um órgão regulador que protege e garante a identidade e os direitos coletivos dos povos indígenas, por meio da Constituição Nacional, Leis Nacionais e Provinciais e Acordos Internacionais assinados pelo Estado. O direito à consulta prévia dos povos indígenas na Argentina é reconhecido no inciso 17 do artigo 75 da Constituição Nacional, bem como em várias leis nacionais, como a Lei 26.160 sobre a Emergência da Propriedade Comunitária e a Lei 26.331 sobre Orçamentos Mínimos para Proteção Ambiental de Florestas Nativas. No entanto, a população indígena na Argentina tem sido historicamente excluída dos processos decisórios relacionados ao uso dos recursos naturais e/ou do território. No caso particular do lítio, as comunidades não foram consultadas diretamente, ou a “consulta” foi realizada pelas próprias empresas, pelo setor privado, através de reuniões informativas e consultivas, mas sem considerar a legislação em vigor.

Dada a falta de cumprimento efetivo dos mecanismos de consulta estabelecidos por lei, há a obrigação de reajustar o marco do Estado e suas instituições com base no reconhecimento de sua pluralidade étnica e cultural. As reivindicações das comunidades criaram tensões entre moradores locais, grupos empresariais e governo, devido às perspectivas, percepções e interesses antagônicos e múltiplos em relação à produção de lítio. Na Puna argentina, alguns conflitos se manifestaram, entre os quais se destacam os eventos na Bacia de Salinas Grandes e Lagoa Guayatayoc, e na salina de Olaroz (GÖBEL, [2013](#); [2014](#); ARGENTO *et al.*, [2017](#); ARGENTO; ZICARI, [2017](#); ARGENTO; PUENTE, [2019](#); PRAGIER, [2019](#)), ambos focando na defesa dos territórios e daqueles que neles habitam ancestralmente. Por meio da Mesa Redonda de comunidades nativas da Bacia de Salinas Grandes e Lagoa Guayatayoc para a defesa e gestão do Território (2011), trinta e três comunidades Kolla e Atakama nativas da área se manifestaram contra a atividade e denunciaram a possível salinização das águas subterrâneas. O coletivo “Apacheta”, formado por membros das comunidades próximas à salina de Olaroz, protestou contra a grande quantidade de água que é utilizada em todo o processo produtivo (JEREZ HENRIQUEZ, 2018). A área de influência direta do projeto Fénix inclui uma população de 1.436 habitantes que residem em diferentes comunidades no departamento de “Antofagasta de la Sierra” (INDEC, [2010](#)). Essas comunidades são afetadas por diferentes condições de pobreza

estrutural, em muitos casos sem acesso a direitos básicos como educação, saúde e moradia. A maioria de seus habitantes não tem um emprego permanente e baseia seu apoio econômico no provimento de algum tipo de programa de ajuda econômica fornecido pelo Governo Nacional (TAPIA *et al.*, 2015). O governo provincial, no entanto, destaca a importante participação das exportações do projeto na arrecadação de impostos e também a Responsabilidade Social Empresarial que, a partir de um contrato, realizado em 2015, assume o compromisso de contribuir para os cofres provinciais com 1,2% do seu faturamento anual. A área de influência direta do projeto Olaroz inclui 10 comunidades nativas que vivem no departamento de Susques e juntas totalizam 3.791 habitantes (INDEC, 2010). Todas essas comunidades têm títulos de terra (SUBSECRETARÍA DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL DE LA INVERSIÓN PÚBLICA, 2014) que usam para realizar atividades produtivas de pequena escala, como pastagem de gado e plantio de culturas locais (ABELVIK-LAWSON, 2019).

Na Bolívia, as comunidades indígenas e suas representações têm resistido historicamente à privatização da Salina de Uyuni e têm sido promotoras do governo plurinacional que controla toda a produtividade do lítio (FORNILLO, 2018). O atual projeto de exploração e industrialização do lítio foi proposto inicialmente pela Federação Regional de Trabalhadores Rurais do Altiplano Sul da Bolívia (FRUTCAS), que desempenhou um papel muito importante na organização inicial e no desenho desse projeto. Algumas comunidades alcançaram certa participação nas tarefas associadas ao projeto e têm alta participação como funcionários nas atividades produtivas (OBAYA; PASCUINI, 2020). Embora a constituição boliviana reconheça a autonomia e a participação das comunidades locais, os processos de consulta prévia têm sido pouco desenvolvidos. Em linhas gerais, apesar de os processos de exploração serem realizados pelo Estado, atualmente há críticas significativas por parte das comunidades devido à falta de transparência no desenvolvimento e distribuição dos recursos gerados, aos impactos ambientais e à afetação relacionada a aspectos produtivos e culturais da região, pré-existentes ao projeto do lítio (OBAYA, 2019).

No caso chileno, a atual exploração da Salina de Atacama ocorre na área de desenvolvimento indígena “Atacama La Grande”, território que foi reivindicado pelo povo de Atacama ou Lickanantay, que alega ter historicamente ocupado e habitado a salina e sua bacia (ESPÍNDOLA, 2020). A mineração de lítio compromete a Reserva Nacional Los Flamencos, o equilíbrio ecossistêmico da salina, áreas de várzea e pântanos, flora e fauna que sustentam as comunidades que veem com grande preocupação a grande quantidade de água utilizada pelas mineradoras, causando grandes impactos em seus territórios (MORALES; AZÓCAR, 2019). As mineradoras operaram sem controle por décadas, embora a Albemarle tenha assinado em 2017 um acordo de “Cooperação, Sustentabilidade e Benefício Mútuo” com a CORFO e 18 comunidades indígenas Lickanantay, o que marcou um novo paradigma de entendimento entre a mineradora

e essas comunidades. Esse acordo as beneficia, pois recebem um valor de 3,5% das vendas da Albemarle, o qual é investido pelas próprias comunidades sob um sistema de governança. A repartição é de 3% para as comunidades e 0,5% para o Conselho do Povo Atacameño para pesquisa e desenvolvimento. A situação da CORFO com a SQM é mais complexa, devido a vários desacordos entre a empresa e o Estado chileno. No entanto, em janeiro de 2018, foi alcançado um acordo de Conciliação, pondo fim aos desacordos e arbitragens existentes entre a SQM e a CORFO. Com a reforma dos contratos de arrendamento e projeto, uma série de condições foram estabelecidas, incluindo contribuições anuais em favor das comunidades e governos (POVEDA BONILLA, 2020).

### *Principais diferenças entre os países*

O [Quadro 1](#) mostra um resumo das diferenças mais importantes entre os países em relação às dimensões analisadas. Até agora, cada um adotou diferentes abordagens e estratégias para a exploração do lítio, com alta incidência de fatores histórico-políticos que influenciaram o desenvolvimento da atividade. Em linhas gerais, o Chile conta atualmente com poucas empresas privadas, mas com grande importância geopolítica e institucionalmente enraizadas por meio de acordos com o Estado, que monopolizam a atividade e criam barreiras de entrada para potenciais novos atores privados. Esse país tem uma tradição mineradora superior a seus vizinhos, mas tem se caracterizado por um histórico de denúncias e conflitos por corrupção que marcaram negativamente a atividade, apesar das recentes tentativas de reformas visando reconfigurar a distribuição dos lucros e o papel do Estado e do seu sistema científico. A Bolívia, por outro lado, apresenta um modelo de gestão estatal. A usina instalada na Salina de Uyuni é operada pelo governo nacional por meio de parcerias público-privadas entre empresas estatais e empresas privadas estrangeiras (HANCOCK *et al.*, 2018). Nos últimos anos, aprofundou-se a cooperação estratégica entre o Estado e empresas estrangeiras, o que possibilitou diversos avanços, principalmente em termos de tecnologia e infraestrutura. A Argentina, por sua vez, tem uma abordagem centrada na atração de investimento privado, principalmente capital transnacional, com o papel do Estado limitado ao controle mínimo da atividade, enquanto os governos provinciais estão determinados a continuar promovendo as atividades de exploração de lítio em troca da cobrança de royalties e movimentação econômica periférica às explorações.

**Quadro 1 - Resumo das principais diferenças em cada dimensão de análise nos países ABC**

Dimensões	Argentina	Bolívia	Chile
Setor privado e externo	Exploração por empresas privadas (Estado não intervém) Facilidades para novas empresas Exploração sem industrialização	Exploração pelo Estado (associado a empresas) Forte restrição para novas empresas Exploração com industrialização (teórica)	Exploração por empresas (acordo com o Estado) Dificuldade para novas empresas Exploração com cota a preço preferencial para industrialização
Instituições públicas	Recurso NÃO estratégico Propriedade: concessível Imposto de renda: 35% Royalties: 3% Regulamentos não específicos Governo Federal	Recurso estratégico Propriedade: não concessível Imposto de renda: 25% Royalties: 12,5% Regulamentos específicos Governo centralizado	Recurso estratégico Propriedade: não concessível Imposto de renda: 35% Royalties: 6,8% Regulamentos específicos Governo centralizado
Ciência e Tecnologia	Nenhuma contribuição para P&D Baixa interação com a exploração	Nenhuma contribuição para P&D Baixa interação com a exploração	Contribuições para P&D Interação média com a exploração
Comunidades locais	Responsabilidade social corporativa Propriedade comunitária	Cooperativas (mão de obra, serviços) Propriedade comunitária	Contribuições financeiras para as comunidades Propriedade comunitária

Fonte: De autoria própria

## Marcos institucionais e governança do lítio na América do Sul

O núcleo forte do marco institucional e regulatório ainda vigente em cada um desses países foi estruturado em momentos históricos específicos e, portanto, é possível reconhecer na essência da atual regulamentação da exploração do lítio a influência de processos políticos passados (OBAYA; PASCUINI, 2020). Na Argentina e no Chile, a estrutura institucional da gestão de recursos minerais foi moldada por processos políticos particulares. No caso do Chile, por um governo militar na década de 1970, com uma marcante transferência das atividades de exploração de recursos naturais para o capital privado e políticas de liberalização econômica, e no caso da Argentina por meio de reformas estruturais do Estado e abertura irrestrita da economia influenciada pelo chamado “Consenso de Washington” nos anos de 1990 (WILLIAMSON, 2003). Na Bolívia, por outro lado, os processos de estruturação regulatória são talvez mais

recentes e dizem respeito a um modelo fortemente controlado pelo governo central, com uma perspectiva de integração vertical que assume papel de liderança e fundamental para o Estado. A Argentina e o Chile promulgaram modelos de exploração e exportação de matérias-primas com pouca industrialização. No modelo argentino, as províncias têm o poder de celebrar acordos internacionais, desde que não sejam incompatíveis com a política externa da Nação e não afetem os poderes delegados ao governo federal ou o crédito público da Nação. De fato, o domínio dos recursos naturais se estabelece nos territórios das províncias, inclusive os minerais. Nesse contexto, o Estado nacional se apresenta como facilitador e garantidor da atividade extrativista do capital transnacional. Empresas como a Albemarle, SQM, Livent ou EXAR, entre outras presentes na Argentina e no Chile, muitas vezes em associação direta ou indireta com empresas que produzem carros elétricos, como a Toyota, Volkswagen ou Tesla, gerenciam a oferta global de lítio de salmouras, definindo um mercado altamente concentrado e não transparente que pode afetar ou favorecer a manipulação dos preços reais do lítio em escala global. As empresas produtoras (e exportadoras) de lítio geralmente são braços locais de holdings de estrutura complexa que também participam da demanda por lítio, estruturando mecanismos oligopolistas. O interesse em agregar valor ao lítio nos países produtores claramente não é um objetivo em si para as empresas extrativas, nem para seus países de origem. Ministros da Economia, como os da Alemanha e da França, anunciaram recentemente uma estratégia de produção comum para a União Europeia, com o objetivo de criar condições industriais em toda a Europa para consolidar a fabricação de baterias, incluindo a reavaliação de potenciais fontes de lítio no mesmo continente (FES, 2019). A China, o ator central na cadeia global do lítio, tem apresentado uma estratégia semelhante há muitos anos.

Dessa forma, a exploração do lítio ocorre no âmbito de redes globais de produção com a governança nas mãos de empresas transnacionais, cujas estratégias de produção exercem pressão que desencadeia transformações em nível doméstico. A influência de atores externos na estruturação de quadros institucionais específicos não foi apenas resultado da pressão do capital externo, mas também da convivência com organizações transnacionais como o Banco Mundial. Isso levou a uma “mercantilização” de muitas economias emergentes com disponibilidade de recursos naturais, num contexto onde a transição energética já era um fenômeno incontornável e onde a concentração da produção de lítio seria vital na geopolítica da evolução para uma matriz energética renovável.

Embora nos três países as ligações entre as comunidades locais e a produção de lítio sejam ambíguas, esse é um dos aspectos mais relevantes na evolução dos marcos institucionais. Na Argentina, a participação das comunidades nos lucros e nas decisões sobre a exploração do lítio em seu território é praticamente nula (FORNILLO, 2015), enquanto as interações entre empresas e comunidades, quando existem, não são controladas ou mediadas pelo Estado (MARCHEGANI *et al.*, 2018). Na Bolívia,

que até agora não foi tão permeável ao capital transnacional, ainda não está muito claro qual será o papel do Estado na distribuição futura da renda da produção de lítio e sua relação com as comunidades. O Chile, por sua vez, implementou recentemente novas regras ao jogo na interação entre empresas e comunidades, com contratos de distribuição direta de lucros às comunidades, lítio a preço local e um fundo para pesquisa e desenvolvimento.

Revette (2017) afirma que na Bolívia as expectativas das comunidades em relação à extração de lítio são complexas e contraditórias. Por um lado, as comunidades locais demonstram o desejo de serem consultadas de forma mais democrática e transparente, mas por outro reconhecem que houve mudanças positivas na região, especialmente no que diz respeito ao acesso a serviços básicos que não tinham antes (REVETTE, 2017). Para a Argentina e o Chile, ao contrário, Jerez Henriquez (2018) argumenta que a produção de lítio gerou rupturas no tecido social comunitário e contribuiu para a intensificação das desigualdades sociais nas regiões de produção. Por sua vez, Marchegiani *et al.* (2018) destacam que na Argentina a falta de consulta e o acesso limitado à informação criaram assimetrias de poder entre as mineradoras e as comunidades indígenas.

### *“Triângulo do lítio”: apropriação e exclusão*

O estudo dos atuais marcos regulatórios da extração de lítio na Argentina, Bolívia e Chile permitiu identificar os atores e dimensões intervenientes mais importantes, a forma como interagem e que lugar ocupam na rede de produção de lítio. Também possibilitou destacar que muitos dos atuais marcos institucionais nos países analisados podem nos remeter a conceitos de “acumulação por desapropriação” (HARVEY, 2003) ou a definições mais recentes referentes a processos de “encerramento” e “exclusão” (SOVACOOOL, 2021). O encerramento (*enclosure*) está relacionado à dimensão econômica, apropriação de elementos da natureza, ao deslocamento e desapropriação de populações econômica e politicamente marginalizadas. O conceito também tem a ver com a transferência de bens ou recursos públicos para mãos privadas e a expansão dos papéis privados sobre o setor público. Os processos de exclusão estão ligados à dimensão política e implicam na marginalização de alguns atores. Nos três países analisados, a estruturação institucional e normativa possibilitou uma ocupação física com o deslocamento de atores com direitos sobre os recursos e o território e, por fim, uma apropriação simbólica das salinas e mesmo das regiões, com expressões já popularizadas como o “triângulo do lítio”, que de certa forma esconde a diversidade cultural e histórica dessa região da América do Sul, alinhando-a e reduzindo-a à exploração desse recurso.

Uma transição energética justa deve ir além da descarbonização do Norte Global e garantir justiça social e ambiental em toda a cadeia produtiva, desde painéis solares

e carros elétricos, por exemplo, até a extração. A análise do atual marco regulatório e institucional nos três países mostra que é importante que a produção de lítio seja baseada em processos de tomadas de decisão mais inclusivos e democráticos, que contemplem todas as dimensões de análise e que permitam discutir como é produzido, para quais propósitos, e como os custos e benefícios são distribuídos. A participação das comunidades nos processos de governança do lítio em igualdade de condições com Estados e empresas é essencial. Da mesma forma, é fundamental que os Estados promovam o desenvolvimento científico-tecnológico local por meio do financiamento de diversos projetos e programas.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio das seguintes instituições: Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Técnica (CONICET) da Argentina, Universidade Nacional de Salta (UNSa), Departamento de Geografia da Universidade do Texas A&M, Rede Suíça de Estudos Internacionais (SNIS) (Projeto LÍTIO), CAPES-PVE/BRASIL Proc. 88881.068108/2014-01 (Projeto “Impactos da Energia Eólica no Litoral do Nordeste”) e PRONEM FUNCAP/CNPq Proc. PNE 0112-00068.01.00/16 (Projeto “Análise socioambiental da implantação de parques eólicos no Nordeste: perspectivas para a sustentabilidade da geração de energia renovável no Brasil”).

## Referências

- ABELVIK-LAWSON, H. **Indigenous environmental rights, participation and lithium mining in argentina and Bolivia: a socio-legal analysis**. 2019. Tese (Doutorado) - University of Essex, 2019.
- ALI, S. H.; PERRONS, R. K.; TOLEDANO, P.; MAENNLING, N. A model for “smart” mineral enterprise development for spurring investment in climate change mitigation technology. **Energy Research and Social Science**, v. 58, p. 101282, 2019.
- ARGENTO, M.; PUENTE, F. Entre el boom del litio y la defensa de la vida. Salares, agua, territorios y comunidades en la región atacameña. *In*: FORNILLO, B. (ed.), **Litio en Sudamérica**, CLACSO, Bs. As. 2019. p. 173-220.
- ARGENTO, M.; ZICARI, J. Las disputas por el litio en la Argentina: ¿materia prima, recurso estratégico o bien común? **Prácticas de oficio**, v. 19, n. 1, p. 37-49, 2017.
- ARGENTO, M.; PUENTE, F.; SLIPAK, A. Conflictos territoriales y activación de demandas colectivas en los salares del noroeste argentino. *In*: ALIMONDA (ed.), **Ecología política latinoamericana. Pensamiento crítico, diferencia latinoamericana y rearticulación epistémica**, CLACSO, Bs. As. 2017.
- BONILLA, R. P. **Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en Chile**. Serie Recursos Naturales y Desarrollo 195. (LC/TS.2020/40), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, 2020.
- BONSU, N. O. Towards a circular and low-carbon economy: Insights from the transitioning to electric vehicles and net zero economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 256, n. 1, p. 120659, 2020.
- BUSTOS, E. **The lithium triangle**. LatinTrade.com No. 30/2014, 2017. Disponível em: <http://latintrade.com/the-lithi-umtriangle/>.

- ESPÍNDOLA, C. Testimonio de mi vida en Toconao y de la presencia de la minería en nuestro Territorio. *In*: BALTAZAR, R. M. (coord.), **Salares Andinos**. Ecología de saberes por la Protección de Nuestros Salares y Humedales, Observatorio Plurinacional de Salares Andinos. Fundación Tanti, 2020. p. 33-41.
- FES (FRIEDRICH-EBERT-STIFTUNG). Litio y transición socio-ecológica en Sudamérica. **Análisis**, v. 51, 2019. Disponible em: <http://library.fes.de/pdf-files/bueros/argentiniem/15912.pdf>.
- FLEXER, V.; BASPINEIRO, C.F.; GALLI, C. I. Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. **Science of the Total Environment**, v. 639, p. 1188-1204, 2018.
- FORNILLO, B. **Geopolítica del Litio**. Industria, Ciencia y Energía en Argentina. CLACSO, Bs. As., 2015.
- FORNILLO, B. La energía del litio en Argentina y Bolivia: Comunidad, extractivismo y posdesarrollo. **Colombia Internacional**, v. 93, p. 179-201, 2018.
- GÖBEL, B. La minería del litio en la Puna de Atacama: interdependencias transregionales y disputas locales. **Revista Iberoamericana**, v. 49, n. 13, p. 135-149, 2013.
- GÖBEL, B. La minería del litio en Atacama: disputas sociales alrededor de un nuevo mineral estratégico. *In*: GÖBEL, B.; ULLOA, A. (ed.), **Extractivismo minero en Colombia y América Latina**, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, p. 167-196, 2014.
- GUNDERMANN, H; GÖBEL, B. Comunidades indígenas, empresas del litio y sus relaciones en el Salar de Atacama. **Chungará (Arica)**, v. 50, n. 3, p. 471-486, 2018.
- HARVEY, D. **The New Imperialism**. Oxford: Oxford University Press, 2003.
- HILPERT H.G.; MILDNER S.A. **Fragmentation or cooperation in global resource governance?** A comparative analysis of the raw materials strategies of the G20. Stiftung Wissenschaft und Politik (SWP) y Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (BGR), Berlin, 2013.
- INDEC (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS). **Datos estadísticos de Argentina**, 2010. Disponible em: <http://www.indec.com.ar>.
- MARCHEGANI, P.; HÖGLUND HELLGREN, J.; GÓMEZ, L. **Extracción de litio en Argentina**: un estudio de caso sobre los impactos sociales y ambientales. Fundación Ambiente y Recursos Naturales (FARN), 2018. Disponible em: [https://www.farn.org.ar/wp-content/uploads/2019/05/DOC\\_LITIO\\_ESPA%C3%91OL-1.pdf](https://www.farn.org.ar/wp-content/uploads/2019/05/DOC_LITIO_ESPA%C3%91OL-1.pdf).
- MINEM (MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINERÍA DE LA REPÚBLICA ARGENTINA). **Nuevo Acuerdo Federal Minero de la República Argentina**, 2017.
- MORALES, H.; AZÓCAR, R. Crónica anárquica de un triunfo etnoambiental en el Salar Atacama: Pampa Colorada. **Revista Chilena de Antropología**, v. 39, p. 38-57, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5354/0719-1472.2019.53720>.
- NACIF, F. El ABC del litio sudamericano. **Revista de Ciencias Sociales**, p. 1737-1747, 2018.
- OBAYA, M. **Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en el Estado Plurinacional de Bolivia**. Documento de proyecto - 2019/49, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, 2019.
- OBAYA, M.; PASCUINI, P. Estudio comparativo sobre los modos de gobernanza del litio en Argentina, Chile, y el Estado Plurinacional de Bolivia. *In*: LEÓN, M., MUÑOZ, C., SÁNCHEZ, J. (ed). **La gobernanza del litio y el cobre en los países andinos**. Documentos de Proyectos (LC/



TS.2020/124), Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, 2020.

OROCOBRE. **Sustainability report-environmental performance – water and effluents**, 2019.

PEROTTI, R.; COVIELLO, M. F. **Governance of strategic minerals in Latin America: The case of lithium**. Documento de proyecto - LC/W.669, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile, 2015.

PRAGIER, D. Comunidades indígenas frente a la explotación de litio en sus territorios: contextos similares, respuestas distintas. **Polis. Revista Latinoamericana**, v. 52, p. 76-91, 2019.

RAMOS, D. Bolivia Picks Chinese Partner for \$2.3 Billion Lithium Projects. **Reuters**, n. 06, 2019. Disponible em: <https://www.reuters.com/article/us-bolivia-lithium-china/bolivia-picks-chinese-partner-for-23-billion-lithium-projects-idUSKCN1PV2F7>.

RESTOVIC, A.; POILLERAT, G.; GAUTIER, J. L. Oxygen evolution electrocatalysis at thin Cu<sub>1.4</sub>Mn<sub>1.6</sub>O<sub>4</sub> spinel films on CdO and nickel substrates. **Thin Solid Films**, v. 199, p. 139-151, 1991.

REVETTE, A. C. This time it's different: Lithium extraction, cultural politics and development in Bolivia. **Third World Quarterly**, v. 38, n. 1, p. 149-168, 2017.

ROMERO, A.; AYLWIN, J.; DIDIER, M. Globalización de las empresas de energía renovable: Extracción de litio y derechos de los pueblos indígenas en Argentina, Bolivia y Chile. **Observatorio ciudadano**, 2019. Disponible em: [https://media.business-humanrights.org/media/documents/files/documents/INFORME\\_LITIO\\_FINAL\\_PARA\\_WEB.pdf](https://media.business-humanrights.org/media/documents/files/documents/INFORME_LITIO_FINAL_PARA_WEB.pdf).

SÁBATO, J. A.; BOTANA, N. La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina. **Revista de Integración**, v. 3, p. 15-36, 1968.

SANDERSON, H.; SCHIPANI, A. Bolivia makes first shipment of lithium to China. **Financial Times**, n. 17, 2016. Disponible em: <https://www.ft.com/content/78be1902-645c-11e6-a08a-c7ac04ef00a>.

SECRETARÍA DE MINERÍA DE LA NACIÓN. **Informativo N° 1**. Ley de Inversiones mineras, 2020<sup>a</sup>. Disponible em: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ley\\_de\\_inversiones\\_mineras\\_v2.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/ley_de_inversiones_mineras_v2.pdf)

SECRETARÍA DE MINERÍA DE LA NACIÓN. **Haciendo negocios**. Principales aspectos fiscales y legales de la industria minera de Argentina, 2020b. Disponible em: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/marco\\_regulatorio\\_argentino.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/marco_regulatorio_argentino.pdf)

SOVACOOOL, B. K. Who are the victims of low-carbon transitions? Towards a political ecology. **Energy Research & Social Science**, v. 73, p. 101916, 2021.

TAPIA, M. D. V.; QUIROGA, D. E.; SÁNCHEZ, D. La gran minería ¿sinónimo de desarrollo?: La aplicación del Índice de Calidad de Vida (ICV) en el caso de Antofagasta de la Sierra, Provincia de Catamarca. **Revista Iberoamericana de Estudios Municipales**, v. 12, p. 41-66, 2015.

USGS (U. S. GEOLOGICAL SERVICE). **Argentina Lithium Map**. Data Sources and Explanatory Notes. US Geological Survey, 2017.

WILLIAMSON, J. Visión general: Una agenda para relanzar el crecimiento y las reformas. *In*: KUCZYNSKI, P.; WILLIAMSON, J. (ed.). **Después del Consenso de Washington: Relanzando el crecimiento y las reformas en América Latina**, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, p. 1-23, 2003.

ZICARI, J. El mercado del litio desde una perspectiva global: de la Argentina al mundo. Actores, lógicas y dinámicas. *In*: FORNILLO, B. (ed.), **Geopolítica del Litio**. Industria, Ciencia y Energía en Argentina. CLACSO, Buenos Aires, 2015.

## CAPÍTULO 19

# ENERGIA EÓLICA NA ARGENTINA: DISTRIBUIÇÃO LOCAL

---

*Fernando Tilca<sup>1</sup>*

*Juan Francisco Mathisson Malvasio<sup>2</sup>*

### Resumo

Este estudo apresenta um zoneamento para a instalação de parques eólicos em regiões da Argentina, desde o centro do país até o extremo sul, onde há o recurso eólico necessário para isso; como resultado, pode-se inferir uma proposta que poderá ser considerada em um novo planejamento de distribuição elétrica para a produção industrial do país. Em primeiro lugar, trabalhamos com locais particulares onde o autor projetou em virtude de seu trabalho como avaliador de parques eólicos naqueles locais, para os quais havia a disponibilidade de dados medidos. Com este trabalho, determinou-se a produção anual de energia de um parque eólico para as probabilidades de excedências P50 a P99. Os resultados obtidos são: fator de capacidade, velocidade média anual do vento a uma altura de 100 m acima do solo e a porcentagem da contribuição de energia elétrica em relação ao total, que podem ser obtidos de cada zona para uma unidade de medida de parque eólico de 1 GW.

**Palavras-chave:** Planejamento energético. Parques eólicos. *Siting*. Zoneamento. Modelos de previsão.

### Introdução

A Argentina tem uma distribuição demográfica que pode ser descrita como pouco racional ou contrária ao seu próprio desenvolvimento harmonioso e inclusivo. Isso resulta de decisões políticas do século XIX que visavam extrair matérias-primas de todo o país para Buenos Aires, para serem exportadas; com o passar da história, também foram criados portos no rio Paraná, especialmente na cidade de Rosário, destinados principalmente à exportação da produção agrícola, principalmente de

---

1 Universidade Nacional de Salta, Salta, Argentina. [fertilca@gmail.com](mailto:fertilca@gmail.com)

2 Universidade Tecnológica, Centro Sul, Uruguai.

produtos primários. Fatos esses, promovidos por um setor social privilegiado, com poder político e econômico e reduzido em número de pessoas em relação ao restante da população, ou seja, uma oligarquia. A referida oligarquia apoderou-se das terras em tempos de formação da Pátria, então, apoiada pelos novos proprietários e arrendatários de grandes latifúndios de terras férteis dos chamados Pampas Úmidos, trouxe como consequência a concentração do poder econômico e financeiro que dominam os meios de comunicação hegemônicos, com ramificações para os demais poderes do Estado, que dificultam qualquer tentativa de governos que tenham como objetivo o bem-estar da população.

No entanto, houve períodos de governos que defenderam os interesses soberanos do país, promovendo o desenvolvimento industrial, o mercado interno e a justiça social, nos quais se formaram e se fortaleceram organizações populares que se mantiveram ao longo do tempo, dando uma característica própria ao país.

O desenvolvimento industrial realizado ao longo do século XX foi realizado principalmente na chamada Grande Buenos Aires (que inclui a cidade de Buenos Aires), a qual concentra 39% da população do país, e nas cidades de Rosário e Córdoba com suas áreas de influência. A consequência lógica do que foi descrito é que o consumo de energia está concentrado nesses locais ([Quadro 1](#)), com uma distribuição de redes elétricas que até 2011 era radial com o centro nos pampas úmidos. A partir desse ano, por um lado, entram em funcionamento no Sistema Interligado as linhas de alta tensão em forma de malhas, que permitem a várias províncias dispor de uma potência elétrica elevada que antes não possuíam e, por outro lado, integra-se o Sistema Interligado, o Sistema Patagônico, de modo que quase todo o país está integrado ao sistema de distribuição de eletricidade (exceto a Província da Terra do Fogo, que inclui ilhas e o setor Antártico). A construção e comissionamento de parques eólicos e fotovoltaicos, levou a potência instalada de fontes renováveis a 10% da potência total instalada ([Quadro 1](#)), enquanto a geração de eletricidade de fontes renováveis é de 9,5% do total (131.300 GWh/ano), conforme dados do CAMMESA de outubro de 2020 ([Quadro 1](#)). As usinas hidrelétricas de até 50 MW são consideradas renováveis.

**Quadro 1 - Potência de energia elétrica total instalada e potência de energia de fontes renováveis, por região**

Região	Potência GW	%	Eólica		Fotovoltaica		Hidro MW	Bio MW	Total MW	%
			MW	%	MW	%				
Grande Buenos Aires	7,96	19,3								
Província de Buenos Aires	7,97	19,3	1124	42,8						
Comahue	7,09	17,2	253,2	9,7			32	0		
NOA	3,97	9,6	158,2	6	492,5	64,9	119	72		
Litoral	3,74	9,1					2	10		
Centro	3,27	7,9	127,8	4,9	61,2	8,1	116	30		
NEA	3,09	7,5						74		
Cuyo	2,00	4,9			205,3	27,0	184			
Patagonia	2,11	5,1	960	36,6			47	0		
Total	41,2	100	2623,2	6,4 <sup>(1)</sup>	759	1,8 <sup>(1)</sup>	500	186	4068	10 <sup>(1)</sup>
(1) Relacionado ao total instalado										

Fonte: Elaboração própria baseado em dados da CAMMESA<sup>3</sup>.

Talvez a principal desvantagem da fonte eólica seja sua intermitência. A demanda varia de forma previsível em períodos diários e sazonais, mas há um componente imprevisível devido a variações de carga imprevistas. Para compensá-las, é necessária uma capacidade de geração adicional para atender a essas variações, que deve estar disponível em todos os momentos. Os geradores dentro de um sistema elétrico têm diferentes funções na curva de demanda: alguns são usinas de carga básica, como as nucleares (Atucha, Rio Tercero); outros, como os de fonte hidráulica ou fóssil, são mais ágeis em termos de resposta a flutuações e tempos de partida. A introdução de geração através de parques eólicos pode aumentar a necessidade de reservas, devido à intermitência natural do vento. O impacto da variabilidade da energia gerada pelo parque eólico pode passar de insignificante a muito significativo, dependendo do nível de penetração na rede e da intermitência do vento.

No Sistema de Interconexão Argentino (SADI), a Empresa Administrativa do Mercado Atacadista de Energia Elétrica Sociedad Anónima (CAMMESA) solicita às usinas geradoras uma previsão de pelo menos 24 horas de antecedência, indicando quanto poderão gerar hora a hora, para planejar o despacho e a potência efetivamente

3 <https://cammesa.com.ar>

a ser adicionada à rede, bem como a potência disponível para começar a gerar quando o consumo do país assim o exigir. Nesse ponto, as usinas eólicas devem enfrentar um desafio muito diferente das usinas hidráulicas, nucleares ou térmicas, devido ao comportamento aleatório do vento (TILCA, 2013). Por lei, a energia gerada por fontes renováveis tem prioridade na injeção de rede na Argentina. Por essa razão, a previsão da produção de energia dos parques eólicos é importante. Dessa forma, veremos uma descrição de como realizar esse trabalho.

## Previsão eólica

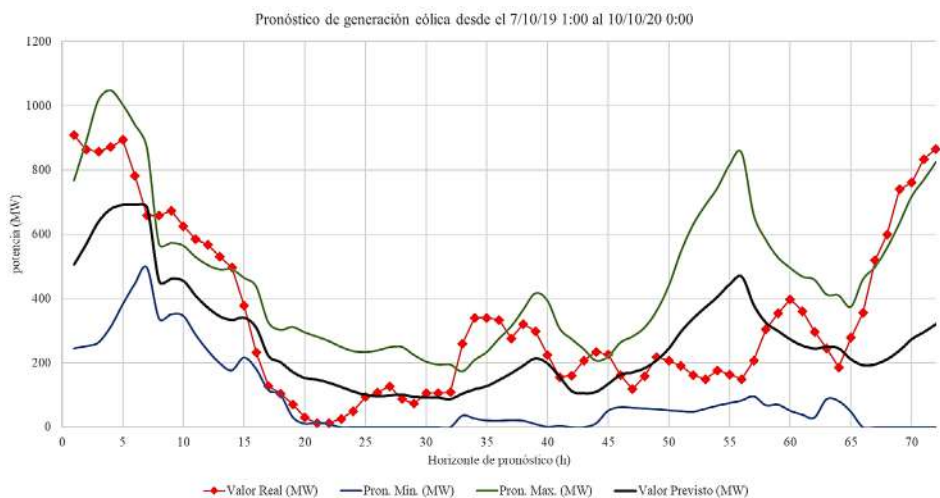
Dois dos maiores desafios para o futuro da energia eólica são os problemas de intermitência eólica e disponibilidade da rede, para os quais a gestão operacional da transmissão e distribuição tem sido posta à prova devido à reestruturação do mercado elétrico, segurança das empresas e integração de novas tecnologias como a energia eólica (GEOGILAKIS, 2008). Com a atual distribuição de geração e consumo na Argentina, o melhor recurso eólico disponível encontra-se na Patagônia, ou seja, em áreas distantes de carga, que fica no centro do país, como Buenos Aires, Rosário, Córdoba, Santa Fé; até onde a geração de eletricidade deve ser transportada, para isso precisaria da construção de linhas de transmissão, o que não é considerado muito razoável; assim, mais adiante neste capítulo é feita uma proposta nesse sentido. Em um determinado tamanho do sistema elétrico, a capacidade de geração mista proporciona flexibilidade ao próprio sistema, o que, somado às variações da própria carga, tem efeito em termos de produção intermitente que o sistema pode assimilar (GEOGILAKIS, 2008). No entanto, observando as características particulares da Argentina, como visto, um recurso eólico abundante na região patagônica e uma demanda significativa de energia elétrica no centro do país, é contrário ao que afirma Geogilakis (2008): “Se a proporção da produção de energia intermitente é pequena e a produção de energia eólica está bem dispersa por todo o país e se correlaciona com a carga, então é mais fácil integrar a energia eólica ao sistema elétrico nacional”.

Existem pelo menos 4 horizontes de intermitência: curtíssimo prazo, curto prazo, médio prazo e longo prazo. O curtíssimo prazo refere-se à variação da intermitência de segundos para minutos para frente, e seu impacto é amortecido com maior controle de regulação no próprio aerogerador. Nesse espectro de tempo, a regulação e controle instantâneo da produção é o principal, na adaptação da produção à demanda, a tecnologia da máquina tem um impacto significativo: controle instantâneo de passo, geradores de dupla alimentação (DFIG - *Doubly Feed Induction Generator*, onde o inversor fornece instantaneamente a frequência do campo magnético rotativo ao rotor, compensando assim a frequência da rede, com o estator conectado diretamente à rede), que, diante de uma mudança instantânea de carga (ou vento, como uma rajada), sua frequência é ajustada imediatamente e então o sistema de *pitch* (controle ativo das pás do rotor) ajusta o ângulo de ataque, otimizando o ponto de operação variando o

torque de giro. Se observado do ponto de vista da gestão de um Sistema Interligado (Rede), o impacto no aumento das reservas que devem ser fornecidas pelas usinas convencionais devido a variações de curtíssimo prazo é pequeno. A previsão de curto prazo é uma subclasse da previsão de produção de energia eólica. A escala de tempo a que se refere o termo *curto prazo* é da ordem de alguns dias, para um horizonte de previsão, e de minutos a horas, os intervalos de previsão; ou seja, pode-se prever as próximas 48 horas (horizonte de previsão) a cada 1 hora (intervalo de previsão; *time-step* em inglês) (COSTA *et al.*, 2008).

Um exemplo de previsão de um horizonte de 72 horas e um intervalo de tempo de 1 hora pode ser visto na [Figura 1](#). O valor de previsão central (linha preta) está associado a um valor de previsão mínimo (linha azul inferior) e de previsão máxima (linha verde), que, para o período de selecionado como exemplo, os valores reais de produção são apresentados em vermelho.

**Figura 1 - Previsão de geração eólica no Uruguai (todo o país) de 07/10/2019 a 10/10/2019**



Fonte: De autoria própria com base na UTE (Uruguai, [20 --]).

A referida previsão é fornecida para 72 horas (horizonte de previsão) e intervalo de previsão de 1 hora. Pinson *et al.* (2008) discutem o valor agregado que a previsão da produção de energia eólica tem em um ambiente de mercado, mostrando como as estimativas de incerteza associadas aumentam esse valor. No referido trabalho, dentro das conclusões é citado que a previsão do vento é de interesse dos geradores (parques eólicos) na participação dos mercados de energia elétrica (como o mercado spot); porém, devido ao fato de que a previsão de produção de energia elétrica a partir da geração eólica contém uma parte inerente de incerteza e que, por sua vez, seu nível de precisão não tem uma melhora significativa em um futuro próximo, sempre haverá custos de regulação induzidos por erros de previsão (PINSON *et al.*, 2008).

Pode-se dizer que o objetivo é a previsão da produção do parque eólico direta ou indiretamente, onde primeiro se estima o comportamento do vento (velocidade) e depois se converte em energia (curva de potência do aerogerador); sendo a previsão a curto prazo orientada principalmente para o já referido mercado spot, e também para a gestão e planejamento das tarefas de manutenção, para os interesses dos operadores de sistema, empresas de eletricidade e promotores de parques eólicos (COSTA *et al.*, 2008). Dado o exposto, percebe-se que a previsão eólica, dependendo da penetração da geração eólica na matriz energética nacional, tem impacto não apenas nos benefícios e lucros dos investimentos em parques eólicos, como melhor acesso aos preços do mercado spot, planejamento mais direcionado para a menor perda de produção devido a paradas (em alguns países com determinadas regulamentações penalizando desvios da injeção na rede) e redução das referidas penalizações; mas também é importante para todo o sistema energético como um todo, pois as flutuações na geração eólica causam preocupações nos operadores dos sistemas de distribuição de energia elétrica, pois as variações na produção dos parques eólicos obrigam as centrais elétricas convencionais a fornecerem variações compensadoras para manter o equilíbrio do sistema, fazendo com que as centrais elétricas convencionais se desviem dos pontos de operação escolhidos para minimizar o custo total da operação de todo o sistema. As preocupações dos operadores são agravadas pelo fato de que as centrais elétricas convencionais geralmente estão sob seu controle e, portanto, são despacháveis, enquanto as usinas eólicas não são controladas por eles, mas pela natureza (GEOGILAKIS, 2008). A previsão de vento de curto prazo não é uma abordagem dos últimos anos, no relatório final realizado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, especificamente pelo *Pacific Northwest Laboratory* (NOTIS *et al.*, 1983), é mencionado que quando o uso de grandes turbinas eólicas por usinas elétricas se tornar mais frequente, as penetrações significativas dos geradores de turbinas eólicas (WTGs) nas redes elétricas de serviços públicos introduzirão uma maior variabilidade minuto a minuto na geração de energia em relação às usadas no passado.

A potência eólica disponível que atravessa uma determinada área (área do rotor) é proporcional à terceira potência da velocidade do vento, portanto, pequenas variações na velocidade do vento produzem variações importantes na potência gerada. A previsão do tempo de variáveis climatológicas como vento, temperatura, umidade, entre outras, passa a ter (principalmente da velocidade do vento) importância estratégica econômica, de segurança energética e de gestão. Com a incorporação do vento ao mix de geração, o comprometimento eficiente da unidade e o despacho só podem ocorrer se a disponibilidade de energia eólica for conhecida. A principal preocupação é a confiabilidade das previsões de vento produzidas para as operações do WTG (NOTIS *et al.*, 1983). A técnica de previsão é a mais adequada para incorporação nas previsões de carga diária dos serviços públicos para reduzir a capacidade de geração de reservas que poderiam ser programadas para suprir a geração eólica flutuante (IBID, 1983).

Os modelos de previsão podem ser classificados de acordo com a inclusão, ou não, de um modelo de previsão climatológica numérica (*Numerical Weather Prediction* – NWP). No caso da previsão de curto prazo (*short-term*), existem duas metodologias: física ou estatística. Na abordagem física, o objetivo é utilizar considerações físicas (orografia, rugosidade, altura do eixo etc.) para estimar da melhor forma possível o vento local para, assim, com a curva de potência do aerogerador estimar a potência de saída. A abordagem estatística busca encontrar correlações entre um grande número de variáveis que incluem os resultados do NWP com os valores medidos de produção do parque eólico, usando técnicas recursivas, contudo, em nenhum momento o modelo estatístico faz uma consideração física (GIEBEL *et al.*, 2004).

A Previsão Climatológica Numérica (NWP) normalmente cobre uma área de vários milhares de quilômetros, onde o tamanho da grade está na faixa de 5 a 25 km de lado. Seus resultados não são analíticos e as entradas (insumos) para os mesmos vêm de dados meteorológicos de satélites, sinóticos de todo o mundo, entre outros. O modelo NWP normalmente é executado a cada 6 horas e gera previsões para 48 horas, ou seja, é atualizado, e essa atualização, quando incluída na previsão eólica, a melhora (LANDBERG; GIEBEL, 2003). A combinação de ambas as abordagens (estatística e física) são utilizadas para melhorar o horizonte de previsão, tanto nas primeiras horas, como nas horas mais distantes.

O modelo de escala mundial de NWP, ao fazer uma previsão a cada 6 horas para determinados pontos do globo, permite ao interessado conhecer a previsão de produção de energia de um parque eólico, escolhendo o ponto de previsão mais próximo e conveniente (NWP) para aquele parque. Por sua vez, o parque eólico tem um recorde histórico de produção. Esse registro histórico de produção será utilizado para treinamento do modelo, que será realizado através da busca de correlações entre o NWP e as variáveis de produção (por exemplo, potência gerada). Nos últimos anos, as técnicas de análise de dados usando redes neurais têm avançado (COSTA *et al.*, 2008) permitindo o aprendizado do modelo adequado para cada situação particular e também melhorando a precisão no horizonte de previsão. Esses modelos de previsão requerem uma série de dados de entrada, para modelos físicos, por exemplo, é necessário o projeto (*layout*) do parque eólico, levando em consideração a dependência direcional dos efeitos de esteira entre aerogeradores, as curvas de potência, com a finalidade de relacionar a velocidade do vento com a potência gerada. Por sua vez, as medições de produção do parque eólico são insumos para o treinamento do modelo. Informações do local, como topografia, rugosidade e/ou obstáculos, são necessárias para modelos em meso e microescala (LANDBERG; GIEBEL, 2003). No caso de modelos em microescala, que estão localizados na escala de dezenas de metros, são necessárias soluções de Fluidodinâmica Computacional (CFD).

O processo de cálculo que é realizado a partir do NWP mais próximo do Parque Eólico, levando em consideração as condições locais (topografia, rugosidade, entre



outras), as características dos aerogeradores (altura do eixo), permitindo a modelagem da curva de cisalhamento (*windshear*), até o parque eólico e até cada máquina, é chamado de *downscaling*. Costa *et al.* (2008) identificaram uma necessidade urgente de se ter melhores ferramentas operacionais, tais como: a adoção de padrões que permitam medir o desempenho dos modelos, melhorar a precisão dos modelos atuais, melhorar a precisão dos métodos *downscaling*, novas abordagens em terrenos complexos que contemplam, por exemplo, modelos mais precisos de turbulência, entre outros.

## Metodologia para determinar a produção de energia

Para este estudo, optou-se por uma altura de eixo do aerogerador de 90 m, por se tratar de uma altura para a qual não há problemas de montagem no país (deve-se notar que a maioria dos parques eólicos instalados nos últimos anos possuem aerogeradores com altura do eixo superior a 100 m). A velocidade média do vento (VMED), nessa altura, é determinada usando-se o mapa eólico nacional<sup>4</sup>, dados que são usados para determinar o fator de capacidade (Fc) dos parques eólicos em diversos locais, e a Produção Anual de Energia (PAE) para a probabilidade de excedência P90, para cada GW de potência instalada na área de influência. Vale lembrar que um P90 significa que há 90% de probabilidade de se obter pelo menos essa quantidade de energia gerada pelo parque eólico; essa probabilidade de excedência inclui perdas técnicas e incertezas. A P50 (que inclui apenas as perdas técnicas), significa que há 50% de probabilidade de se obter pelo menos essa quantidade de energia gerada pelo parque eólico. Trabalhamos com valores de perdas técnicas de 8% e incertezas de 12%. Assim, seguimos os seguintes passos:

- Baseando-se em projetos de parques eólicos, realizados no momento da sua avaliação, obteve-se o fator de capacidade (Fc) para as diferentes probabilidades de excedência, ou seja, contamos com os valores de Fc calculados com base nos dados reais medidos. O Fc correspondente a P50 será utilizado para uma comparação com o Fc\* (explicado no próximo parágrafo).
- Para esses parques eólicos é calculado o Fc\*, o qual foi obtido por um dos autores na sua tese de doutoramento, que se baseia na velocidade média no local (VMED) e na velocidade nominal do aerogerador a ser utilizado (VNOM). Para esse cálculo usamos a seguinte equação:

$$Fc^* = 0.6891(V_{MED}/V_{NOM})^3 - 0.9856(V_{MED}/V_{NOM})^2 + 1.4285(V_{MED}/V_{NOM}) - 0.257 \quad (1)$$

Conforme mostrado no [Quadro 2](#), o Fc\* difere em menos de 1% do Fc da P50.

---

4 <https://sigecolico.energia.gob.ar>

**Quadro 2 - Fc dos parques eólicos com dados medidos, e Fc\* obtido com a equação (1), para altura do cubo indicada na 2ª coluna do referido quadro**

Parque eólico / Localização	Altura do cubo (m)	V <sub>MED</sub> (m/s)	V <sub>NOM</sub> (m/s)	F <sub>CP50</sub> (%)	Fc* (%)
BAJO HONDO / Prov. de Buenos Aires	80	8,8	12	52	53,2
RAWSON III / Prov. de Chubut	80	8,29	12	48,4	48,7
EGAL / Prov. de Chubut	67	9,06	14	44,7	44,1

Fonte: De autoria própria

Em outras palavras, pode-se admitir que considerar o Fc\* equivalente ao Fc da P50 é razoável. Isso será feito para esses mesmos locais, na altura do cubo de 90 m, conforme explicado abaixo.

- A velocidade média a uma altura de 90 m, V<sub>2</sub>, é calculada usando a equação (2); V<sub>1</sub> é a velocidade na altura H<sub>1</sub>, medida. Lembremos que temos o expoente de rugosidade alfa das medições feitas:

$$V_2 = V_1 (H_2/H_1)^\alpha \quad (2)$$

A Fc\* de cada um desses 3 locais é determinada para a altura do cubo igual a 90 m ([Quadro 3](#)).

**Quadro 3 - Fc\* calculado a uma altura do cubo de 90 m**

Parque eólico / Localização	Altura do cubo (m)	V <sub>MED</sub> (m/s)	V <sub>NOM</sub> (m/s)	Fc*
BAJO HONDO / Prov. de Buenos Aires	90	9.06	12	55.6
RAWSON III / Prov. de Chubut	90	8.52	12	50.7
EGAL / Prov. de Chubut	90	9.66	14	48.6

Fonte: De autoria própria

Em seguida, calcula-se o Fc\* (correspondente a P50) a uma altura de 90 m, para outros locais, onde a velocidade média do vento é obtida do “SIG Eólico nacional”.

- Para calcular o Fc correspondente a P90, utiliza-se a seguinte equação:

$$F_{CP90} = F_{CP50} \cdot (1 - 1.282 \cdot Inc) \quad (3)$$

Onde: F<sub>CP50</sub>: Fator de capacidade correspondente a um PAE P50, é o Fc\* mencionado acima.

Inc: valor da incerteza, como dito anteriormente, é 12% nesse caso, ou seja, 0,12.  
 Fp: Fator de desconto correspondente à Probabilidade de Excedência escolhida. Como a P90 foi escolhida, corresponde a um valor de 1,282, conforme indicado no [Quadro 4](#).

**Quadro 4 - Fator Fp de acordo com a probabilidade de excedência**

Probabilidade de Excedência (%)	Fator Fp
50	0,00
75	0,674
84	1,00
90	1,282
99	2,326

Fonte: De autoria própria

- Para calcular a PAE correspondente à P90, para um parque eólico com 1 GW de potência instalada, é utilizada a equação resultante da definição do  $F_{CP90}$ :

$$PAE(P90) = F_{CP90} * 8760 \text{ (horas/ano)} * 1000 \text{ MW instalado} \quad (4)$$

## Locais considerados

Com os dados sobre vento a serem obtidos do mapa eólico nacional, foram escolhidos para este estudo os locais na latitude 33° ao sul. Isso se baseia nos valores da velocidade média anual do vento, o que não significa que mais a norte dessa latitude não existam locais aptos para a energia eólica (na verdade, existem parques eólicos em funcionamento muito mais ao norte, como na província de La Rioja, por exemplo), mas é claro que, na Argentina, essa velocidade do vento é menor para latitudes mais baixas. A [Figura 2](#) mostra as áreas escolhidas, com as coordenadas, temperatura média anual e velocidade média anual do vento ( $V_{média}$ ) a 90 m acima do solo.

## Determinação da produção anual de energia

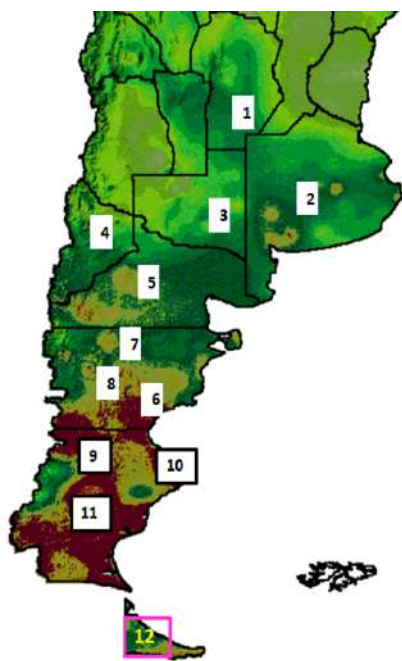
Nos locais indicados, obtém-se a Produção Anual de Energia (PAE) para as probabilidades de excedência P50 e P90, para cada Gigawatt (GW) de potência instalada no parque eólico, para uma altura de eixo do aerogerador de 90 m. Para isso, determina-se primeiro o  $F_c^*$  e depois o  $F_c$  correspondente à PAE P90, sendo indicados os valores de perdas técnicas e incertezas (8 e 12%, respectivamente). Os resultados são apresentados no [Quadro 5](#), cuja última coluna indica a % da PAE que cada parque geraria em relação ao total consumido no país, considerando o valor gerado por todas as fontes no ano de 2019, que foi de 131.300 GWh.

**Quadro 5 - Fator de capacidade P50 e P90, PAE correspondente a P90 e % do total de energia elétrica consumida pelo país em 2019**

Local	Vm (m/s)	Vm/Vnom	Fc* %	F <sub>CP90</sub> %	PAE P90 (GWh) por cada GW instalado	% do total
1. Córdoba	8,5	0,71	50,52	42,8	3745	2,85
2. Buenos Aires	9,1	0,76	56,00	47,4	4151	3,16
3. La Pampa	7,8	0,65	44,44	37,6	3294	2,51
4. Neuquén	8,3	0,69	48,76	41,3	3614	2,75
5. Río Negro	9,1	0,76	56,00	47,4	4151	3,16
6. Chubut	11,0	0,85	66,35	56,1	4918	3,75
7. Chubut	9,0	0,75	55,07	46,6	4082	3,11
8. Chubut	10,9	0,84	65,40	55,3	4848	3,69
9. Santa Cruz	11,8	0,91	74,29	62,9	5507	4,19
10. Santa Cruz	13,0	1,00	87,50	74,0	6486	4,94
11. Santa Cruz	12,0	0,92	76,38	64,6	5662	4,31
12. Tierra del Fuego	11,3	0,87	69,26	58,6	5134	3,91

Fonte: De autoria própria

**Figura 2 - Locais – regiões selecionadas e seus dados. A velocidade média (V<sub>média</sub>) do vento está a 90 m acima do solo**



Nº	Provincia	Lat. Sur Lon. Oeste	msnm	T <sub>média</sub> °C	V <sub>média</sub> m/s
1	Córdoba	33.302° 64.714°	556	16	8.5
2	Buenos Aires	38.768° 61.873°	80	14	9.1
3	La Pampa	37.345° 61.85°	240	14	7.8
4	Neuquén	38.943° 69.19°	594	11	8.3
5	Río Negro	40.272° 64.988°	140	13	9.1
6	Chubut	45.930° 67.614°	152	10	11
7	Chubut	43.11° 66.595°	168	11	9
8	Chubut	44.142° 69.385°	272	10	10.9
9	Santa Cruz	46.547° 69.827	538	7	11.8
10	Santa Cruz	47.142° 66.091°	124	9	13
11	Santa Cruz	49.797° 71.272	530	5	12
12	Tierra del Fuego	54.797° 66.086°	162	5	11.3

Fonte: De autoria própria com base em dados do SIG Eólico.

Em locais onde a velocidade média anual do vento é superior a 10 m/s, que são locais com vento de classe especial de acordo com a norma IEC 61400-1, em que os aerogeradores devem ser muito robustos para suportar as tensões estruturais causadas por essa classe de vento, são consideradas máquinas com velocidade nominal de 13 m/s, enquanto, em outros locais, onde o vento é classe I ou II, considera-se uma velocidade nominal dos moinhos de 12 m/s. Um parque eólico com 1 GW de potência instalada, com aerogeradores de 3 MW, respeitando integralmente as recomendações de distâncias, espaços para vias internas, escritórios, subestação transformadora etc., pode ocupar cerca de 370 km<sup>2</sup>. As áreas, em cada um dos locais especificados, que têm velocidades médias de vento semelhantes ou superiores são, obviamente, muito maiores.

## Comentários

A primeira leitura que surge do [Quadro 4](#) é que os locais com maior Fc e, conseqüentemente, maior Produção Anual de Energia por meio de parques eólicos, estão na Patagônia (Santa Cruz, Tierra del Fuego, Chubut, Rio Negro), seguidos pelo da Província de Buenos Aires. Nesse último, encontram-se atualmente instalados parques eólicos com potência total superior a 1 GW. Nessa área também se concentra a maior parte do consumo industrial e da concentração populacional (53 hab/km<sup>2</sup>). Em outras palavras, é razoável que a potência eólica instalada seja grande, mas essa potência pode ser multiplicada várias vezes, dadas todas as características da área, como demanda por energia, existência de redes de distribuição de energia elétrica, localização de fábricas de componentes de aerogeradores e características do vento.

Entretanto, na Patagônia, a densidade populacional é muito baixa (da ordem de 2 hab/km<sup>2</sup>) e, embora existam indústrias que necessitam de eletricidade nas cidades de Puerto Madryn e Comodoro Rivadavia (Chubut), o restante dessa vasta região conta com poucas ou nenhuma outra indústria. Além disso, a Patagônia possui fontes fósseis abundantes, principalmente gás e petróleo, o que permitiria a geração de eletricidade em grandes quantidades por meio de parques eólicos com suporte suficiente através da geração térmica fóssil. Isso provavelmente indicaria que, no planejamento energético, deveria ser considerada a instalação de grandes centros industriais na Patagônia. Isso economizaria milhares de quilômetros de linhas de alta tensão para transportar essa energia aos pampas úmidos. Além disso, seria relevante conduzir um estudo cuidadoso do recurso hídrico nessa área, dado que é aparentemente escasso.

É muito importante ter em mente que, em um planejamento energético racional, na Argentina, seus grandes depósitos de petróleo e gás não convencional e convencional são fontes que não podem ser ignoradas, especialmente se levarmos em conta que esse país gera 0,5% dos gases de efeito estufa (GEE) em nível global, assim, se todas as termelétricas a combustível fóssil fossem desligadas, se toda a frota de veículos

fosse parada, se todos andássemos a cavalo ou de bicicleta, o planeta não perceberia. Portanto, uma consequência disso parece ser que a geração ou não de GEE não deve ser um fator condicionante importante em termos da fonte de energia a ser utilizada.

As considerações sobre o tipo de fonte de energia podem ser outras, como:

- As fontes de energia existentes em cada região. A energia eólica está presente nos locais indicados neste capítulo, juntamente com o combustível fóssil para o suporte necessário.
- A fonte solar é muito abundante no noroeste e oeste do país, desde Salta e Jujuy até Mendoza. Novamente, não parece razoável levar eletricidade a grande dessa área para os pampas úmidos, mas o racional pode ser a instalação de áreas industriais com consumo correspondente, nessa extensa área de abundante radiação solar.
- A geração de energia elétrica através de fontes renováveis, traz consigo o desenvolvimento tecnológico necessário para a fabricação e instalação de parques eólicos e fotovoltaicos, com consequente criação de empregos e melhoria da qualidade de vida em áreas que possam estar economicamente deprimidas.

Na Argentina, é muito provável que a questão mais importante do planejamento energético esteja relacionada com o que se pretende em termos de uso da fonte fóssil. Nesse setor, as melhores políticas têm relação com a continuação do que foi iniciado pelo general Mosconi em 1922, que à frente da YPF iniciou a produção, processamento, transporte e comercialização de petróleo, ou seja, pensou a YPF como um motor de desenvolvimento não somente do petróleo, mas também da indústria argentina, com a maioria dos insumos necessários de fabricação nacional, acompanhando essas políticas com o desenvolvimento do conhecimento para ter soberania tecnológica<sup>5</sup>. Com esse objetivo, criou-se em 2013 o Y-TEC, composto por um pacote acionário de 51% da YPF e 49% do CONICET. Se esse objetivo não for alcançado, corre-se o risco de continuar com a importação de serviços e conhecimentos.

Nesse mesmo sentido, é que, no caso da instalação de parques eólicos, deve-se levar em consideração a fabricação da maioria dos componentes dos aerogeradores no país, pois quando o insumo ou capital é de fabricação nacional, há uma criação de valor agregado que implica em capital, capacidade empresarial, demanda por insumos locais e emprego de mão de obra de pessoas que podem estar desempregadas; portanto, é um benefício social. Essa geração de valor agregado deve ser considerada

---

5 Entre 1927 e 1928, Mosconi percorreu a América Latina relatando a experiência argentina com combustíveis fósseis, promovendo a integração de esforços em matéria de petróleo. Defendeu a nacionalização desses recursos, o monopólio estatal absoluto em sua extração e exploração, a necessidade dos países latino-americanos tomarem medidas coordenadas com relação ao assunto e a promulgação de leis relacionadas aos recursos naturais que sejam vantajosas aos interesses dos estados nacionais. A influência dessa doutrina teve impacto no México, Brasil (CNP), Uruguai (ANCAP), Bolívia (YPFB) e Colômbia.

como um acréscimo a favor do projeto que apresentar a maior quantidade de fabricação de insumos para aerogeradores em nível local, nacional ou de Mercosul. Nesse sentido, existem estudos realizados por alguns governos provinciais (GOBIERNO DE MENDOZA, [2016](#)).

## Conclusões

A fonte eólica existe em grande parte da Argentina e, embora algumas regiões estejam fazendo progressos razoáveis em seu uso, como a província de Buenos Aires, existem vastas regiões, especialmente na Patagônia, nas quais o uso da energia eólica para geração de eletricidade ainda é muito baixo em relação ao seu potencial, principalmente por dois motivos: nessas regiões a demanda por energia elétrica é muito baixa e as linhas de distribuição de energia elétrica de alta tensão que levam energia para a área de alta demanda, que é o pampa úmido, já estão ocupadas por parques eólicos existentes.

Na vasta região patagônica, os fatores de capacidade dos parques eólicos calculados neste capítulo são os mais altos, também há petróleo e gás que podem ser usados para usinas termelétricas convencionais que são necessárias para o suporte e estabilidade da rede, mas não há uma alta demanda por energia eletricidade industrial, comercial ou residencial. Diante dessa situação, poderia ser incentivada a instalação de centros industriais na Patagônia, com a geração de eletricidade, principalmente a geração a partir da energia eólica, além disso, a melhoria dos métodos de previsão de geração de energia elétrica a partir da energia eólica (recursos para pesquisa e desenvolvimento), com horizontes que permitam uma gestão eficiente entre geração e despacho (colocando as usinas convencionais em operação diante do aumento da demanda ou ventos calmos), poderia possibilitar o uso de um recurso energético disponível e de grande abundância na Patagônia. Essas ações implicariam em mudanças sociais e econômicas consideráveis, pois seria uma medida que poderia, inclusive, promover certa tendência à modificação da distribuição demográfica do país, o que seria altamente benéfico de várias maneiras, já que ter 39% da população do país na Grande Buenos Aires é irracional sob muitos pontos de vista.

## Referências

- COSTA, A.; CRESPO, A.; NAVARRO, J.; LIZCANO, G.; MADSEN, H.; FEITOSA, E. A review on the young history of the wind power short-term prediction. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, n. 6, p. 1725-1744, 2008.
- GEORGILAKIS, P. S. Technical challenges associated with the integration of wind power into power systems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, n. 3, p. 852-863, 2008.
- GIEBEL, G.; BROWNSWORD, R.; KARINIOTAKIS, G. **The state-of-the-art in short-term prediction of wind power**. A literature overview. Version 1.1, 2004.

- GOBIERNO DE MENDOZA. **Consideraciones sobre el Componente Nacional Declarado en el RenovAr** – Proyectos de generación Eólicos y Fotovoltaicos. Ciudad de Mendoza: Ministerio de Economía, Infraestructura y Energía, 2016. Disponível em: <http://www.melectrico.com.ar/web/pdfs/Mendoza-trabajo%20Renovar.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2022.
- LANDBERG, L.; GIEBEL, G.; NIELSEN, H. A.; NIELSEN, T.; MADSEN, H. Short-term prediction—an overview. *Wind Energy: An International Journal for Progress and Applications in Wind Power Conversion Technology*, v. 6, n. 3, p. 273-280, 2003.
- NOTIS, C.; TRETTEL, D. W.; AQUINO, J. T.; PIAZZA, T. R.; TAYLOR, L. E.; TRASK, D. C.; MILLER, A. H. **Learning to forecast wind at remote sites for wind energy applications**. Final report (No. PNL-4318). Pacific Northwest Lab., Richland, WA (USA), 1983.
- PINSON, P.; CHEVALLIER, C.; KARINIOTAKIS, G. N. Trading wind generation from short-term probabilistic forecasts of wind power. *IEEE Transactions on Power Systems*, v. 22, n. 3, p. 1148-1156, 2007.
- TILCA, F. **Tesis doctoral**, Biblioteca del INENCO, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta, Argentina.
- TILCA; G. LAZARTE; S. SÁNCHEZ; H. MATTIO. Predicción de generación eléctrica en parques eólicos. *Acta, XXXVI Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente*, v. 1, p. 06.99-06.103, 2013, Argentina. ISBN 978-987-29873-0-5.
- URUGUAI. **Pronóstico de Generación Eólica**. In: ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE USINAS Y TRANSMISIONES ELÉCTRICAS DEL ESTADO. [20--]. Disponível em: <https://apps.ute.com.uy/SgePublico/ConsPrevGeneracioEolica.aspx>. Acesso em: 11 jun. 2022.



## CAPÍTULO 20

# TRANSIÇÃO ENERGÉTICA E PRODUÇÃO DE LÍTIO NA ARGENTINA: PRINCIPAIS DEBATES E DESAFIOS PARA A GESTÃO DA ÁGUA EM UM CONTEXTO DE ESCASSEZ HÍDRICA

---

*Walter F. Díaz Paz<sup>1</sup>*

*Melisa L. Escosteguy<sup>1</sup>*

*Araceli Clavijo<sup>1</sup>*

*Lucas Seghezzeo<sup>1</sup>*

*Martín Iribarnegaray<sup>1</sup>*

### Resumo

O lítio é considerado um mineral estratégico por ser um elemento crítico para a produção de tecnologias “verdes” destinadas a contribuir para a atual transição energética. A necessidade de ter grandes quantidades de lítio está exercendo forte pressão sobre as altas salinas andinas da Argentina, onde surgiram alguns conflitos socioambientais ligados ao consumo de água e à produção de lítio. O objetivo deste trabalho foi identificar quais são os debates acadêmicos atuais sobre a produção de lítio em salinas e o consumo de água durante o processo. Para isso, foi realizada uma coleta seletiva de artigos científicos, os quais foram analisados e classificados de acordo com o tema abordado. Os principais resultados indicam que as preocupações com a gestão da água na mineração de lítio na Argentina estão sujeitas às percepções e interesses que os atores envolvidos têm em relação ao lítio, bem como ao lugar material e discursivo que ocupam na rede de produção. Na Argentina, a gestão dos recursos hídricos ainda não faz parte da agenda pública dos governos nacionais e provinciais e os desafios que se colocam a esse respeito implicam a necessidade de um trabalho conjunto entre o Estado, as comunidades, os investigadores locais e as empresas mineiras.

**Palavras-Chave:** Mineração de lítio. Nexos água-lítio. Transição energética.

---

1 Instituto de Pesquisas em Energia não Convencional (INENCO), Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas (CONICET), Universidade Nacional de Salta (UNSa), Salta, Argentina. [iribarnegarayma@gmail.com](mailto:iribarnegarayma@gmail.com)

## Introdução

A década de 2010-2019 viu as temperaturas mais altas já registradas, com níveis de CO<sub>2</sub> e outros gases de efeito estufa em sua maior concentração em 2019. Os impactos atuais e potenciais das mudanças climáticas foram amplamente documentados, portanto, a necessidade de mitigá-los não pode ser adiada (IPCC, 2018). Desde a assinatura do Acordo de Paris e a publicação da Agenda 2030 das Nações Unidas, estabeleceu-se a importância de coordenar ações internacionais para manter a temperatura abaixo de 2°C acima dos níveis pré-industriais. Nesse contexto, o desafio climático apresenta-se como um desafio energético, no qual é essencial o desenvolvimento de novas tecnologias e a transição para fontes de energia mais sustentáveis (GIELEN *et al.*, 2019). Além do desenvolvimento tecnológico, a atual transição energética deve implicar em mudanças nos hábitos de consumo, aspecto ainda pouco questionado, pois não se discute a lógica das crescentes demandas pelos chamados “minerais estratégicos” (MIGNAQUI, 2019). Uma transição energética baseada apenas na substituição de fontes fósseis por fontes de energia mais limpas ou renováveis não levará à sustentabilidade global, desde que exija a extração de minerais estratégicos em grande quantidade. Alguns autores argumentam que, de qualquer forma, isso levará a uma transição energética “sustentável” no Norte Global que terá como contrapartida a criação de “áreas de sacrifício” que exacerbarão as desigualdades e iniquidades sociais, ambientais e políticas existentes no Sul Global (GEGYBC, 2019).

O lítio é considerado um mineral estratégico ou tecnológico, pois é um elemento crítico para a produção de tecnologias “verdes” destinadas a contribuir para essa transição energética (ALI *et al.*, 2019; SOVACOOOL *et al.*, 2020). O lítio é atualmente utilizado para a produção de baterias para armazenamento de energia de fontes renováveis e, em maior medida, para a produção de veículos elétricos (VE). Os VEs se posicionaram como a tecnologia dominante para reduzir as emissões no setor de transporte, uma vez que as emissões dos carros de combustão interna sozinhos representam 7% da contribuição para as emissões globais (VICTOR *et al.*, 2019). Por enquanto, a demanda futura por lítio depende da escala de VE e do conteúdo de lítio por veículo (HACHE *et al.*, 2019) e pode aumentar drasticamente com a penetração de tecnologias de baixo carbono no setor (BUCHHOLZ; BRANDENBURG, 2018). Por sua vez, a fabricação de acumuladores de energia pode ser uma alternativa tecnológica viável para a eletrificação de áreas remotas a partir de fontes renováveis intermitentes, como o sol e o vento, assim, estima-se que somente na América do Sul cerca de trinta milhões de pessoas poderão ter acesso à energia elétrica (CALVO, 2019).

Mais de 50% das reservas de lítio estão localizadas nas altas salinas andinas da Argentina, Bolívia e Chile, sendo a Argentina atualmente o quarto maior produtor de carbonato de lítio depois da Austrália, Chile e China (USGS, 2020). A produção de lítio a partir de salmouras naturais envolve o uso da técnica de evaporite, que atualmente se posiciona como a alternativa tecnológica mais conveniente (CHOUBEY *et al.*, 2016). Estima-se que entre 50 e 500 m<sup>3</sup> de água por tonelada de LCE produzida

seja perdida para a atmosfera durante o processo de concentração de evaporitos (BASPINEIRO *et al.*, 2020), a que se soma um consumo de água doce entre 5 e 50 m<sup>3</sup> por tonelada do mesmo produto (FLEXER *et al.*, 2018). Na Argentina, o lítio é produzido em territórios onde vivem comunidades nativas, que utilizam os diferentes recursos naturais existentes para sua sobrevivência (GÖBEL, 2013). Nesse contexto, a mineração de lítio representa uma forma de competição pelo uso de um recurso escasso na região, a água (TAPIA, QUIROGA; SÁNCHEZ, 2015; MIGNAQUI, 2019). As múltiplas reivindicações e conflitos socioambientais ocorridos entre os diferentes atores envolvidos na produção de lítio na Argentina (comunidades originárias, Estado, mineradoras) têm sua origem no medo das comunidades locais de um potencial esgotamento dos mananciais doces existente pela mineração de lítio (FORNILLO, 2018). No entanto, as empresas garantem que não existem tais riscos e que o lítio é um mineral sustentável porque sua produção não gera grandes pegadas de carbono e o consumo de água é insignificante em comparação com outros processos de mineração (LIVENT, 2019; OROCOBRE, 2019). Por sua vez, os governos provinciais consideram a produção de lítio como uma oportunidade para atrair investimentos e favorecem a ocorrência de processos administrativos não transparentes que permitem que as empresas de mineração avancem rapidamente nas diferentes fases de prospecção e exploração mineira (ARGENTINA; ZICARI, 2015; PUENTE; ARGENTO, 2015). Da esfera acadêmica local, algumas pesquisas destacam o potencial impacto ambiental negativo sobre os recursos hidrogeológicos da região (MIGNAQUI, 2019), mas ao mesmo tempo indicam que o conhecimento científico sobre o comportamento das salinas ainda é escasso (IZQUIERDO *et al.*, 2018; GEGYBC, 2019). Avançar nessa direção representa um grande desafio para o sistema científico argentino, pois, por um lado, em muitos casos, o acesso ao território para coletar informações é limitado pelas empresas mineradoras (FORNILLO, 2018), enquanto, por outro, o acesso às informações ambientais nos diferentes órgãos públicos provinciais é escasso e sujeito a uma burocracia institucional que dificulta o acesso (GEGYBC, 2019; MIGNAQUI, 2019). Apesar dessa situação, a discussão sobre os custos sociais, ambientais e políticos que a mineração de lítio na Argentina externaliza para as comunidades locais, a fim de sustentar a transição energética nos países do Norte Global, ainda não recebeu atenção pública suficiente (TAPIA; QUIROGA; SANCHES, 2015). Da mesma forma, tanto o Estado quanto as mineradoras têm dado pouca atenção ao conhecimento científico gerado no país em torno do lítio (CALVO, 2019; FORNILLO; GAMBA, 2019).

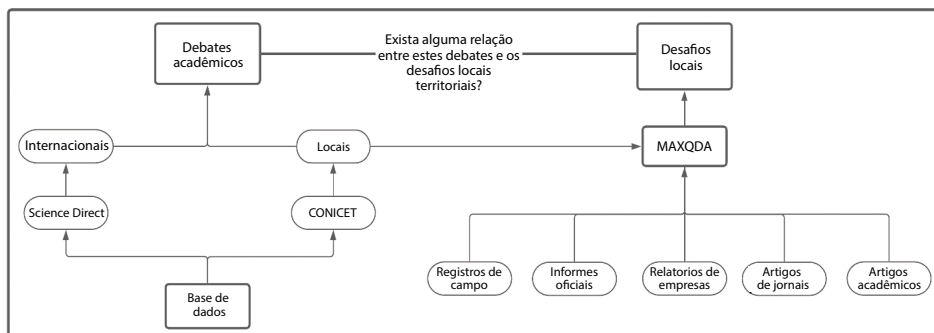
Este trabalho tem como foco identificar quais são os debates acadêmicos atuais sobre a produção de lítio em salinas e o consumo de água associado ao processo. Para isso, foi aplicada uma metodologia padronizada para a coleta seletiva de artigos científicos (ARTHUR *et al.*, 2019), que foram analisados detalhadamente e classificados de acordo com o tema abordado. A hipótese proposta sustenta que os debates acadêmicos internacionais não incluem uma análise dos desafios existentes

em torno dos conflitos socioambientais territoriais associados ao consumo de água na produção de lítio. Enquanto, por sua vez, os debates acadêmicos locais tentam enfrentar esses desafios e destacar a trama socioambiental conflituosa que se manifesta no território em torno da produção de lítio e do consumo de água. Essa dissidência no entendimento da mineração de lítio pode ser devido a relações assimétricas de poder, acesso à informação, capacidade de pesquisa e financiamento entre os diferentes atores da rede global de produção de lítio (AGUSDINATA *et al.*, 2018). Para a identificação dos debates acadêmicos internacionais e locais, utilizou-se a base de dados web Science Direct e a base de artigos científicos publicados do Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas da Argentina (CONICET), respectivamente. Enquanto a identificação dos desafios do território em relação ao problema foi realizada a partir da codificação de diferentes documentos no software MAXQDA.

## Materiais e métodos

A [Figura 1](#) apresenta graficamente a organização metodológica realizada para o desenvolvimento deste capítulo. De acordo com a base de dados utilizada para a coleta e seleção de artigos científicos, os debates acadêmicos foram considerados como: (i) debates acadêmicos internacionais e (ii) debates acadêmicos locais. Na discussão, os debates acadêmicos internacionais foram vinculados como um todo ao fim dos debates acadêmicos sobre o Norte Global, pois, como aponta Agusdinata *et al.* (2018), o conceito de Norte Global ultrapassa os limites políticos de um determinado país ou região. Assim, o conceito está vinculado a uma lógica de pensamento relacionada à atual transição energética, a produção de lítio e outros minerais estratégicos, que se concentra principalmente em aspectos tecnológicos extrativos que respondem aos interesses econômicos e industriais dos países do Norte Global. Neste trabalho, tanto em debates acadêmicos internacionais quanto em debates acadêmicos locais, o foco foi colocado apenas na abordagem da questão “água-lítio”.

**Figura 1 - Organização gráfica da metodologia utilizada**



Fonte: De autoria própria

Para a compilação dos artigos científicos publicados na base de dados Science Direct (debates acadêmicos internacionais), foram estabelecidos os seguintes padrões de busca: (i) idioma do texto: “inglês”, (ii) palavras-chave: “água e lítio”, (iii) tipo de publicação: “artigos de pesquisa”, (iv) área temática: “ciências ambientais” e (v) ano de publicação: 2010 - 2020 inclusive. Em relação aos resultados retornados pelo mecanismo de busca, apenas aqueles artigos em que ambas as palavras-chave são apresentadas, seja em: (a) título do artigo, (b) resumo ou (c) nas palavras-chave presentes nele. Posteriormente, foram selecionados para análise aqueles artigos que propõem o estudo do tema nas salinas continentais. Esse critério foi definido porque a maior oferta de carbonato e cloreto de lítio no mercado global atual provém da exploração desse tipo de recursos hídricos (USGS, [2020](#)). Por fim, procedeu-se à sua leitura, análise e sistematização. Para realizar esse processo, a leitura foi organizada em torno de quatro questões de pesquisa: (i) Qual é a hipótese ou objetivo do trabalho? (ii) Existe algum possível desafio ou barreira para a produção de lítio em salinas? (iii) Qual? (iv) Como superar o desafio ou barreira levantada? Essas perguntas foram respondidas de acordo com o tema abordado em cada um dos artigos com o intuito de organizar as discussões e debates acadêmicos atuais sobre a produção de lítio em salinas.

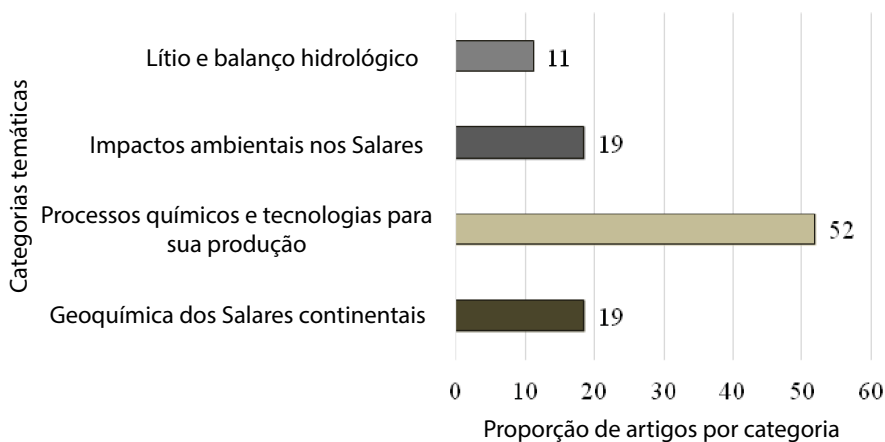
Para analisar os conflitos, preocupações e debates acadêmicos locais em torno do consumo de água na extração de lítio, cerca de 550 documentos foram codificados usando o MAXQDA Analytics Pro, um *software* que permite a análise de dados qualitativos. Os documentos foram divididos em 5 grupos: (i) registros de campo, que incluem conversas informais e entrevistas semiestruturadas com membros de diferentes comunidades da Puna Argentina (5 documentos); (ii) relatórios oficiais publicados por diferentes órgãos governamentais (12 documentos); (iii) relatórios da empresa disponíveis em seus sites (101 documentos); (iv) artigos jornalísticos contendo a palavra “lítio” publicados entre abril de 2018 e abril de 2020, pelos dois jornais mais lidos de Salta, Jujuy e Catamarca e os dois jornais de acesso livre mais lidos da Argentina (395 documentos); e (v) artigos científicos e técnicos publicados em espanhol (22 documentos). Nesse último grupo foram incluídos os artigos científicos identificados na base de dados do CONICET, com os quais se buscou estabelecer quais são os debates acadêmicos locais sobre a produção de lítio e o consumo de água envolvido. O processo de codificação começou com a elaboração de um sistema de códigos ou categorias composto por cinco códigos principais: (a) visões sobre a produção de lítio, (b) impactos positivos, (c) impactos negativos, (d) percepções sobre as salinas e o território, e (e) governança. Cada um desses códigos principais foi dividido em subcódigos para codificar o material com mais precisão. Alguns dos subcódigos foram estabelecidos dedutivamente, antes da codificação, enquanto outros foram adicionados indutivamente ou *in vivo*, à medida que novas categorias apareciam nos documentos. O subcódigo “água” foi central neste trabalho para refletir

empiricamente as tensões em torno do acesso e disponibilidade de água em áreas próximas a projetos de extração de lítio. Esse subcódigo faz parte do código principal “impactos negativos” e foi definido como “menções de problemas em torno da água na extração de lítio”, por exemplo, escassez de água, alterações na disponibilidade de água em prados e riachos, salinização das camadas de água doce na salina.

## Resultados e discussão

Em primeira instância, a partir da base de dados Science Direct, foi possível identificar um total de 5.436 artigos científicos nos quais a palavra-chave “água e lítio” apareceu de alguma forma. No entanto, seguindo os critérios de inclusão, apenas 27 artigos foram selecionados para análise e discussão deste capítulo. Os diferentes temas abordados permitiram uma sistematização em quatro categorias ([Figura 2](#))

**Figura 2 - Percentual de artigos identificados de acordo com as diferentes categorias temáticas**



Os debates e discussões mais relevantes identificados em cada categoria foram os seguintes:

### *Processos químicos e tecnológicos para sua produção*

Com 52% dos artigos analisados, essa categoria é o principal tema de discussão e pesquisa segundo nossa base de dados. O principal objetivo de pesquisa nessa categoria é o desenvolvimento de alguma nova técnica para a recuperação de lítio a partir de salmoura. As propostas incluem membranas de adsorção seletiva (ZANTE *et al.*, [2020](#)), nanofiltração (SUN *et al.*, [2015](#); PRAMANIK *et al.*, [2020](#)), filtros de troca iônica (CHEN *et al.*, [2017](#)), polímeros com impressão iônica de lítio (HUANG; WANG,

2018), eletrodialise (GUO *et al.*, 2018; YING *et al.*, 2020), membranas bipolares (BUNANI *et al.*, 2017), baterias de dessalinização por litificação seletiva (ZHAO *et al.*, 2020), entre outros. Todas as propostas visam responder a um desafio tecnológico associado à produção de lítio. Alguns autores apontam que diante de uma crescente demanda global pelo mineral, principalmente devido à eletromobilidade, é fundamental diversificar e intensificar a produção de lítio a partir do maior número possível de fontes (SUN *et al.*, 2015; CHEN *et al.*, 2017; ZANTE *et al.*, 2020; PALAGONIA *et al.*, 2020; PRAMANIK *et al.*, 2020; WEI *et al.*, 2020), isso envolve salinas com altas taxas de Mg<sup>+</sup>/Li<sup>+</sup> e água do mar (GUO *et al.*, 2018; ZANTE *et al.*, 2020). Outros, por sua vez, consideram que para vencer o desafio é necessário enfrentar as desvantagens da tecnologia evaporítica (KIM *et al.*, 2015; ZHAO *et al.*, 2020) que incluem longos períodos de tempo nas fases anteriores à carbonatação, baixa eficiência na separação de sais de lítio e identificação de alguns impactos ambientais (HUANG; WANG, 2019; PALAGONIA *et al.*, 2020). No entanto, a maioria dessas alternativas tecnológicas ainda está em diferentes fases laboratoriais e à medida que a pesquisa avança, certas vantagens e desvantagens são identificadas em sua aplicação em larga escala (PRAMANIK *et al.*, 2020; ZANTE *et al.*, 2020), que estão sempre associadas com as características de cada salina, o que determina a possibilidade de recuperação de sais de lítio utilizando diferentes tecnologias e processos (ZHAO *et al.*, 2020). Assim, dada a importância do lítio na atual transição energética, o objetivo deve ser desenvolver o maior número possível de alternativas tecnológicas para sua extração (WEI *et al.*, 2020).

### *Impactos ambientais em salinas*

Dezenove por cento dos artigos analisados discutem temas relacionados a essa categoria. O objetivo proposto leva a identificar e avaliar diferentes impactos ambientais de alternativas tecnológicas para a recuperação e produção de LCE em salinas. Então, Li *et al.* (2020) determinaram que, do ponto de vista ambiental, a alternativa tecnológica baseada na nanofiltração tem uma pegada ecológica considerável associada principalmente ao consumo de energia. Por outro lado, Baspineiro *et al.* (2020) reconhecem o impacto ambiental da produção de lítio em salinas no equilíbrio hidrogeológico regional e propõem mitigá-lo através da implementação de um sistema integrado entre a produção de LCE e a dessalinização de salmoura para consumo humano. No entanto, alguns autores apontam que vincular a oferta de um recurso natural essencial como o acesso à água potável à produção de um bem privado como o lítio pode comprometer ainda mais a governança e a gestão dos recursos hídricos no território, pois dessa forma, o consumo excessivo de água realizado na produção poderia ser justificado (STICCO, 2018). A provisão de um bem comum, necessário e escasso para as comunidades da Puna Argentina, não pode depender da prevalência de processos extrativistas que impactam negativamente o mesmo recurso (PEYRÉ; DORN, 2019).

A mineração de lítio em salinas afeta os recursos hídricos não apenas pelo seu consumo excessivo, mas também pelos efeitos secundários que gera na dinâmica natural das bacias hidrogeológicas existentes na região (MARAZUELA *et al.*, 2019b). A sustentabilidade da mineração de lítio não pode ser determinada considerando apenas aspectos técnicos, é necessário incluir uma visão holística, interdisciplinar e integrada (LIU; AGUSDINATA, 2020). Nesse sentido, Liu e Agusdinata (2020) realizaram um estudo baseado no referencial teórico dos “sistemas socionaturais”, que possibilitou identificar impactos ambientais que transcendem as barreiras tecnológicas, produtivas e de mercado. A mineração de lítio em salinas sul-americanas já mostra evidências de um retrocesso gradual que afeta a biodiversidade, a oscilação de variáveis climáticas, edáficas e hídricas (LIU *et al.*, 2019). Apesar dessas evidências, o desenvolvimento científico dá pouca atenção a essa etapa da rede global de produção de lítio (STAMP *et al.*, 2012). As pesquisas sobre impactos ambientais concentram-se principalmente nas etapas de industrialização e fabricação de baterias e veículos elétricos, enquanto as pesquisas sobre a produção de lítio em salinas geralmente abordam aspectos técnicos.

### *Lítio e equilíbrio hidrológico*

Essa categoria é composta por 11% dos artigos analisados. O objetivo da pesquisa está vinculado à necessidade de determinar o comportamento hidrológico da bacia endorreica da salina de Atacama (SdA) no Chile, e constitui uma linha de pesquisa composta por 3 artigos abordados sequencialmente. Em Marazuela *et al.* (2019a) os autores apresentam uma linha de base para entender o comportamento hidrogeológico da salina e quantificar seu balanço hídrico em regime natural, ou seja, sem considerar o bombeamento intensivo de salmoura para produção de lítio. Neste estudo foi necessário investigar posteriormente, em Marazuela *et al.* (2019b), a interação entre processos naturais e antropogênicos que coexistem na salina e predizem sua resposta à pressão antrópica. A principal contribuição deste estudo foi demonstrar que o bombeamento de salmoura tem um impacto ecológico na salina, que é naturalmente atenuado pela “capacidade de amortecimento” que as salinas apresentam. Esse impacto provocou uma queda no lençol freático que, conseqüentemente, gera uma diminuição na taxa de evaporação na superfície de água livre da salina, o que impacta negativamente no regime natural do lençol freático. Considerando esse impacto, os autores propuseram um modelo e uma forma de mitigar esses distúrbios, sugerindo que é necessária uma melhor distribuição dos poços de bombeamento (MARAZUELA *et al.*, 2020). O que muitas vezes é determinado arbitrariamente de acordo com os interesses e objetivos de produção das mineradoras. Esses artigos representam um grande avanço no estudo do comportamento hidrogeológico das salinas, pois contribuem para o conhecimento da bacia do SdA e propõem um modelo hidrológico que pode ser potencialmente utilizado para bacias com regime semelhante.



## Geoquímica em salinas continentais

Da base de dados construída, 19% dos artigos correspondem a essa categoria. O objetivo geral da pesquisa está associado à necessidade de determinar as condições hidrogeoquímicas das diferentes salinas continentais. Esse aspecto é considerado de grande importância para estabelecer a viabilidade econômica e técnica da recuperação e produção de lítio (LÓPEZ STEINMETZ *et al.*, 2018). Alexeyev *et al.* (2020) ao analisar a geoquímica das salinas continentais na Sibéria, concluem que as técnicas de extração de lítio devem ser adaptadas às condições naturais das salinas. Nesse sentido, os autores criticam a mineração de lítio na América do Sul, considerando que o uso generalizado da tecnologia evaporítica não permite focar nas características geoquímicas das salinas, e que é utilizada de forma arbitrária sem considerar as consequências futuras que podem implicar para o sistema hidrogeológico. Além disso, destaca-se que os processos baseados na concentração de salmouras por evaporação são altamente ineficientes em termos de gestão do uso da água. Por isso, propõem substituir a tecnologia por aquelas com princípios de absorção. Godfrey *et al.* (2013) e Marazuela *et al.* (2020), por sua vez, realizam pesquisas destinadas a determinar as condições atuais e históricas que regem o enriquecimento de lítio em salmouras. No entanto, em seus trabalhos não contribuem com elementos importantes para a discussão sobre os processos de recuperação e produção de lítio ou para o problema da gestão da água. Zatout *et al.* (2020) alertam que para além da existência e possibilidade de recuperação de sais de lítio das salinas, é necessário considerar que esse tipo de mineração tem impactos ambientais insustentáveis, principalmente os associados ao consumo de água, pelo que é muito importante promover a investigação científica com o objetivo de desenvolver e avaliar métodos alternativos para substituir a evaporação solar.

Os resultados decorrentes da análise realizada aos artigos selecionados mostram que, dentro das quatro categorias temáticas identificadas, é em “Processos químicos e tecnológicos para sua produção” que se avançam no conhecimento científico e onde por sua vez se concentram a maioria dos debates acadêmicos internacionais. “Eficiência técnica para produção de lítio” é a abordagem utilizada na maioria dos artigos analisados, mas essa eficiência é discutida apenas em termos de custos de produção e máxima recuperação possível do minério. Por outro lado, a categoria “Impactos ambientais nas salinas” reflete de alguma forma o surgimento nos últimos anos de algumas linhas de pesquisa que tentam avançar na identificação dos impactos ambientais associados à produção de lítio. No entanto, os debates sobre esse assunto ainda são escassos. As seguintes categorias “Lítio e balanço hidrológico”, e, “Geoquímica nas salinas continentais” mostram que nos últimos anos tem havido também um interesse pelo estudo e conhecimento dos processos geológicos naturais que determinam o comportamento das salinas, interesse que talvez esteja sendo impulsionado pelo acesso limitado a informações ambientais e hidrogeológicas sobre esses recursos hídricos para

a sociedade em geral. Nesse sentido, López Steinmetz *et al.* (2018) menciona esse aspecto como uma barreira de conhecimento, sobre o qual afirmam que a informação está amplamente disponível, mas que está disponível apenas para um pequeno grupo de atores (empresas de mineração e órgãos estaduais de controle e fiscalização).

Esses resultados mostram que os debates acadêmicos internacionais que surgiram em torno da questão “água-lítio” não abordam adequadamente a análise do contexto territorial conflituoso existente na Puna argentina em relação à produção de lítio. Nesse sentido, como proposto por Agusdinata *et al.* (2018) a diferença entre os debates acadêmicos realizados no Norte Global e no Sul Global reflete claramente a intencionalidade e a lógica extrativa sob a qual a atual transição energética busca mais uma vez polarizar e centralizar o acesso às tecnologias de baixo carbono. Essa mesma lógica é questionada e desafiada por diferentes atores locais, principalmente comunidades nativas, que, longe de se oporem à extração e exploração das salinas, exigem maior participação nas decisões tomadas a esse respeito, incluindo a distribuição dos benefícios econômicos obtidos através da comercialização de carbonato de lítio (GÓMEZ, 2017; FORNILLO, 2018). Por outro lado, enquanto os debates acadêmicos no Norte Global buscam avançar com o desenvolvimento de tecnologias mais eficientes na recuperação do mineral, no Sul Global os debates incluem pelo menos duas posições. Uma posição federal, que busca promover a industrialização e agregar valor à matéria-prima atualmente obtida pelas mineradoras (CALVO, 2019; FORNILLO; GAMBA, 2019), e outra que garante que a situação econômica, financeira e social da Argentina precisa de uma aceleração das receitas cambiais, para o qual é prioritário exportar matéria-prima (GEGYBC, 2019). No caso da segunda posição, observa-se um tema tangencial com os autores do Norte Global, cuja principal preocupação gira em torno dos benefícios e custos econômicos. Nesse aspecto, alguns autores apontam que há uma intenção de simplificar e hegemonizar o debate, de alguma forma invisibilizando a conflituosa realidade socioambiental sob a qual a mineração de lítio avança nas altas salinas andinas (FORNILLO, 2018; GEGYBC, 2019). A determinação dos custos e benefícios da mineração de lítio deve incluir uma visão holística, onde além dos aspectos econômicos, a existência de conflitos socioambientais pelo uso da água e do território, as disputas políticas e territoriais por trás dos *royalties* da mineração recebidos pelas províncias, nível de renda, emprego local permanente, entre outras variáveis socioambientais, refletem a situação em que interagem as comunidades nativas e a produção de lítio na Argentina.

A partir do uso da ferramenta MAXQDA foi possível codificar um total de 121 segmentos sob o subcódigo “água”. Como pode ser visto no Quadro 1, a maioria deles foi identificada em artigos jornalísticos e científicos. As comunidades locais também mencionaram repetidamente vários impactos negativos da extração de lítio ligados à água. Entre os relatórios oficiais e relatórios das empresas, observou-se um número muito baixo de referências às implicações do consumo de água.

**Quadro 1 - Classificação e distribuição dos conflitos identificados**

<b>Fonte</b>	<b>Problemas identificados</b>	<b>Segmentos</b>
Registros de campo	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Disponibilidade de águas superficiais (secas), complicações para a criação de gado.</li><li>2. "Afundamento" da mina de sal</li><li>3. Recarga salina (infiltração de água doce)</li><li>4. Poluição dos lençóis freáticos.</li></ol>	16
Relatórios oficiais	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Consumo de água em ambiente frágil.</li></ol>	1
Relatórios da empresa	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Filtrações de água doce na salina e diluição da salmoura.</li><li>2. Consumo de água em ambiente frágil.</li></ol>	5
Artigos de jornal	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Disponibilidade de águas superficiais (secas), complicações para a criação de gado.</li><li>2. Poluição dos lençóis freáticos (salinização) e das águas superficiais.</li><li>3. Dificuldades de acesso à água.</li></ol>	41
Artigos científicos	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Disponibilidade de águas superficiais (secas), complicações para a criação de gado.</li><li>2. Recarga salina.</li><li>3. Poluição dos lençóis freáticos (salinização) e das águas superficiais.</li><li>4. Consumo excessivo de água nos processos de extração atuais.</li><li>5. Dificuldades de acesso à água.</li></ol>	58

Fonte: De autoria própria

Em alguns casos, essas preocupações estão mais ligadas à garantia da continuidade e rentabilidade da extração de lítio do que ao acesso e disponibilidade de água pelas comunidades locais. Dessa forma, em referência aos impactos negativos da produção de lítio, o processo de codificação mostra que as preocupações dos diferentes atores sobre o consumo de água estão relacionadas às diferentes percepções e interesses que eles têm em relação à produção e uso, lugar que ocupam material e discursivamente na referida rede de produção. Uma vez que, por um lado, para as mineradoras a água salobra que constitui a salina não é considerada um recurso hídrico com potencial de esgotamento. Em vez disso, eles a definem como uma “substância aquosa rica em sais minerais” (OROCOBRE, 2019). Portanto, em suas estimativas de consumo de água por tonelada de LCE produzida, não está incluído o volume total de água evaporada durante a fase evaporítica. Nesse sentido, a empresa Orocobre em seu relatório de sustentabilidade de 2019 sustenta que as reivindicações das comunidades locais são uma mera manifestação de ignorância científica, muitas vezes apoiada por grupos “social-ambientalistas”. Por outro lado, para o Estado argentino, a mineração

de lítio em salinas não é uma atividade produtiva a ser considerada nas políticas de gestão de recursos hídricos (STEINMETZ *et al.*, 2011). Como apontam Steinmetz e Fong (2019), nesse contexto de crescente produção de LCE a partir de salmouras continentais, é essencial em termos de governança e gestão dos recursos hídricos que a Argentina desenvolva instrumentos jurídicos unificados em todo o território, com base nos quais garanta o planejamento e execução de políticas públicas que visem a sua correta gestão.

A codificação realizada nos 12 artigos científicos identificados na base de dados do CONICET permitiu determinar a correspondência entre esses debates acadêmicos e os desafios locais identificados nos registros de campo e artigos jornalísticos. Em ambos os casos, a mineração de lítio está sendo questionada e estão sendo feitas tentativas para estabelecer a forma mais adequada para a Argentina garantir que seu crescimento econômico seja maximizado, sem comprometer o abastecimento presente e futuro de água (LÓPEZ STEINMETZ *et al.*, 2018; MIGNAQUI, 2019). Nesse sentido, os atuais debates locais em torno do lítio não parecem incluir o paradigma da atual transição energética “verde”, amplamente discutida nos países do Norte Global (ALI *et al.*, 2019; GIELEN *et al.*, 2019). Para a Argentina, o lítio representa uma nova oportunidade para atrair capital financeiro estrangeiro que permite aumentar as receitas por meio do pagamento de impostos de exportação e royalties de mineração (FORNILLO; GAMBA, 2019; GEGYBC, 2019). Em termos de impactos socioambientais associados ao consumo de água na produção de lítio, são poucos os artigos científicos publicados que abordam o tema. Os artigos disponíveis enfatizam a preocupante exploração que está ocorrendo nas salinas e os efeitos negativos que isso pode ter nas comunidades locais (FLEXER *et al.*, 2018; IZQUIERDO *et al.*, 2018; LÓPEZ STEINMETZ *et al.*, 2018; MIGNAQUI, 2019; BASPINEIRO *et al.*, 2020). De acordo com nossos resultados, foi possível determinar que os desafios colocados no território em torno do consumo de água e da produção de lítio na Argentina são resultado de amplos debates que ocorrem principalmente em ambientes não acadêmicos. Elas se manifestam por meio de: notas jornalísticas, reuniões e fóruns locais de divulgação. No entanto, a atenção pública que esses debates geram é escassa em muitas ocasiões e não impacta no planejamento e execução das políticas públicas de mineração (TAPIA, QUIROGA; SANCHEZ, 2015; FORNILLO, 2018). Sobre esse aspecto particular, foi possível estabelecer a existência de uma reivindicação coletiva que de alguma forma envolve as comunidades locais da Puna argentina e alguns pesquisadores pertencentes ao CONICET que investigam o problema do lítio de diferentes áreas do conhecimento. Ambos os grupos pedem ao Estado nacional e aos Estados provinciais maior transparência institucional, participação ativa do cidadão nas decisões sobre as políticas públicas de gestão dos recursos hídricos, do território e dos critérios de distribuição dos *royalties* da mineração (ARGENTO; ZICARI, 2015; PUENTE; ARGENTO, 2015; CALVO, 2019; FORNILLO; GAMBA, 2019; GEGYBC, 2019).

Analisando a lógica discursiva dos relatórios das mineradoras, é possível encontrar uma clara convergência no que diz respeito aos debates acadêmicos levantados nos artigos identificados na base de dados Science Direct. Em ambos os casos, a lógica visa diversificar e intensificar a produção de lítio (PALAGONIA *et al.*, 2020; PRAMANIK *et al.*, 2020), para o qual o conhecimento científico avança no desenvolvimento de alternativas tecnológicas com desempenho cada vez mais específico em termos da quantidade de lítio recuperada (WEI *et al.*, 2020). Em ambos os grupos de documentos, os conflitos socioambientais existentes no território com o consumo de água durante a produção não são questionados ou vinculados. Ao contrário, apontam que para avançar em uma transição energética verde e sustentável, é importante identificar e mitigar os impactos ambientais nas etapas industriais posteriores à extração do lítio, como a fabricação de acumuladores de energia, cátodos de baterias e veículos elétricos (PHILIPPOT *et al.*, 2019; CHEN *et al.*, 2020). Essas falas sugerem que os pesquisadores desconhecem a trama socioambiental conflitiva que está ligada ao lítio no território onde é produzido (AGUSDINATA *et al.*, 2018; FORNILLO; GAMBA, 2019). Conforme indicado por Fornillo (2018), essa situação gera que voluntária ou involuntariamente esses debates acadêmicos sejam transformados em ferramentas discursivas que simplificam e hegemonomizam a discussão sobre a sustentabilidade do lítio.

## Conclusões

Os resultados obtidos neste capítulo nos permitiram avançar na identificação dos debates e desafios existentes na Puna argentina em relação à gestão da água na mineração de lítio. No entanto, são preliminares e seria necessário ampliar ainda mais a busca por artigos científicos. Possivelmente será necessário incluir um maior número de palavras-chave para a busca e incorporar publicações das ciências sociais, uma vez que há abordagens do conflito socioambiental em torno da produção de lítio e consumo de água a partir da antropologia e da sociologia ambiental, que foram incluídas apenas parcialmente neste capítulo. Da mesma forma, nessa ocasião foram utilizadas apenas as bases de dados Science Direct e CONICET, bases que, apesar de possuírem um grande volume de publicações científicas, não representam todas elas.

As diferenças encontradas entre os debates acadêmicos locais e internacionais podem ser devido a uma questão de idioma e acesso às publicações, já que muitos artigos científicos publicados em inglês exigem o pagamento de uma certa taxa para acesso. Embora as publicações científicas locais sejam de livre acesso, são escassamente distribuídas, o que significa que, de certa forma, seu acesso também é limitado. O uso da ferramenta MAXQDA permitiu determinar que na Argentina os debates sobre o consumo de água na produção de lítio ocorrem principalmente em ambientes não acadêmicos. Consideramos importante destacar que os debates acadêmicos locais e os desafios que surgiram em torno do problema refletem a existência de conflitos

socioambientais pouco documentados, em sua maioria restritos à escala local e carentes de atenção pública. Os debates do Norte Global avançam principalmente no desenvolvimento de alternativas tecnológicas para a extração de lítio do maior número possível de fontes naturais. Além disso, a abordagem realizada nesses artigos sobre os impactos ambientais contempla apenas as etapas sucessivas da industrialização do carbonato de lítio extraído das salinas, invisibilizando a trama socioambiental conflitiva que se limita ao território onde é produzido. Enquanto isso, debates acadêmicos no Sul Global mostram o surgimento de pesquisas científicas que se estabelecem principalmente entre a discussão sobre o desenvolvimento industrial de produtos derivados do carbonato de lítio e as consequências econômicas de médio e longo prazo da exportação de lítio como matéria-prima. As preocupações com a gestão da água em um contexto de mineração de lítio na Argentina giram em torno das diferentes percepções e interesses que os atores envolvidos têm em relação ao lítio, bem como o lugar material e discursivo que ocupam dentro da rede de produção. Na Argentina, a gestão dos recursos hídricos na mineração de lítio ainda não faz parte da agenda pública do governo nacional e provincial, os desafios colocados nesse sentido implicam na necessidade de um trabalho conjunto entre o Estado, as comunidades, pesquisadores locais e empresas mineradoras.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio das seguintes instituições: Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Técnica (CONICET) da Argentina, Universidade Nacional de Salta (UNSa), Departamento de Geografia da Universidade Texas A&M, Rede Suíça de Estudos Internacionais ( SNIS) (Projeto LÍTIO), CAPES-PVE/BRASIL Proc. 88881.068108/2014-01 (Projeto “Impactos da Energia Eólica no Litoral Nordeste”) e PRONEM FUNCAP/CNPq Proc. PNE 0112-00068.01.00/16 (Projeto “Análise socioambiental da implantação de parques eólicos no Nordeste: perspectivas para a sustentabilidade da geração de energia renovável no Brasil”). Agradecemos às comunidades locais que nos receberam e, em especial, àquelas que nos cederam seu tempo e conversaram conosco.

## Referências

- ARGENTO, M.; ZÍCARI, J. N. **Las disputas por el litio en la Argentina**: ¿ materia prima, recurso estratégico o bien común?, 2017.
- ARTHUR, M.; LIU, G.; HAO, Y.; ZHANG, L.; LIANG, S.; ASAMOAH, E. F.; LOMBARDI, G. V. Urban food-energy-water nexus indicators: A review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 151, p. 104481, 2019.
- ALEXEEV, S. V.; ALEXEEVA, L. P.; VAKHROMEYEV, A. G. Brines of the Siberian platform (Russia): Geochemistry and processing prospects. **Applied Geochemistry**, v. 117, p. 104588, 2020.

- BASPINEIRO, C. F.; FRANCO, J.; FLEXER, V. Potential water recovery during lithium mining from high salinity brines. **Science of The Total Environment**, v. 720, p. 137523, 2020.
- BUNANI, S.; ARDA, M.; KABAY, N.; YOSHIZUKA, K.; NISHIHAMA, S. Effect of process conditions on recovery of lithium and boron from water using bipolar membrane electro dialysis (BMED). **Desalination**, v. 416, p. 10-15, 2017.
- CALVO, E. J. **Litio, un recurso estratégico para el mundo actual**, 2019.
- CHEN, C. W.; CHEN, P. A.; WEI, C. J.; HUANG, H. L.; JOU, C. J.; WEI, Y. L.; WANG, H. P. Lithium recovery with LiTi<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ion-sieves. **Marine Pollution Bulletin**, v. 124, n. 2, p. 1106-1110, 2017.
- CHEN, H. L.; LIU, Y.; GONG, X. Z.; HAO, L. W.; SUN, B. X.; LI, X. Q. A Review on Water Footprint Research of Materials Industry. **Materials Science Forum**, v. 993, p. 404-413, 2020. Trans Tech Publications Ltd.
- CHOUBEY, P. K.; KIM, M. S.; SRIVASTAVA, R. R.; LEE, J. C.; LEE, J. Y. Advance review on the exploitation of the prominent energy-storage element: Lithium. Part I: From mineral and brine resources. **Minerals Engineering**, v. 89, p. 119-137, 2016.
- FLEXER, V.; BASPINEIRO, C. F.; GALLI, C. I. Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. **Science of The Total Environment**, v. 639, p. 1188-1204, 2018.
- FORNILLO, B. La energía del litio en Argentina y Bolivia: comunidad, extractivismo y posdesarrollo. **Colombia Internacional**, v. 93, p. 179-201, 2018.
- FORNILLO, B. M.; GAMBA, M. **Industria, ciencia y política en el Triángulo del Litio**, 2019.
- GODFREY, L. V.; CHAN, L. H.; ALONSO, R. N.; LOWENSTEIN, T. K.; MCDONOUGH, W. F.; HOUSTON, F. J.; LI, J.; BOBST, A.; JORDAN, T. E. The role of climate in the accumulation of lithium-rich brine in the Central Andes. **Applied Geochemistry**, v. 38, p. 92-102, 2013.
- GUO, Z. Y.; JI, Z. Y.; CHEN, Q. B.; LIU, J.; ZHAO, Y. Y.; LI, F.; YUAN, J. S. Prefractionation of LiCl from concentrated seawater/salt lake brines by electro dialysis with monovalent selective ion exchange membranes. **Journal of Cleaner Production**, v. 193, p. 338-350, 2018.
- GRUPO DE ESTUDIOS EN GEOPOLÍTICA Y BIENES COMUNES (GEGYBC). Litio y transición socio-ecológica en Sudamérica. **Revista Fundación Friedrich Ebert**, v. 51, 2019.
- HUANG, Y.; WANG, R. An efficient lithium ion imprinted adsorbent using multi-wall carbon nanotubes as support to recover lithium from water. **Journal of cleaner production**, v. 205, p. 201-209, 2018.
- HUANG, Y.; WANG, R. Green recovery of lithium from water by a smart imprinted adsorbent with photo-controlled and selective properties. **Chemical Engineering Journal**, v. 378, p. 122084, 2019.
- IZQUIERDO, A. E.; ARAGÓN, R.; NAVARRO, C. J.; CASAGRANDA, E. Humedales de la Puna: principales proveedores de servicios ecosistémicos de la región. **Serie conservación de la naturaleza**, v. 24, 2018.
- KIM, S.; LEE, J.; KANG, J. S.; JO, K.; KIM, S.; SUNG, Y. E.; YOON, J. Lithium recovery from brine using a --MnO<sub>2</sub>/activated carbon hybrid supercapacitor system. **Chemosphere**, v. 125, p. 50-56, 2015.
- LI, B.; WU, J.; LU, J. Life cycle assessment considering water-energy nexus for lithium nanofiltration extraction technique. **Journal of Cleaner Production**, v. 261, p. 121152, 2020.

- LIU, W.; AGUSDINATA, D. B. Interdependencies of lithium mining and communities sustainability in Salar de Atacama, Chile. **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 120838, 2020.
- LIU, W.; AGUSDINATA, D. B.; MYINT, S. W. Spatiotemporal patterns of lithium mining and environmental degradation in the Atacama Salt Flat, Chile. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 80, p. 145-156, 2019.
- LÓPEZ STEINMETZ, R. L.; SALVI, S.; GARCÍA, M. G.; PERALTA ARNOLD, Y.; BÉZIAT, D.; FRANCO, G.; CONSTANTINI, O.; CÓRDOBA, F. E.; CAFFE, P. J. Northern Puna Plateau-scale survey of Li brine-type deposits in the Andes of NW Argentina. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 190, p. 26-38, 2018.
- MIGNAQUI, V. Puna, litio y agua. Estimaciones preliminares para reflexionar sobre el impacto en el recurso hídrico. **Revista de Ciencias Sociales**, segunda época, v. 36, p. 37-55, 2019. Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.
- MARAZUELA, M. A.; AYORA, C.; VÁZQUEZ-SUÑÉ, E. Hydrogeological constraints for the genesis of the extreme lithium enrichment in the Salar de Atacama (NE Chile): A thermohaline flow modelling approach. **Science of the Total Environment**, v. 739, p. 139959, 2020.
- MARAZUELA, M. A.; VÁZQUEZ-SUÑÉ, E.; AYORA, C.; GARCÍA-GIL, A.; PALMA, T. Hydrodynamics of salt flat basins: The Salar de Atacama example. **Science of The Total Environment**, v. 651, p. 668-683, 2019a.
- MARAZUELA, M. A.; VÁZQUEZ-SUÑÉ, E.; AYORA, C.; GARCÍA-GIL, A.; PALMA, T. The effect of brine pumping on the natural hydrodynamics of the Salar de Atacama: The damping capacity of salt flats. **Science of The Total Environment**, v. 654, p. 1118-1131, 2019b.
- MARAZUELA, M. A.; VÁZQUEZ-SUÑÉ, E.; AYORA, C.; GARCÍA-GIL, A. Towards more sustainable brine extraction in salt flats: Learning from the Salar de Atacama. **Science of The Total Environment**, v. 703, p. 135605, 2020.
- MENG, F.; MCNEICE, J.; ZADEH, S. S.; GHAHREMAN, A. Review of lithium production and recovery from minerals, brines, and lithium-ion batteries. **Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review**, v. 42, n. 2, p. 123-141, 2021.
- PALAGONIA, M. S.; BROGIOLI, D.; LA MANTIA, F. Lithium recovery from diluted brine by means of electrochemical ion exchange in a flow-through-electrodes cell. **Desalination**, v. 475, p. 114192, 2020.
- PHILIPPOT, M.; AYERBE, E.; HOEDEMAEKERS, E.; VAN MIERLO, J.; MESSAGIE, M. **Water footprint of the manufacturing of a traction lithium ion battery pack**. In: INTERNATIONAL ELECTRIC VEHICLE SYMPOSIUM & EXHIBITION, 32., Lyon, França, 2019.
- PRAMANIK, B. K.; ASIF, M. B.; ROYCHAND, R.; SHU, L.; JEGATHEESAN, V.; BHUIYAN, M.; HAI, F. I. Lithium recovery from salt-lake brine: Impact of competing cations, pretreatment and preconcentration. **Chemosphere**, v. 260, p. 127623, 2020.
- PUENTE, A. F.; ARGENTO, M. **Disputas territoriales en la Puna de Atacama: reactivación de los conflictos a la llegada del litio**. In: JORNADAS DE SOCIOLOGÍA, 11., Buenos Aires, 2015.
- STAMP, A.; LANG, D. J.; WÄGER, P. A. Environmental impacts of a transition toward e-mobility: the present and future role of lithium carbonate production. **Journal of Cleaner Production**, v. 23, n. 1, p. 104-112, 2012.
- STICCO, M. ¡Litio al agua!. **Pulso ambiental, revista política y de debate**, n. 10, p. 17-18, 2018.



- SUN, S. Y.; CAI, L. J.; NIE, X. Y.; SONG, X.; YU, J. G. Separation of magnesium and lithium from brine using a Desal nanofiltration membrane. **Journal of Water Process Engineering**, v. 7, p. 210-217, 2015.
- TAPIA, M. D. V.; QUIROGA, D. E.; SÁNCHEZ, D. La gran minería ¿sinónimo de desarrollo?: la aplicación del Índice de Calidad de Vida (ICV) en el caso de Antofagasta de la Sierra, Provincia de Catamarca. **Revista Iberoamericana de Estudios Municipales**, n. 12, p. 41-66, 2015.
- USGS (U.S. GEOLOGICAL SURVEY). **Mineral commodity summaries 2020**. Washington DC: U.S. Geological Survey, 2020.
- WEI, S.; WEI, Y.; CHEN, T.; LIU, C.; TANG, Y. Porous lithium ion sieves nanofibers: General synthesis strategy and highly selective recovery of lithium from brine water. **Chemical Engineering Journal**, v. 379, p. 122407, 2020.
- WORLD BANK. **Global Economic Prospects**. Washington, DC: World Bank, 2021.
- YING, J.; LUO, M.; JIN, Y.; YU, J. Selective separation of lithium from high Mg/Li ratio brine using single-stage and multi-stage selective electrodialysis processes. **Desalination**, v. 492, p. 114621, 2020.
- ZANTE, G.; BOLTOEVA, M.; MASMOUDI, A.; BARILLON, R.; TREBOUET, D. Highly selective transport of lithium across a supported liquid membrane. **Journal of Fluorine Chemistry**, v. 236, p. 109593, 2020.
- ZATOUT, M.; LOPEZ STEINMETZ, R. L.; HACINI, M.; BING FONG, S.; M'NIE, A.; HAMZAOUI, A. H.; LOPEZ STEINMETZ, L. C. Saharan lithium: Brine chemistry of chotts from eastern Algeria. **Applied Geochemistry**, v. 115, p. 104566, 2020.
- ZHAO, X.; FENG, M.; JIAO, Y.; ZHANG, Y.; WANG, Y.; SHA, Z. Lithium extraction from brine in an ionic selective desalination battery. **Desalination**, v. 481, p. 114360, 2020.
- ZHAO, Y.; WANG, H.; LI, Y.; WANG, M.; XIANG, X.. An integrated membrane process for preparation of lithium hydroxide from high Mg/Li ratio salt lake brine. **Desalination**, v. 493, p. 114620, 2020.

## CAPÍTULO 21

# CONEXÕES MULTIESCALARES PARA A PRODUÇÃO DE LÍTIO NA ARGENTINA

---

*Melisa Escosteguy<sup>1</sup>*

*Walter Díaz Paz<sup>1</sup>*

*Araceli Clavijo<sup>1</sup>*

*Martín Iribarnegaray<sup>1</sup>*

*Lucas Seghezso<sup>1</sup>*

### Resumo

O lítio é considerado um elemento crítico de transição para fontes de energia mais sustentáveis. Com o crescente uso de baterias de íon-lítio, espera-se que a demanda global por esse metal aumente exponencialmente. Atualmente, os compostos de lítio comercializados são provenientes de apenas quatro países, sendo a Argentina o quarto maior produtor global. Na Argentina, o lítio está localizado nas altas salinas andinas da Puna, no noroeste do país, e é extraído da salmoura por meio da aplicação de técnicas de evaporação. Na região de Puna, Argentina, materializa-se uma série de relações entre atores locais, provinciais, nacionais e globais que inserem a região na nova dinâmica da economia global. Este capítulo analisa as conexões que compõem a produção de lítio na Argentina, com base na codificação de aproximadamente 650 documentos e uma análise multiescalar dos projetos que estão em produção. Os resultados revelam que as conexões multiescalares, além de se materializarem no espaço, têm consequências sociais e territoriais locais que questionam a justiça do processo de produção de lítio no quadro da descarbonização.

**Palavras-Chave:** Análise multiescalar. Puna Argentina. Descarbonização. Justiça energética. Lítio.

---

1 Instituto de Pesquisas em Energia não Convencional (INENCO), Conselho Nacional de Pesquisas Científicas e Técnicas (CONICET), Universidade Nacional de Salta (UNSa), Salta, Argentina. [meliescosteguy@gmail.com](mailto:meliescosteguy@gmail.com)

## Introdução

No final de março de 2021, *La Nación* – um dos jornais mais lidos da Argentina – tinha como manchete “Lithium: BMW assina um contrato milionário que muda o negócio para a Argentina”. De fato, a montadora alemã assinou um acordo com a Livent Corporation, empresa norte-americana que extrai lítio da Puna argentina desde o final da década de 1990, para aumentar o portfólio de fornecedores de lítio. Esse acordo permitirá à BMW aumentar a sua produção de veículos elétricos (VE), num cenário em que se prevê que metade dos carros vendidos até 2030 sejam totalmente elétricos. Agora, enquanto a nota afirma que o acordo será benéfico para a Argentina e que permitirá que o país se posicione como o segundo maior produtor de lítio do mundo, também destaca que existem incertezas ligadas às grandes quantidades de água consumidas no processo de produção.

A publicação de *La Nación* revela pelo menos três pontos centrais para a análise da produção de lítio na Argentina. Em primeiro lugar, levanta-se a urgência das montadoras em garantir seu fornecimento de lítio para cumprir as políticas de descarbonização promovidas, principalmente, pelos Estados Unidos, China e União Europeia. Em segundo lugar, não passam despercebidos os problemas ambientais associados à produção de lítio, que afetam diretamente as comunidades próximas às áreas de extração. Terceiro, pode-se ver que a produção de lítio na Argentina é impulsionada por conexões globais. Em muitos casos, o Estado nacional sequer participa dessas conexões: o acordo mencionado é entre duas empresas transnacionais que juntas decidem sobre o destino do lítio obtido na Argentina. Qual o peso dos fatores e conexões globais na rede de produção de lítio na Argentina e quais as consequências que eles têm no nível local são duas questões que devem ser analisadas para entender a produção na região em profundidade.

Durante a última década, com o desenvolvimento de tecnologias mais verdes e o impulso para desenvolver energia a partir de fontes renováveis, o lítio tornou-se um elemento essencial para o armazenamento de energia e descarbonização (SOVACOO *et al.*, [2020](#)). O lítio é usado principalmente para a fabricação de baterias de íons de lítio, essenciais para a transição para a eletromobilidade. É por isso que a demanda por lítio depende diretamente do mercado de VE (HACHE *et al.*, [2019](#); QUINTE-ROS-CONDORRETTY *et al.*, [2020](#)), embora seja esperado que, à medida que o uso de energia de fontes renováveis aumente, as baterias de lítio também se difundam para acumular energia de fontes solares e eólicas, por exemplo (VÁSQUEZ, [2020](#)). De acordo com estudos recentes do Banco Mundial, tanto a demanda por lítio quanto os minerais necessários para impulsionar a transição energética podem aumentar drasticamente até 2050, e com ela as atividades de mineração que atualmente já são responsáveis por cerca de 10% das emissões globais de gases de efeito estufa (MINERAÇÃO WATCH CANADÁ, [2020](#)).

A maior parte da produção global de lítio vem de quatro países: Austrália, Chile, China e Argentina (7%) (USGS, [2020](#)). Nas salmouras das altas salinas andinas da Argentina, Bolívia e Chile, localizam-se aproximadamente 50% das reservas de lítio, ou seja, do recurso conhecido e tecnologicamente disponível (VÁSQUEZ, [2020](#)). Apesar de nos últimos anos os altos preços do lítio e as oportunidades de investimento em novos projetos terem favorecido a diversificação do número de atores na indústria, a oferta mundial ainda é altamente concentrada e alguns autores chegam a sugerir que existe um oligopólio na produção de lítio, uma vez que apenas cinco empresas lideram a produção (POVEDA-BONILLA, [2020](#); QUINTEROS-CONDORETTY *et al.*, [2020](#)). Entre elas estão Albemarle Corporation e FMC-Livent Corporation com sede nos Estados Unidos, Sociedad Química y Minera de Chile (SQM) com sede no Chile, Lithium Americas Corp. com sede no Canadá e Ganfeng Lithium Co. Ltd. com sede na China. Todas, com exceção da SQM, possuem projetos em fase de exploração ou produção na Puna argentina.

Na Argentina existem mais de 50 projetos de lítio, dos quais 20 estão em estágio avançado. No entanto, apenas dois estão em fase de produção: Salina de Olaroz, localizado na salina homônima da província de Jujuy, e Fénix, localizado na Salina del Hombre Muerto, entre o limite jurisdicional de Salta e Catamarca. Conforme estabelecido pelo Código de Mineração Argentino, as minas estão dentro da esfera de controle do Estado, mas o Estado não pode explorá-las ou descartá-las. As minas são exploradas por meio de um sistema de concessões minerárias, ou seja, as jazidas são concedidas em concessão a diferentes empresas, sejam públicas ou privadas (ver [Capítulo 18](#) deste livro). Cerca de um milhão de hectares foram concedidos em concessão a diferentes empresas, a maioria estrangeiras, em toda a Puna argentina (USGS, [2018](#)). Essas concessões se sobrepõem a territórios indígenas, pastagens e cursos d'água que são usados há gerações pelas comunidades originárias da área (DORN; PEYRÉ, [2020](#)). Tradicionalmente, a Puna é habitada por comunidades originárias das etnias Kolla e Atacama e por comunidades camponesas. Sua principal atividade econômica tem sido o pastoreio de lhamas, cabras e ovelhas, muitas vezes acompanhada de agricultura de pequena escala através de um sistema de prados e canais (MARCHEGANI *et al.*, [2020](#)).

Com a chegada da exploração do lítio na região, começou a surgir uma série de conflitos socioambientais, ligados às preocupações dos moradores locais sobre os possíveis impactos associados a essa atividade. Na região, esse metal é extraído por meio de técnicas de evaporitos e alguns estudos relacionam esse processo com a diminuição da cobertura vegetal na área adjacente à extração, o aumento da temperatura local, alterações no balanço hídrico das salinas e diminuição na fauna local (ver DIAZ PAZ *et al.* neste volume). Nesse contexto, diferentes comunidades se organizaram contra a extração de lítio, particularmente aquelas que habitavam os territórios da Bacia das Salinas Grandes e da Laguna Guayatayoc, na fronteira entre Salta e Jujuy

(SOLÁ, [2016](#); PERROTO, [2020](#)). Outros deram seu consentimento para a extração de lítio, mas os conflitos não desapareceram. Alguns membros dessas comunidades formaram grupos para denunciar irregularidades no processo de consulta e problemas ambientais ligados à produção (ARGENTO; PUENTE, [2019](#)).

Na Puna argentina, materializa-se uma série de relações entre atores locais, provinciais, nacionais e globais, inserindo a região na nova dinâmica da economia global. Essas conexões se sobrepõem a territorialidades que possuem trajetórias históricas, dinâmicas de articulação social e significados culturais próprios (GÖBEL, [2013](#)). Até agora, as conexões multiescalares da produção de lítio na Argentina e suas consequências locais não foram adequadamente estudadas na literatura sobre o assunto. Este artigo desenvolve uma análise sistemática dos fatores externos que orientam a produção de lítio na Argentina e as conexões multiescalares estabelecidas através dos dois projetos em produção. Além disso, são discutidas as consequências dessas conexões para uma descarbonização alinhada aos princípios da justiça energética.

## Lítio e justiça energética

No contexto das transições energéticas que visam o desenvolvimento de fontes de energia renováveis e mais sustentáveis, a produção de lítio tem um componente que outras *commodities* de mineração não possuem. Sendo um metal estratégico, diferentes atores e discursos posicionam o lítio como um elemento-chave para avançar em direção a futuros mais sustentáveis (STERBA *et al.*, [2019](#)). Por isso é necessário incorporar à análise das conexões globais do lítio uma discussão sobre as implicações do processo de produção em diferentes escalas, levando em consideração questões relacionadas à equidade e justiça desse processo. Este trabalho parte de considerar que as transições energéticas geram ou podem gerar vencedores e perdedores (*winners and losers*) (SOVACOOOL *et al.*, [2019a](#)).

As transições para uma matriz energética mais sustentável caracterizam-se por serem disruptivas, contestadas e não lineares e implicam mudanças nas práticas e discursos de consumo, mas também novas lutas de poder (GEELS *et al.*, [2017](#)). Isso porque as mudanças e intervenções nos sistemas energéticos vão além do mero desenvolvimento tecnológico e econômico; eles estão ligados ao poder político, coesão social e até mesmo questões éticas e morais sobre equidade (SOVACOOOL, [2016](#)). Os resultados e discussões apresentados neste capítulo são guiados pelo arcabouço analítico da justiça energética, um arcabouço holístico, qualitativo e normativo, composto pelos quatro princípios ou dimensões da teoria da justiça moderna (MCCAULEY *et al.*, [2019](#); SOVACOOOL *et al.*, [2019a](#); SOVACOOOL *et al.*, [2019b](#)). A justiça distributiva ajuda a identificar o que é distribuído (custos, benefícios, bens e males), entre quem (atores individuais e coletivos) e como (a forma de distribuição). A justiça processual concentra-se em identificar quem planeja e aplica regras e leis, quem toma decisões e

quem pode participar desses processos. A justiça cosmopolita leva em consideração o bem-estar das pessoas, com base em uma abordagem universal. A justiça de reconhecimento se concentra na identificação de atores vulneráveis cuja vulnerabilidade pode ser aprofundada com os processos de transição energética.

Embora a transição energética deva garantir justiça social em toda a rede produtiva – no caso do lítio, desde painéis solares e carros elétricos, por exemplo, até a extração (PERREAULT, 2020) – na verdade, essas transições geram injustiças e vítimas, e podem ser vistas como lutas de poder e processos de exacerbação de vulnerabilidades (SOVACOOOL, 2021). Nessa perspectiva, o lítio tem um caráter duplo: enquanto sua aplicação no armazenamento de energia e eletromobilidade parecem contribuir para mitigar as mudanças climáticas, descarbonizar a matriz energética em escala global e melhorar o acesso à energia para populações vulneráveis; sua extração gera impactos negativos e injustiças em escala local (MARCHEGIANI *et al.*, 2020; ESCOSTEGUY *et al.*, 2022, no prelo). Dada essa dupla natureza, uma análise multiescalar, que permita identificar as conexões que ocorrem entre diferentes escalas espaciais por meio do lítio, é essencial para conhecer melhor as características da rede de produção e identificar as injustiças que dela decorrem (SOVACOOOL *et al.*, 2019a).

## **Materiais e métodos**

### *Área de estudo*

Localizada no noroeste do país, a Puna Argentina é uma extensa planície de aproximadamente 125.000 km<sup>2</sup> que está acima de 3.000 metros acima do nível do mar e se estende pelas serras das províncias de Salta, Jujuy, Catamarca, La Rioja e San Juan. A Puna constitui uma das regiões com os maiores valores de radiação solar do mundo, as chuvas ali são escassas e as temperaturas médias são muito baixas (REBORATTI, 2006; GONZÁLEZ, 2018). Na Puna desenvolvem-se extensas salinas, nas quais se acumularam ao longo do tempo elementos químicos como lítio, boro, potássio e magnésio (ALONSO, 2018). A alta concentração de lítio nas salmouras da Puna argentina e suas condições climáticas são fatores determinantes para a produção de lítio. Para a análise apresentada neste trabalho, foram selecionados dois estudos de caso, correspondentes aos dois projetos em operação.

### *Identificação de conexões*

Para a identificação de conexões globais, 649 documentos foram codificados usando MAXQDA Analytics Pro. Todos os documentos correspondiam ao período entre 2018 a 2020 e foram divididos em seis grupos: (1) relatórios elaborados por órgãos governamentais e instituições ligadas à mineração nas províncias de Jujuy e Catamarca (70 documentos), (2) relatórios elaborados por órgãos governamentais e instituições ligadas à mineração em nível nacional (77 documentos), (3) relatórios elaborados pelas duas empresas em produção (52 documentos), (4) relatórios

elaborados por ONGs (28 documentos), (5) notícias publicadas na mídia internacional (18 documentos), (6) artigos jornalísticos publicados na mídia nacional e provincial (378 documentos), (7) o registro etnográfico elaborado com nossa participação no IX Seminário Internacional: Lítio na Região Sul-Americana (2 documentos), (8) literatura (24 documentos).

Por meio de codificação, foram identificadas conexões globais, nacionais, provinciais e locais de cada um dos projetos em produção. Essas conexões incluíam relações estabelecidas a partir de tarefas de extração e produção, transações de exportação e câmbio, vínculos de financiamento e cooperação, atividades de pesquisa e desenvolvimento. Embora o ponto de partida fossem as conexões globais, à medida que a codificação avançava, novas categorias foram incorporadas ao sistema de código inicial, acrescentando as conexões entre (1) o projeto e as instituições nacionais (2) o projeto e as autoridades provinciais, e (3) o projeto e as comunidades locais e municípios. Essa incorporação permitiu agregar uma análise sobre como as conexões globais do projeto se materializam de forma multiescalar. Por sua vez, ao longo da codificação, foram reconhecidas conexões global-local que ultrapassam os projetos em produção e afetam toda a exploração e produção de lítio em diferentes escalas. Entre essas conexões podem ser reconhecidos como fatores-chave as políticas de mitigação das mudanças climáticas, o preço do lítio e a pandemia de COVID-19. Os resultados detalhados na próxima seção são derivados dos segmentos codificados durante o processo de codificação.

## Resultados

### *Políticas ambientais, preços e COVID-19*

Com a assinatura do Acordo de Paris e a publicação da Agenda 2030 das Nações Unidas em 2015, uma série de iniciativas foram desenvolvidas em escala global para tentar reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>. Alguns países aprovaram políticas destinadas a mitigar as mudanças climáticas, nas quais a transição para a eletromobilidade tem desempenhado um papel preponderante. Tanto a China quanto a União Européia (por meio do Banco Europeu de Investimento) forneceram incentivos para a produção de VE, que em muitos casos tomaram a forma de subsídios a compradores e fabricantes. Nos últimos anos, motivada por essas políticas e pelas previsões da crescente demanda por lítio, a chegada de empresas produtoras de lítio na Puna argentina foi exponencial. Muitas delas ainda estão em fase de viabilidade ou prospecção, mas algumas já avançaram na construção de suas plantas piloto.

As políticas ambientais também geraram que as demandas das montadoras e fabricantes de baterias sejam cada vez maiores, uma vez que devem cumprir os padrões estipulados pelos países onde têm suas matrizes. No IX Seminário de Lítio na América do Sul, do qual participaram as mais importantes empresas de lítio da região e autoridades do governo nacional, muitos dos participantes mencionaram que

seus clientes exigem lítio mais limpo e sustentável, ou seja, com impactos ambientais e social mínimo. Isso fez com que as empresas instaladas na Puna tivessem que aumentar o orçamento destinado à Responsabilidade Social Empresarial (RSE) e melhorar os canais de comunicação com as comunidades. No entanto, em muitos casos, as comunidades ainda expressam preocupações e dúvidas sobre a produção.

Em meio à chegada de novos projetos, o Estado nacional tem sido um ator muito relevante. A Secretaria Nacional de Mineração vem desenvolvendo políticas de promoção da mineração muito fortes, que não mudaram muito apesar das mudanças de governo que ocorreram. Em 2019, o governo nacional lançou a Tabela de Competitividade do Lítio especialmente para discutir políticas em torno desse metal. Nessa ocasião, participaram da Mesa os governadores provinciais, funcionários do governo nacional, representantes da Câmara de Empresas de Mineração (CAEM) e da Câmara Argentina de Serviços de Mineração (CASEMI) (essa última representando o setor privado). Em 2021, a Mesa foi reconsolidada, mas desta vez apenas com os governadores provinciais e funcionários nacionais. Em nenhum dos dois casos as comunidades que vivem no entorno dos projetos de extração, nem a comunidade científica, foram convocadas à Mesa – apesar de em 2020 ter sido constituído o Fórum Interuniversitário de Especialistas em Lítio. A continuidade das políticas de mineração pode ser observada no esforço constante dos governos nacionais no poder para atrair investimentos e aumentar as exportações. Nesse sentido, no IX Seminário de Lítio na América do Sul, o Diretor de Desenvolvimento Mineiro promoveu a Argentina como um dos melhores destinos de investimentos por seu potencial geológico e mineral, referindo-se à Lei nº 24.196 sobre investimentos em mineração, que implica um conjunto de benefícios fiscais e estabilidade jurídica por 30 anos para as mineradoras que se instalem na região.

Outro fator a ser levado em consideração é o preço do lítio, que, ao mesmo tempo em que está vinculado às regulamentações ambientais globais, afeta diretamente a produção de lítio na Puna. O aumento da procura de baterias gerou o aumento sustentado do preço do lítio entre 2013 e 2018. Após o anúncio do governo chinês, em 2019, de cortar em 50% os subsídios à compra de VE, aumentou o preço dos EV fazendo o preço do lítio cair rapidamente. Em 2020 e com a pandemia do COVID-19, os preços voltaram a cair. Nos relatórios sobre a situação da mineração publicados semanalmente pela Secretaria Nacional de Mineração, foi possível ver como os preços do carbonato e hidróxido de lítio oscilaram semana a semana durante 2020. Desde 2021, o preço do lítio se encontra novamente em alta. Houve um aumento de cerca de 400% e muitos projetos voltaram a produzir.

A queda de preços e a pandemia afetaram a produção de lítio na Argentina e as exportações. Algumas empresas que estavam em fase de construção de suas fábricas pararam de trabalhar até que as condições melhorassem. Relativamente às exportações, registou-se uma quebra homóloga de 46,7%. Enquanto as exportações



do complexo de lítio atingiram um valor de 102 milhões de dólares no primeiro semestre de 2019, para o primeiro semestre de 2020 as exportações rondaram os 56 milhões de dólares (INDEC, [2020](#)). Em ambos os casos, os principais destinos foram China, Japão, Estados Unidos e União Européia. Embora as exportações de lítio da Argentina venham apenas dos dois projetos que analisaremos neste capítulo, elas foram particularmente afetadas por esses fatores externos.

### *Projeto Fénix*

O projeto Fénix é operado pela Minera del Altiplano S.A. (MDA) que explora as salmouras da Salina del Hombre Muerto nas províncias de Catamarca e Salta desde 1997, e coordena e executa todas as fases operacionais de recuperação e produção de sais de lítio da Fénix (USGS, [2018](#)). A área de influência direta do projeto Fénix inclui uma população de 1.436 habitantes que residem em diferentes comunidades do departamento de Antofagasta de la Sierra (INDEC, [2010](#)). Essas comunidades são afetadas por diferentes condições de pobreza estrutural, em muitos casos sem acesso a direitos básicos como educação, saúde e moradia. A maioria de seus habitantes não tem um emprego permanente e baseia seu sustento econômico em receber algum tipo de programa de ajuda econômica fornecido pelo Governo Nacional (TAPIA *et al.*, [2015](#); MTEYSS, [2020](#)).

### *Conexões Fénix – Atores globais*

A MDA é a subsidiária argentina da Livent Corp., empresa dedicada especialmente à produção de lítio, derivado da norte-americana FMC Lithium Corp. A MDA produz equivalente de carbonato de lítio (LCE) e cloreto de lítio sólido na Argentina. O LCE, que é produzido na Salina del Hombre Muerto, é enviado para as fábricas da empresa nos Estados Unidos e na China, onde é convertido em hidróxido de lítio, componente que a própria empresa define como “essencial para a eletrificação do futuro.” Para a produção de cloreto de lítio sólido, a salmoura é transportada para uma fábrica da Livent localizada na cidade de General Güemes, na província de Salta. O cloreto é usado na fabricação de produtos de butil-lítio em fábricas nos Estados Unidos, Reino Unido, China e Índia. A empresa exporta ambos os produtos pelo porto chileno e considera estratégica sua localização na Salina del Hombre Muerto, já que existe um Tratado de Integração Mineira Argentina-Chile. Contempla a “cooperação mútua para a redução dos custos operacionais e a utilização das infraestruturas”, para a qual a MDA tem a facilidade de uma saída direta para o Oceano Pacífico que lhe permite poupar a transferência da produção para os portos atlânticos. A produção é então enviada por navio para instalações na China e nos Estados Unidos e para clientes que compram diretamente da Livent. Esses clientes são principalmente asiáticos devido ao forte desenvolvimento de baterias de íons de lítio.

De acordo com relatos da empresa, há mais de seis décadas a Livent tem parceria com diferentes clientes para atender a demanda de lítio de forma segura e sustentável, e possui uma ampla gama de produtos em seu portfólio que lhe permite cobrir parte da demanda de lítio para energia verde, mobilidade elétrica e lubrificantes. Atualmente emprega cerca de 800 trabalhadores em todo o mundo e conta com plantas de fabricação e extração em Bessemer City (Estados Unidos), Bromborough (Reino Unido), Antofagasta de la Sierra e General Güemes (Argentina), Patancheru (Índia), Rugao e Zhangjiagang (China). Além disso, a Livent possui escritórios na Filadélfia, Pensilvânia, Nova Jersey, Pocitos, Xangai, Tóquio e Cingapura. Algumas dessas instalações são diretamente dedicadas à promoção de projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

A Livent apresenta a sua fábrica na Salina del Hombre Muerto, onde obtém todo o lítio que comercializam, como uma das operações com os custos mais baixos a nível mundial, o que lhes confere uma vantagem comparativa significativa. No momento em que a FMC começou a operar o projeto Fénix, conseguiu reduzir seus custos operacionais, o que lhe permitiu fechar a antiga mina de lítio a céu aberto que operava na Carolina do Norte e que apresentava sérias preocupações ambientais. Atualmente, a empresa tem acordos com diferentes montadoras para o fornecimento de lítio: com a Tesla assinou um contrato de fornecimento de hidróxido de lítio que vai até 2021 e a BMW anunciou recentemente que vai investir mais de 300 milhões de dólares no projeto Fénix. Dado que, em muitos casos, as montadoras exigem determinados padrões de qualidade, a Livent segue as normas internacionais da ONU e da OIT em matéria de Direitos Humanos, tornando-se em 2020 “participante do Pacto Global das Nações Unidas”.

### *Conexões Fénix – Instituições nacionais*

O governo nacional é um ator importante nas negociações com as empresas instaladas na região. Em entrevista ao diretor-executivo da Livent sobre se estavam negociando retenções de exportação (imposto estabelecido pelo governo nacional para mercadorias exportadas) com o governo nacional, ele respondeu que estão conversando para ser um colaborador responsável: “a última coisa que queremos é ser percebido como alguém que não contribui com o que é justo em termos de impostos ou geração de empregos (...) mas nossa visão tem que levar em conta que concorreremos com exportações do Chile, Austrália ou China. Então, isso tem que ser incorporado à análise tributária.” Percebe-se, então, que as conversas entre a empresa e o governo nacional são frequentes. Por outro lado, entre os contratos mais importantes em nível nacional, a MDA possui acordo com a empresa Pluspetrol S.A., sediada na Argentina, para fornecimento de gás natural, e com a estatal YPF S.A. para o fornecimento de diesel e gasolina para a planta Salina del Hombre Muerto e a planta General Güemes.

## *Conexões Fénix - Instituições provinciais*

De acordo com o estabelecido pela Constituição Nacional, são as províncias que outorgam as concessões às diferentes empresas mineiras. Uma vez obtida a concessão, o seu beneficiário é proprietário de todas as jazidas minerais nelas encontradas e podem ser vendidas ou arrendadas a terceiros. Apenas dois requisitos devem ser atendidos para manter a concessão: o proprietário deve apresentar um plano de trabalho inicial e efetuar pagamentos regulares do cânone (um pagamento semestral). Além disso, antes de iniciar as atividades de mineração, os projetos de mineração são avaliados em questões ambientais com um processo de avaliação de impacto ambiental (EIA), que é renovado a cada dois anos. Em 2015, como parte da compensação pela outorga de concessões e alvarás para a expansão do projeto, Livent e a província de Catamarca concordaram em criar um fundo fiduciário para a construção de obras de infraestrutura por meio da assinatura de um Memorando de Entendimento entre o Ministério Público, Obras Públicas e MDA. As contribuições da MDA para o fundo são de 1,2% do Valor Anual de Vendas da empresa e o fundo é administrado por um comitê de representantes nomeados pela Livent e funcionários do governo. As obras ocorrerão principalmente em Antofagasta de la Sierra, departamento em que o projeto está localizado e onde as populações locais ainda carecem de estradas adequadas e serviços básicos. Entre as propostas iniciais estavam a construção de uma antena de Internet, o desenvolvimento de um parque fotovoltaico para Antofagasta de la Sierra e outro para Antofalla, e um sistema de saneamento para Antofagasta de la Sierra. De acordo com o relatório de sustentabilidade de 2019, a empresa já “doou” cerca de 6 milhões de dólares para projetos de infraestrutura aprovados e concluídos que beneficiam a província de Catamarca. Além disso, segundo Livent, a MDA emprega trabalhadores de Catamarca; e para os que não trabalham na empresa, oferecem bolsas universitárias e capacitação profissional para que possam aprender as tarefas de assistente de operação em processos e técnicas de mineração.

Em relação ao pagamento de *royalties*, como a Fénix está localizada na divisa entre Salta e Catamarca, e produz cloreto de lítio sólido em Salta, houve várias disputas quanto ao pagamento de *royalties*. Por meio de ação judicial, Salta exigiu o pagamento de *royalties* na província, já que até 2019 os *royalties* eram pagos à província de Catamarca. A decisão resultante da denúncia determinou que a Catamarca deve devolver parte do pagamento de *royalties* à província de Salta, correspondente aos anos de 2012 em diante.

## *Conexões Fénix – Comunidades e municípios locais*

Segundo Livent, o MDA mantém comunicação contínua com a comunidade da Salina del Hombre Muerto, enviando equipes diariamente para visitar os moradores e colaborar com alimentos e outros suprimentos essenciais. Em muitos casos, eles

também são abordados por profissionais de saúde. Por meio do MDA, a empresa tem um programa para o desenvolvimento da nutrição de longo prazo nas comunidades locais: existem quatro cozinhas em Antofagasta de la Sierra que oferecem almoços nutricionalmente equilibrados, com o objetivo de que crianças e gestantes recebam alimentação adequada para crescimento e desenvolvimento. No contexto da pandemia de COVID-19, o MDA alegou ter contribuído com serviços de ambulância e médicos e transporte aéreo essencial.

Com relação ao vínculo entre o projeto e as comunidades locais, é importante mencionar que de acordo com a Constituição Nacional e Tratados Internacionais, como a Convenção da OIT nº 169 ratificada pela Argentina em 1992, as comunidades originárias devem ser consultadas antes do início e expansão de um projeto extrativista ou produtivo em seus territórios. Dentro dessas normas, visando garantir a identidade e os direitos coletivos dos povos indígenas, a consulta prévia, livre e informada deve ser realizada pelo Estado, que deve fornecer os recursos necessários e todas as informações disponíveis. Na alina del Hombre Muerto, no entanto, não houve consulta desse tipo. Em 2020, alguns moradores de Antofagasta de la Sierra (a cidade mais próxima de Fénix) se manifestaram contra a construção de um novo aqueduto que fornecerá água ao projeto. O aqueduto afetará o curso do rio Los Patos e os moradores temem que ele reduza a água superficial disponível, como aconteceu durante anos quando Fénix tirou água do rio Trapiche. Quando a construção finalmente parou, muitos dos trabalhadores contratados para o trabalho foram dispensados. Consequentemente, alguns deles se declararam a favor das atividades de mineração, instando o Sindicato dos Trabalhadores de Catamarca a pedir mais participação nas decisões sobre os projetos de mineração. No contexto da pandemia de COVID-19, cerca de 500 trabalhadores foram despedidos sem indenizações devido à suspensão das obras de ampliação.

As famílias que vivem no entorno do projeto Fénix não possuem títulos de propriedade dos territórios que habitam; no entanto, eles têm direitos de posse, pois vivem lá há décadas. Apesar disso, no início de 2020, o MDA derrubou algumas cercas que delimitavam o terreno dessas famílias, argumentando que elas precisavam passar por aquele espaço para acessar a usina. As famílias tentaram opor-se e em resposta a polícia provincial chegou, foi emitida uma ordem de despejo e alguns dos habitantes do local foram presos.

### *Salina de Olaroz*

O projeto Olaroz é operado pela Sales de Jujuy S.A. (SDJ) e iniciou a produção em 2015 na salina Olaroz, na província de Jujuy. Ao contrário do Fénix, o único produto final obtido e exportado pela Olaroz é o carbonato de lítio para bateria (OROCOBRE, [2019](#)). A área de influência direta desse projeto inclui 10 comunidades nativas que vivem no departamento de Susques (GARCÍA MORITÁN; CRUZ, [2011](#)) e que juntas perfazem um total de 3.791 habitantes (INDEC, [2010](#)).

Todas essas comunidades têm títulos de propriedade da terra que usam para realizar atividades produtivas de pequena escala, como pastoreio de gado doméstico e plantio de culturas locais (ABELVIK, 2019). Com a instalação do projeto Olaroz, alguns membros das comunidades conseguiram uma inserção no mercado de trabalho oficial (OROCOBRE, 2019). No entanto, ainda existem muitos outros que baseiam toda ou grande parte de sua economia local na comercialização de produtos obtidos através da agricultura e pecuária.

### *Conexões Salina de Olaroz – Atores globais*

A SDJ é uma subsidiária de 91,5% da SDJ PTE, uma empresa de Cingapura de propriedade da Orocobre (72,68%) e da Toyota Tsusho Corporation (TTC) (27,32%). A associação entre a Orocobre e a TTC teve início em janeiro de 2010 através da celebração de um acordo para desenvolver conjuntamente o Projeto Olaroz. Esse acordo incluiu um plano de financiamento estruturado para garantir a participação direta da TTC e apoio no financiamento do desenvolvimento antecipado do projeto. Conforme relatado pela Orocobre, o investimento da TTC implicou um forte apoio à qualidade dos recursos e produtos produzidos em Olaroz. Em 2012, a estatal Jujuy Energía y Minería Sociedad del Estado (JEMSE) passou a integrar o consórcio empresarial (joint venture) formado por Orocobre e TTC, com 8,5% de participação. Essa empresa, pertencente ao governo de Jujuy, demonstra um interesse direto do governo provincial no desenvolvimento de Olaroz. Orocobre, TTC e JEMSE compõem a SDJ, empresa responsável pela operação do projeto. Embora a SDJ opere em seu escritório localizado em Jujuy, todas as atividades e operações se reportam diretamente à SDJ PTE em Cingapura.

A SDJ vende carbonato de lítio purificado primário para cerca de 100 clientes na Ásia, Europa e América do Norte. Os principais mercados para o produto de grau primário são os mercados de cerâmica, química e vidro, com o grau purificado normalmente sendo vendido para fabricantes de cátodos para uso na produção de baterias. A SDJ comumente exporta sua produção através do Porto de Antofagasta, no Chile. Em algumas ocasiões, quando o porto chileno está fechado devido a ações sindicais (greves ou cortes) ou é impossível acessar por questões climáticas, as importações e exportações são feitas pelo porto de Buenos Aires.

Dado o aumento da demanda por lítio em todo o mundo, em 2018 a Orocobre anunciou uma ampliação do projeto que agregará a produção de 25.000 toneladas, o que resultará em uma produção anual total de 42.500 toneladas. Para a expansão do projeto Olaroz, foi assinado um memorando entre Orocobre, TTC, SDJ, JEMSE, o banco japonês Mizuho Bank Ltd. e a estatal japonesa Japan Oil, Gas and Metals National Corporation (JOGMEC). Essas duas últimas instituições financiaram a soma de 180 milhões de dólares através de uma linha de crédito. O restante do capital

necessário para a expansão da fase 2 será fornecido por meio de empréstimos dos acionistas da Orocobre (75%) e da TTC (25%).

A empresa propôs produzir 17.500 toneladas/ano de carbonato de lítio de grau de bateria (>99,5%  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ) a partir do circuito existente e 25.000 toneladas/ano de carbonato de lítio de grau primário (>99,0%  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ); das quais cerca de 10.000 toneladas por ano serão utilizadas como matéria-prima para a planta de hidróxido de lítio em Naraha (Japão), também de propriedade da Orocobre e atualmente em construção. Essa planta foi projetada para converter carbonato de lítio de grau industrial em hidróxido de lítio de grau de bateria purificado. Segundo a mesma empresa, a fábrica de Naraha proporcionará à Orocobre uma diversificação de produtos “inestimável” e consolidará ainda mais a posição da empresa como produtora global de produtos químicos de lítio. Tanto o hidróxido produzido em Naraha quanto o carbonato produzido em Olaroz servirão para abastecer a Prime Planet Energy & Solutions (PPES), consórcio entre Toyota e Panasonic. Além disso, em 2020, a Orocobre e a TCC assinaram dois contratos para o fornecimento de carbonato de lítio para baterias a fabricantes chineses de cátodos de primeira linha.

Além disso, no início de 2020 a Orocobre e a Advantage, outra empresa dedicada à exploração de lítio na Puna argentina, assinaram um acordo pelo qual a Orocobre adquirirá 100% das ações emitidas e em circulação da Advantage. Esse acordo permitirá à Orocobre ter outros projetos de exploração na Argentina e potencialmente aumentar sua capacidade de produção.

### *Conexões Salina de Olaroz – Instituições nacionais*

Em nível nacional, a SDJ possui convênio com o INTI (Instituto Nacional de Tecnologia Industrial) para treinamento de fornecedores e assessoria técnica para fornecedores locais. Acordos semelhantes foram estabelecidos com a CASEMI (Câmara Argentina de Serviços de Mineração).

### *Conexões Salina de Olaroz – Instituições provinciais*

A principal ligação entre o projeto e a província é através dos regulamentos e requisitos provinciais exigidos tanto para a instalação quanto para a operação do projeto. Conforme estabelecido pela legislação nacional, a SDJ paga royalties à província de Jujuy, que representam 3% do valor “na cabeça da mina”, ou seja, o que é extraído na primeira etapa da produção. Em 2018, a SDJ pagou ao governo provincial um total de aproximadamente USD 1.694.500 a título de *royalties*, valor que o governo provincial cuida depois de distribuir entre os 61 municípios da província. Além disso, o Ministério de Minas e Hidrocarbonetos da província de Jujuy, que é o órgão fiscalizador desse tipo de projeto, exige que os projetos de lítio apresentem relatórios mensais e dados sobre o fluxo de bombeamento de salmoura. Além disso, a mesma Secretaria organiza um

monitoramento participativo com membros das comunidades locais para controlar o cumprimento de todos os protocolos de cuidado e gestão ambiental que a empresa declara em seus Estudos de Impacto Ambiental e Social. Portanto, o contato entre a Secretaria e o projeto é muito frequente. Mas a ligação entre o projeto de Olaroz e a província de Jujuy vai além do pagamento de *royalties*, já que a JEMSE, empresa estatal da província, tem participação no projeto. Os 8,5% que pertencem ao JEMSE foram integralmente financiados pela Orocobre que, através de um acordo com a província, aceitou o financiamento sem risco, ou seja, sem cobrança de juros. Orocobre será reembolsado com a parcela de dividendos do JEMSE. Os reembolsos são limitados a um terço dos dividendos que o JEMSE recebe do SDJ, portanto o JEMSE se beneficiará do fluxo de dividendos remanescentes, além do aumento do valor do projeto Olaroz.

A SDJ também fez acordos com algumas instituições provinciais. Um exemplo disso é o convênio com o Ministério da Educação da Província de Jujuy, por meio do qual a SDJ oferece um programa de ensino fundamental e médio para que seus funcionários e os funcionários de suas empresas contratantes possam concluir seus estudos. Também trabalhou com a Universidade Nacional de Jujuy, ministrando cursos de química e matemática que serviram de treinamento para o trabalho na fábrica. No relatório de sustentabilidade da empresa apresentado em 2017, constava que 22 colaboradores tinham concluído o ensino primário ou secundário e que cerca de 75 colaboradores receberam os cursos ditados pela universidade. Esses acordos são relevantes na medida em que uma das principais reivindicações das comunidades locais, tanto para os projetos mineiros como para a província, é aumentar as possibilidades de estudo e formação dos jovens e trabalhadores da área.

No contexto da pandemia de COVID-19, o projeto Olaroz deu um contributo para o sistema de saúde provincial, permitindo a aquisição de 12.500 kits de diagnóstico rápido para a doença. Durante 2020, também foram realizadas reuniões entre o diretor executivo da Orocobre e o governador da província de Jujuy para discutir a produção de lítio na província, levando em consideração o possível cenário pós-pandemia.

Dado que a JEMSE recebe uma parte da produção da Olaroz, o governo de Jujuy iniciou uma série de negociações para a construção de uma fábrica na província que permitirá o desenvolvimento de todas as etapas da cadeia de fabricação de baterias. De fato, em 2017 foi fundada a Jujuy Litio S.A., um consórcio empresarial entre JEMSE (60%) e a empresa italiana Seri Group (40%) que fez um investimento de 60 milhões de dólares. Posteriormente, em 2019, a Jujuy Lítio iniciou a construção de uma linha piloto; a proposta inicial é importar componentes de baterias e montá-las em Jujuy, embora se espere que esses componentes possam ser fabricados localmente a partir da matéria-prima obtida da Olaroz.

## *Conexões Salina de Olaroz – Comunidades locais e municípios*

Segundo relatório apresentado pela Orocobre em 2017, cerca de 50% do pessoal empregado pela fábrica e 18% dos fornecedores eram membros das comunidades vizinhas. Muitos deles montam seus empreendimentos a partir dos programas, oficinas de capacitação e financiamentos fornecidos pela empresa. Além disso, a SDJ mantém um acordo com Olaroz Chico, a comunidade mais próxima (e proprietária de parte do terreno cedido à empresa), por meio do qual a empresa faz um pagamento direto à comunidade e garante o acesso à energia, água, conexão à Internet e melhorias de infraestrutura (estradas, escolas e prédios comunitários). Em 2017, esse acordo traduziu-se em 4.000 litros de combustível por mês, garantindo o acesso à energia 24 horas por dia, 32.000 litros de água, melhorias na Rota Provincial 70 que permite o acesso ao Olaroz Chico, ligação à Internet para a escola e centro comunitário e professores adicionais para a escola. Acordos como o SDJ-Olaroz Chico não são comuns, em parte porque muitas das comunidades não possuem títulos de propriedade.

A SDJ também implementou um programa de vacinação e suplementação de cálcio para o gado da região e forneceu aos produtores de Olaroz blocos de alfafa, milho e sal com o objetivo de complementar a nutrição dos animais para enfrentar o período de estiagem que atravessaram em 2017. A SDJ também liderou um projeto de reciclagem através do qual foram construídas estufas em Pastos Chicos e Huancar usando garrafas plásticas descartadas da fábrica. O projeto visava ajudar a superar os problemas de desnutrição identificados nas comunidades e permitiria gerar instalações para o futuro desenvolvimento agrícola das comunidades.

Apesar de muitos membros das comunidades do entorno do projeto terem se manifestado a favor da instalação do SDJ, a consulta não foi realizada seguindo o procedimento estabelecido em lei. Ao contrário, a consulta foi realizada pela mesma empresa, já que o governo de Jujuy permitiu que as mineradoras fossem as “consultas” por meio de reuniões informativas e consultivas com as comunidades. Em resposta a isso, membros das 10 comunidades se organizaram em 2012 em um coletivo que chamaram de “La Apacheta”. A partir daí, eles exigem que as consultas sejam realizadas seguindo os procedimentos legais e denunciaram que nem o governo nem as empresas lhes deram as informações necessárias e compreensíveis para poderem ter uma opinião informada sobre a instalação. Até agora, os membros de “La Apacheta” têm pedido profissionais independentes, pagos pelo Estado, para preparar relatórios ambientais e rastrear os impactos da produção de lítio na área. Além disso, alguns moradores que aceitaram o projeto indicam seu desconforto com a empresa, argumentando que quando consultaram foram simpáticos e transparentes, mas que, uma vez concedido o consentimento, o diálogo parou. Nesse mesmo sentido, em alguns casos os membros das comunidades mencionam que apesar de participarem do monitoramento organizado



pelo Ministério de Minas e Hidrocarbonetos em conjunto com a empresa, é muito difícil saber se as áreas em que realizam o monitoramento são representativas de todo o projeto.

### *Discussões e reflexões finais*

Os resultados da análise dos dois projetos em produção mostram que as conexões globais (entre atores governamentais, empresas, agências de financiamento, etc.) têm implicações nos níveis nacional, provincial e local. A produção de lítio conecta pontos geograficamente muito distantes. Essas conexões deixam traços materiais muito específicos, como novos caminhos e rotas, por onde circulam trabalhadores, produtos e capital (CARRIZO *et al.*, 2020); melhorias na infraestrutura local (esgotos, acesso à Internet); grandes usinas de processamento que afetam a paisagem; cercas que impedem o acesso de pessoas de fora do projeto, restringindo a circulação de moradores locais (GÖBEL, 2013; DORN; PEYRÉ, 2020); e impactos ambientais (LIU *et al.*, 2019; MARAZUELA *et al.*, 2019; KAUNDA *et al.*, 2020). Dos resultados obtidos neste trabalho, pode-se deduzir que, conjuntamente, essas conexões, além de se materializarem no espaço, têm consequências sociais e territoriais muito fortes. Entre eles podemos citar os conflitos sociais em torno do lítio entre empresas, Estado e comunidades; uma reorganização das relações sociais nas comunidades, vinculadas a novos regimes de trabalho e mudanças nas atividades tradicionais e discussões e tensões em torno do papel do lítio para o desenvolvimento local. As consequências locais das conexões multiescalares podem informar sobre a justiça do processo de produção de lítio no âmbito da descarbonização. Para isso, eles devem ser analisados usando as quatro dimensões da justiça mencionadas acima.

Em relação à justiça distributiva, os resultados mostram que enquanto os países importadores de carbonato de lítio que possuem o pacote tecnológico e os recursos financeiros necessários para industrializá-lo estão avançando para uma matriz energética mais sustentável, na Argentina ainda não desenvolveram políticas nesse sentido. Os acordos estabelecidos entre empresas públicas e empresas estrangeiras (um exemplo claro é o da Jujuy Litio S.A.) para a fabricação de cátodos e baterias não prosperaram. Isso gera uma grande diferença entre aqueles que se beneficiam do lítio como elemento para um futuro pós-carbono (Norte Global) e aqueles que devem internalizar os custos ambientais ligados aos processos de extração. Esses custos, que afetam diretamente as comunidades locais, não são compensados pelos poucos benefícios que recebem. O dinheiro que fica nos territórios onde ocorre a extração e que chega como *royalties* é muito escasso, pois é distribuído entre todos os municípios das províncias. Apesar disso, no caso de Fénix, gerou tensões entre Salta e Catamarca devido à distribuição do pagamento. Além disso, os acordos entre as comunidades e as empresas são muito pouco frequentes, razão pela qual o acordo entre Olaroz Chico e SDJ é até percebido como uma injustiça pelas demais comunidades vizinhas. Por outro lado, o acordo entre

Catamarca e MDA para o consórcio mineiro não se traduziu em muitas melhorias locais, apesar de ter permitido o aumento das concessões da empresa e a expansão do projeto. Nesse contexto e em linha com os resultados de outras investigações, a produção de lítio tem levado as grandes empresas produtoras a aumentar seus lucros e distribuir os benefícios entre si, sem que isso signifique uma mudança na qualidade de vida das comunidades locais (PERROTI; COVIELLO, [2015](#); DORN; HUBER, [2020](#); DORN; PEYRÉ, [2020](#); MARCHEGANI *et al.*, [2020](#); NACIF, [2020](#)). Esse padrão se repete em outras atividades extrativistas, onde aqueles que se beneficiam dos lucros da produção de lítio e seus benefícios estão espacialmente distantes daqueles que sofrem impactos socioambientais (VELTMEYER, [2020](#)).

A falta de transparência dos processos de consulta às comunidades locais e, em alguns casos, a total ausência de consulta, comprometem a equidade processual da produção de lítio. Em nenhum caso foi aplicado o protocolo de consulta prévia, livre e informada, violando direitos já conquistados pelas populações indígenas, estabelecidos tanto na Constituição Nacional quanto na Convenção 169 da OIT. Ao limitar a consulta, as comunidades foram excluídas não apenas da tomada de decisões sobre como gerenciar a mineração de lítio, mas também das decisões sobre o controle e gestão de seus territórios e a governança de seus recursos naturais. Por outro lado, embora tanto o SDJ quanto o MDA apliquem políticas de responsabilidade social corporativa e transparência institucional, há fortes críticas dos atores locais. Essas políticas devem democratizar o acesso às informações ambientais sobre a produção de lítio e gerar ambientes plurais e participativos para a tomada de decisões e ordenamento do território, porém, organizações locais afirmaram que as informações divulgadas pelas empresas são incompreensíveis devido ao seu alto tecnicismo e que também são realizadas em inglês. Diante dessa situação, alguns autores consideram que a atuação das mineradoras mostra que, longe de informar sobre a situação ambiental de maneira genuína, essas políticas serviram apenas para demonstrar o cumprimento das exigências de organismos internacionais como as Nações Unidas, a Union Europeia, Banco Mundial (BABIDGE, [2015](#)).

Na maioria dos casos, as decisões mais relevantes sobre a produção de lítio são tomadas entre empresas e funcionários do governo. Isso se reflete no Lithium Board, nos acordos entre as empresas e os governos provinciais e nos acordos entre as empresas e o governo nacional, que tenta continuamente flexibilizar os regulamentos de investimento na Argentina. No entanto, há uma série de decisões, como as que aparecem no artigo do jornal *La Nación*, nas quais nem mesmo o Estado tem interferência. Algumas conexões globais determinam a produção de lítio na Argentina sem a mediação da opinião ou posicionamento local, provincial ou nacional. Diante desse cenário, a forma de participação que as comunidades locais têm encontrado tem sido a organização e mobilização contra a produção de lítio ou contra algumas das injustiças que ela produz.

Os confrontos mencionados entre MDA e famílias locais podem ser analisados a partir da dimensão cosmopolita da justiça. As demissões sem indenização e a entrada forçada nas terras que as comunidades habitam há décadas interferem no bem-estar dos moradores locais. As assimetrias de poder tornam-se muito evidentes aqui: comunidades locais que foram marginalizadas durante anos pelos estados nacionais e provinciais, enfrentando empresas transnacionais que lideram a produção global de lítio. No entanto, para muitos habitantes da Puna argentina, a produção de lítio representa uma esperança de fugir dessa marginalização. Assim, melhorias no acesso a alguns serviços, planos de bolsas de formação, capacitação de membros da comunidade, possibilidade de conseguir um emprego (ainda que talvez temporário ou por contrato) em empresas, é identificado como um avanço em termos de qualidade de vida.

Por fim, uma das questões mais claras que emergem dos resultados é que as conexões estabelecidas a partir de Fénix e Salina de Olaroz reorganizam as relações sociais e as formas de vinculação com o território de quem o habita. Muitas famílias que se dedicavam a diversas atividades tradicionais agora estão empregadas em mineradoras. Muitas famílias que se dedicam, mesmo sem ter o título da terra, à pecuária e ao pastoreio transumante, temem os impactos da extração do lítio na disponibilidade de água e vegetação. Do ponto de vista da justiça de reconhecimento, a falta de posse segura da terra e a falta de conhecimento preciso sobre os impactos da produção de lítio na continuidade dos meios de subsistência locais, somados às injustiças em termos distributivos, processuais e cosmopolitas, tornam as comunidades locais atores ou vítimas vulneráveis de transições de energia. Em sentido semelhante, Aliano *et al.* (2019) argumentaram que a produção de lítio está deslocando modos de vida ancestrais e comunidades que não têm uma alternativa de renda garantida por meio de projetos de lítio.

A inovação tecnológica desenvolvida nos últimos dez anos em relação aos minerais estratégicos permitiu promover a transição energética em alguns países do Norte Global. Enquanto o lítio é concebido por ambientalistas e acadêmicos desses países como uma possibilidade de avançar para um futuro pós-carbono, para quem vive nos territórios onde ocorre a extração, o lítio aprofundou algumas desigualdades. Nesse sentido, no quadro das transições energéticas que visam a descarbonização, o lítio surge como um produto ambivalente. Em primeiro lugar, é um recurso local: sua produção tem impactos ambientais e sociais muito específicos nos territórios onde é extraído. Transforma o ambiente e as relações sociais nesses espaços, fazendo com que as comunidades discutam sua exploração e, de forma mais geral, questionem seus possíveis futuros e como desejam habitar seus territórios. Mas também é um recurso global: sua produção responde a fatores externos, a processos que ocorrem em escala global. São principalmente atores globais – como empresas transnacionais, bancos estrangeiros, políticas estabelecidas por países do Norte Global – que decidem o que, como e em que quantidade o lítio é produzido na Puna argentina e qual será seu

destino. Avançar para processos de descarbonização mais justos implicará que todos os atores envolvidos, em todas as escalas, possam discutir coletivamente os custos e benefícios da produção de lítio. No entanto, existem assimetrias de poder dentro da rede de produção e injustiças que atingem, sobretudo, comunidades e territórios locais. Levando isso em conta, é necessário o desenvolvimento de políticas que proporcionem melhorias nas condições de vida das populações nativas e aumentem sua participação nessas discussões, e a realização de pesquisas que contribuam para uma melhor compreensão dos impactos multiescalares da produção de lítio e como mitigá-los.

## Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio das seguintes instituições: Conselho Nacional de Pesquisa Científica e Técnica (CONICET) da Argentina, Universidade Nacional de Salta (UNSa), Departamento de Geografia da Universidade Texas A&M, Rede Suíça de Estudos Internacionais (SNIS) (Projeto LÍTIO), CAPES-PVE/BRASIL Proc. 88881.068108/2014-01 (Projeto “Impactos da Energia Eólica no Litoral Nordeste”) e PRONEM FUNCAP/CNPq Proc. PNE 0112-00068.01.00/16 (Projeto “Análise socioambiental da implantação de parques eólicos no Nordeste: perspectivas para a sustentabilidade da geração de energia renovável no Brasil”).

## Referências

- ABELVIK-LAWSON, H. **Indigenous environmental rights, participation and lithium mining in Argentina and Bolivia: a socio-legal analysis**. 2019. Tese (Doutorado em Direitos Humanos) – University of Essex, Colchester, 2019.
- ALIANO, S.; BLANCO, G.; DÍAZ ALMASSIO, N.; KEESLER, D.; SOSA, B. **Movilidad sustentable: desafíos para la Argentina**. Buenos Aires: Fundación Ambiente y Recursos Naturales, 2019. Disponível em: [https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2020/03/Movilidad\\_Sustentable\\_Cambios\\_2602.pdf](https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2020/03/Movilidad_Sustentable_Cambios_2602.pdf). Acesso em: 26 abr. 2021.
- ALONSO, R.N. **La Puna argentina**. Ensayos geológicos, históricos y geográficos de una región singular. Salta: Mundo Editorial, 2013.
- ARGENTO, M. Y.; PUENTE, F. Entre el boom del litio y la defensa de la vida. Salares, agua, territorios y comunidades en la región atacameña. *In*: FORNILLO, B. (ed.). **Litio en Sudamérica**. Buenos Aires: CLACSO, 2019. p. 173-220.
- BABIDGE, S. Contested value and an ethics of resources: Water, mining and indigenous people in the Atacama Desert, Chile. **The Australian Journal of Anthropology**, v. 27, n. 1, p. 84-103, 2015.
- CARRIZO, S. C.; FORGET, M.; BOS, V. Frentes mineros para la transición energética. Regionalizaciones invisibles en torno a los salares altoandinos. *In*: COLLOQUE INTERNATIONAL DU CIST,5., 2020, Paris-Aubervilliers. **Anais** [...]. Paris-Aubervilliers: Université Paris, 2020. p. 319-324.
- DIAZ PAZ, W. F.; ESCOSTEGUY, M.; CLAVIJO, A.; SEGHEZZO, L.; IRIBARNEGARAY, M.A. Transición energética y producción de litio en Argentina: principales debates y desafíos para la gestión del agua. *In*: BRANNSTROM, C.; SEGHEZZO, L.; GORAYEB, A. (ed.).

**Descarbonização na América do Sul: conexões entre o Brasil e a Argentina.** Mossoró: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), 2022.

- DORN, F. M.; HUBER, C. Global production networks and natural resource extraction: adding a political ecology perspective. **Geographica Helvetica**, v. 75, n. 2, p. 183-193, 2020.
- DORN, F. M.; RUIZ PEYRÉ, F. Lithium as a strategic resource: geopolitics, industrialization, and mining in Argentina. **Journal of Latin American Geography**, v. 19, n. 4, p. 68-90, 2020.
- ESCOSTEGUY, M.; DIAZ PAZ, W. F.; IRIBARNEGARAY, M. A.; CLAVIJO, A.; ORTEGA INSAURRALDE, C.; STERN, H.; VENENCIA, C. D.; BRANNSTROM, C.; HUFTY, M.; SEGHEZZO, L. Will electro-mobility encourage injustices? The case of lithium production in the Argentine Puna. In: NADESAN, M. H.; PASQUALETTI, M. J.; KEAHEY, J. (ed.). **Energy democracies for sustainable futures**. [s. l.]: Elsevier Science, 2022 (No prelo).
- GARCÍA MORITÁN, M.; CRUZ, B. Comunidades originarias y grupos étnicos de la provincia de Jujuy. **Población y Sociedad**, v. 19, n. 2, p. 155-173, 2012.
- GEELS, F. W.; SOVACOO, B. K.; SCHWANEN, T.; SORRELL, S. The socio-technical dynamics of low-carbon transitions. **Joule**, v. 1, n. 3, p. 463-479, 2017.
- GÖBEL, B. La minería del litio en la Puna de Atacama: interdependencias transregionales y disputas locales. **Iberoamericana**, v. 13, n. 49, p. 135-149, 2013.
- GONZÁLEZ, J. A. Aprovechando la energía solar en la Puna. In: GRAU, H. R.; BABOT, M. J.; IZQUIERDO, A. E.; GRAU, A. (ed.). **La Puna argentina: naturaleza y cultura**. Tucumán: Fundación Miguel Lillo, 2018. p. 93-95.
- HACHE, E.; SECK, G. S.; SIMOEN, M.; BONNET, C.; CARCANAGUE, S. Critical raw materials and transportation sector electrification: a detailed bottom-up analysis in world transport. **Applied Energy**, v. 240, p. 6-25, 2019.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS. Complejos exportadores. Primer semestre de 2020. **Comercio Exterior**, Buenos Aires, v. 4, n. 14, p.1-30, 2020.
- IRIBARNEGARAY, M. A.; ELIZABETH JIMÉNEZ, GARCÉS I.; LORCA, M.; ESCOSTEGUY, M.; DIAZ PAZ, W. F.; CLAVIJO, A. Análisis de los marcos institucionales para la explotación de litio en Sudamérica. In: BRANNSTROM, C.; SEGHEZZO, L.; GORAYEB, A. (ed.). **Descarbonização na América do Sul: conexões entre o Brasil e a Argentina**. Mossoró: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), 2022.
- KAUNDA, R. B. Potential environmental impacts of lithium mining. **Journal of Energy & Natural Resources Law**, v. 38, n. 3, p. 237-244, 2020.
- LIU, W.; AGUSDINATA, D. B.; MYINT, S. W. Spatiotemporal patterns of lithium mining and environmental degradation in the Atacama Salt Flat, Chile. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 80, p. 145-156, 2019.
- MARAZUELA, M. A.; VÁZQUEZ-SUÑÉ, E.; AYORA, GARCÍA-GIL, A.; PALMA, T. The effect of brine pumping on the natural hydrodynamics of the Salar de Atacama: the damping capacity of salt flats. **Science of The Total Environment**, v. 654, p. 1118-1131, 2019.
- MARCHEGIANI, P.; MORGERA, M.; PARKS, L. Indigenous peoples' rights to natural resources in Argentina: the challenges of impact assessment, consent and fair and equitable benefit-sharing in cases of lithium mining. **The International Journal of Human Rights**, v. 24, n. 2-3, p. 224-240, 2020.

- MCCAULEY, D.; RAMASAR, V.; HEFFRON, R. J.; SOVACOOOL, B. K.; MEBRATU, D.; MUNDACA, L. Energy justice in the transition to low carbon energy systems: exploring key themes in interdisciplinary research. **Applied Energy**, v. 233, p. 916-921, 2019.
- MINING WATCH CANADA. Conference Report: Turning down the heat: can we mine our way out of the climate crisis? Ottawa: Mining Watch Canada, 2020. Disponível em: <https://miningwatch.ca/publications/2020/11/16/conference-report-turning-down-heat-can-we-mine-our-way-out-climate-crisis>. Acesso em: 26 de abr. 2021.
- MINISTERIO DE TRABAJO, EMPLEO Y SEGURIDAD SOCIAL DE LA REPÚBLICA ARGENTINA. **Informe de diagnóstico laboral de la provincia de Catamarca**. Buenos Aires, 2020. Disponível em: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/20.08.04\\_informe\\_cat.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/20.08.04_informe_cat.pdf). Acesso em: 26 abr. 2021.
- NACIF, F. Litio en Argentina: dos décadas de explotación. *In*: FUNDACIÓN AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (org.). **Informe ambiental 2020**. Buenos Aires: FARN, 2020.
- OROCOBRE. **Sustainability full report**. [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.orocobre.com/wp-content/uploads/2020/04/2019-Sustainability-Full-Report.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- PEROTTI, R.; COVIELLO, M. F. **Governance of strategic minerals in Latin America: the case of Lithium**. Santiago: ECLAC, 2015.
- PERREAUL, T. T. Bolivia's high stakes lithium gamble. **NACLA Report on the Americas**, v. 52, n. 2, p. 165-172, 2020.
- PERROTTO, S. **La minería del litio en Salinas Grandes: Un análisis de diferentes narrativas en torno a la extracción de litio desde 2010 hasta el presente**. Albany: SIT Digital Collections, 2020.
- POVEDA BONILLA, R. **Estudio de caso sobre la gobernanza del litio en Chile**. Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2020. Disponível em: <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45683-estudio-caso-la-gobernanza-litio-chile>. Acesso em: 26 abr. 2021.
- QUINTEROS-CONDORETTY, A. R.; ALBAREDAC, L.; BARBIELLINIA, B.; SOYER, A. A socio-technical transition of sustainable lithium industry in Latin America. **Procedia Manufacturing**, v. 51, p. 1737-1747, 2020.
- SOLA, R. Kachi Yupi: un ejercicio de autodeterminación indígena en Salinas Grandes. 2016. *In*: FUNDACIÓN AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (org.). **Informe ambiental 2016**. Buenos Aires: FARN, 2016. Disponível em: <https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2020/06/15Sola%CC%81.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021
- SOVACOOOL, B. K.; ALI, S. H.; BAZILIAN, M.; RADLEY, B.; NEMERY, B.; OKATZ, J.; MULVANEY, D. Sustainable minerals and metals for a low carbon future. **Science**, v. 367, p. 30-33, 2020.
- SOVACOOOL, B. K.; HOOKA, A.; MARTISKAINENA, M.; BAKER, L. The whole systems energy injustice of four European low-carbon transitions. **Global Environmental Change**, v. 58, p. 101958, 2019a.
- SOVACOOOL, B. K. The political ecology and justice of energy. *In*: VAN DE GRAAF, T.; SOVACOOOL, B. K.; GOSH, A.; KERN, F.; KLARE, M. T. (ed.). **The Palgrave Handbook of the International Political Economy of Energy**. London: Palgrave Macmillian, 2016.
- SOVACOOOL, B. K. Who are the victims of low-carbon transitions? Towards a political ecology of climate change mitigation. **Energy Research & Social Science**, v. 73, p. 101916, 2021.

- SOVACOOOL, B. K.; MARTISKAINEN, M.; HOOK, A.; BAKER, L. Decarbonisation and its discontents: a critical energy justice perspective on four low-carbon transitions. **Climate Change**, v. 155, p. 591-619, 2019b.
- STERBA, J.; KRZEMIENI, A.; RIESGO FERNÁNDEZ, P. Lithium mining: Accelerating the transition to sustainable energy. **Resources Policy**, v. 62, p. 416–426, 2019.
- TAPIA, M. D. V.; QUIROGA, D. E.; SÁNCHEZ, D. La gran minería ¿sinónimo de desarrollo?: la aplicación del Índice de Calidad de Vida (ICV) en el caso de Antofagasta de la Sierra, Provincia de Catamarca. **Revista Iberoamericana de Estudios Municipales**, v. 12, p. 41-66, 2015.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Argentina lithium map-data sources and explanatory notes**. Washington, D.C.: USGS, 2018.
- UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Mineral commodity summaries 2020**. Washington, D.C.: USGS, 2020.
- VÁSQUEZ, P.I. **The Lithium Triangle**: the case for post-pandemic optimism. Washington: Wilson International Center Working Paper, 2020.
- VELTMEYER, H. Latin America in the vortex of social change: development and social movement dynamics. **World Development**, v. 130, p. 104916, 2020.







A descarbonização, necessária para evitar o aquecimento global catastrófico, demanda investimentos significativos em tecnologia de engenharia, em recursos humanos e nas ciências sociais. Este livro aborda o consenso emergente sobre a descarbonização: as energias eólica e solar podem atender as necessidades de eletricidade do mundo se implantadas em larga escala; é viável, tecnologicamente, o armazenamento comercial de eletricidade eólica e solar utilizando baterias, permitindo o uso intensivo da energia renovável de modo permanente, seguro e estável. No entanto, ambos os empreendimentos oferecem consideráveis novos riscos para as pessoas e o meio ambiente, devido à nova demanda por terra para a implantação de parques de energia renovável e à mineração de metais utilizados na produção das baterias, em especial o lítio. Fruto de uma parceria entre a Universidade Federal do Ceará e a Universidade Nacional de Salta, este livro oferece recursos para informar e capacitar pessoas numa abordagem holística capaz de encontrar soluções para possíveis consequências negativas da descarbonização.



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO CEARÁ



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE SALTA

CONICET



I N E N C O



CAPES

ISBN: 978-85-7621-327-7



TCD

9 788576 213277