

revista brasileira de  
**ENERGIA**



Sociedade Brasileira de  
Planejamento Energético

Volume 29, Nº 3, 3º Trimestre de 2023

**Diagramação**

Kelly Fernanda dos Reis

**Revisão**

Arnaldo Walter

**Revista Brasileira de Energia  
Vol. 29 - nº 3**

Itajubá, 2023 - SBPE

Editor: Arnaldo Walter  
147 p.

1 - Energia - artigos

2 - Publicação científica

ISSN: 2317-6652

É permitida a reprodução parcial ou total da obra, desde que citada a fonte.

revista brasileira de  
**ENERGIA**

A Revista Brasileira de Energia tem como missão: “divulgar trabalhos acadêmicos, estudos técnicos e resultados de pesquisas relacionadas ao planejamento energético do país e das suas relações regionais e internacionais”.

### **Editor Responsável**

Arnaldo Walter

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4931-1603>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1348339517901277>

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

### **Comitê Editorial**

Alexandre Salem Szklo

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Annemarlen Gehrke Castagna

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Edmilson Moutinho dos Santos

Universidade de São Paulo - USP

Helder Queiroz Pinto Junior

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Joaquim Eugênio Abel Seabra

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Kamyla Borges da Cunha

Instituto Clima e Sociedade - iCS

Luiz Augusto Horta Nogueira

Universidade Federal de Itajubá - UNIFEI

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Mônica Cavalcanti Sá de Abreu

Universidade Federal do Ceará - UFC

Sergio Valdir Bajay

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Virgínia Parente

Universidade de São Paulo - USP

A Revista Brasileira de Energia (RBE) é uma publicação da Sociedade Brasileira de Planejamento Energético (SBPE), editada trimestralmente.

### **Diretoria da SBPE**

Presidente: Rubem César Rodrigues Souza

Vice-Presidente: Juliana Klas

Diretora de Eventos: Paula Meyer Soares

Diretor de Publicações: Arnaldo Walter

Diretor Administrativo: Edson da Costa Bortoni

### **Conselho Fiscal**

Eduardo Mirko Valenzuela Tundera

Ivo Leandro Dorileo

Jamil Haddad

### **Conselho Consultivo**

Afonso Henriques Moreira Santos

Célio Bermann

Edmilson Moutinho dos Santos

Ivan Marques de Toledo Camargo

Jamil Haddad

José Roberto Moreira

Luiz Pinguelli Rosa

Maurício Tiommo Tolmasquim

Oswaldo Lívio Soliano Pereira

Sergio Valdir Bajay

### **Secretaria Executiva da SBPE**

Kelly Fernanda dos Reis

Endereço: Av. BPS, 1303 – Pinheirinho

Itajubá – MG – CEP:37.500-903

E-mail: [exec@sbpe.org.br](mailto:exec@sbpe.org.br)

Os artigos podem ser enviados por meio do site da SBPE

**[www.sbpe.org.br](http://www.sbpe.org.br)**

# ESTATÍSTICAS

## Tempo para tomada de decisões

Desde o primeiro número publicado em 2022, a Revista Brasileira de Energia (RBE) vem apresentando estatísticas relativas ao processamento das submissões. Com a implantação de novos procedimentos gerenciais, a partir de outubro de 2020 foi possível reduzir o tempo para a avaliação dos artigos e tomada de decisões.

Entretanto, por conta das pendências então existentes, para o conjunto de submissões analisadas desde outubro de 2020 o tempo médio de tomada de decisão ainda é longo – 229 dias –, sendo apenas um pouco menor – 222 dias – para os artigos aceitos para publicação. O número de dias é contado da data de submissão até a data da decisão editorial final – aceitação ou rejeição –, e na avaliação não estão sendo considerados os artigos publicados em número especial (no volume 27, números 2 e 3, publicados em 2021) e os artigos de autores convidados.

Já para as submissões que ocorreram a partir de outubro de 2020 e, portanto, excluindo dos resultados as pendências que existiam até então, o tempo médio de tomada de decisão é de 146 dias, sendo de 167 dias para os artigos aceitos. Para os cinco artigos publicados neste número, o tempo médio entre a submissão e a decisão editorial final foi de 132 dias.

O compromisso anteriormente assumido é de alcançar e manter o tempo de tomada de decisão abaixo de 150 dias e, com os resultados deste número, melhoramos o indicador temporal em relação ao que foi apresentado anteriormente. A RBE segue trabalhando para melhoria de seus procedimentos, e para que melhores resultados sejam alcançados.

## Artigos mais acessados e os mais citados

Desde março de 2018, o gerenciamento das submissões à Revista Brasileira de Energia é feito pela plataforma Open Journal Systems (OJS). Todos os artigos já publicados pela RBE, desde 1989, estão disponíveis em formato eletrônico (ver <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/issue/archive>). A plataforma OJS registra, desde março de 2018, o número de consultas a *abstracts* e os *downloads* dos artigos publicados.

Em pouco mais de cinco anos houve quase 182 mil *downloads* de artigos publicados; o levantamento aqui apresentado foi feito na última semana de setembro de 2023. Entre todos os artigos já publica-

dos, os cinco mais acessados são apresentados na Tabela 1; não houve mudanças na lista, mas houve aumento no número de *downloads*. Por outro lado, entre os artigos publicados a partir de 2020 (inclusive), os cinco mais acessados são apresentados na Tabela 2; neste caso, há mudanças na lista.

Por outro lado, utilizando a plataforma Google Acadêmico, no fim de setembro de 2023 foram identificados os artigos da RBE com mais citações. Na Tabela 3 são apresentados os dez artigos mais citados, de acordo com o levantamento feito.

Tabela 1 - Artigos mais acessados dentre os já publicados; monitoramento a partir de março de 2018

Título	Autores	Ano	Volume e número	Número de downloads
Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização	Luís Cortez, Paulo Magalhães e Júlio Happ	1992	v. 02 n.02	9.877
Sistemas de armazenamento de energia elétrica em redes inteligentes: características, oportunidades e barreiras	Yáscara F. F. Costa e Silva, e Edson C. Bortoni	2016	v. 22 n. 01	7.598
Dimensionamento de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica: Estudo de caso do sistema de Tubarão - SC	Osvaldo L. S. Pereira e Felipe F. Gonçalves	2008	v. 14 n. 01	7.310
<i>Investment analysis for wind energy projects</i>	Wagner Sousa de Oliveira e Antônio Jorge Fernandes	2013	v. 19 n.02	6.071
Política e gestão ambiental: conceitos e instrumentos	Alessandra Magrini	2011	v. 08 n. 01	3.976

Tabela 2 - Artigos mais acessados dentre os publicados a partir de 2020 (inclusive)

Título	Autores	Ano	Volume e número	Número de downloads
Emissões de gases de efeito estufa no setor de energia, no Brasil	Arnaldo Walter	2021	v. 27, n. 3	1.767
A multidimensionalidade da pobreza no Brasil: um olhar sobre as políticas públicas e desafios da pobreza energética	Antonella Mazzone, Talita Cruz, Paula Bezerra, Régis Rathmann, André F. P. Lucena, Roberto Schaeffer, Alexandre Szklo	2021	v. 27, n. 3	819
Validação de dados de vento da reanálise ERA5-LAND para estimativa de potencial eólico no Estado do Rio de Janeiro	Rose Angela Hilda Wanzeler Braga, Eliane Barbosa Santos, Matheus Ferreira de Barros	2021	v. 27 n. 04	747

Tabela 2 - Artigos mais acessados dentre os publicados a partir de 2020 (inclusive) (cont.)

Título	Autores	Ano	Volume e número	Número de citações
Fundamentos do planejamento energético centralizado e do descentralizado	Arthur Mendonça Quinhones Siqueira e Célio Bermann	2020	v. 26 n. 01	697
(In)Justiça energética: definição conceitual, parâmetros e aplicabilidade no caso do Brasil	Vinicius Eduardo Ribas, André Felipe Simões	2020	v. 26 n. 04	655

Tabela 3 - Artigos com mais citações acadêmicas; levantamento feito pelo Google Acadêmico na última semana de Junho de 2023

Título	Autores	Ano	Volume e número	Número de citações
Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização	Luís Cortez, Paulo Magalhães e Júlio Happ	1992	v. 02 n.02	142
Política e gestão ambiental: conceitos e instrumentos	Alessandra Magrini	2001	v. 08 n. 01	113
O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas	Alexandre Uhlig, José Goldemberg, Suani Teixeira Coelho	2008	v. 14 n. 02	65
Reflexões sobre os principais programas em eficiência energética existentes no Brasil	Hamilton Moss de Souza, Paulo Augusto Leonelli, Carlos Alexandre Príncipe Pires, Valdir Borges Souza Júnior, Roberto Wagner Lima Pereira	2009	v. 15 n. 01	39
Energia solar fotovoltaica no Brasil: incentivos regulatórios	Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella, Carla Kazue Nakao Cavaliero, Ennio Peres da Silva	2008	v. 14 n. 01	38
Dimensionamento de inversores para sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica: Estudo de caso do sistema de Tubarão – SC	Osvaldo L. S. Pereira, Felipe F. Gonçalves	2008	v. 14 n. 01	33
Mudança institucional e inovação na indústria brasileira de petróleo	André Tosi Furtado	2002	v. 09 n. 01	32
Planejamento energético: necessidade, objetivo e metodologia	Sérgio Valdir Bajay	1989	v. 01 n. 01	27

Tabela 3 - Artigos com mais citações acadêmicas; levantamento feito pelo Google Acadêmico na última semana de Junho de 2023

Título	Autores	Ano	Volume e número	Número de citações
Impactos ambientais de reservatórios e perspectivas de uso múltiplo	Cruz Castro H., Fabriza M. P	1995	v. 04 n. 01	25
Processo de aprendizagem da Petrobrás: programas de capacitação tecnológica em sistemas de produção <i>offshore</i>	Adriana Gomes de Freitas, André Tosi Furtado	2001	v. 08 n. 01	23

Em nome do Comitê Editorial da RBE, agradeço a contribuição de todos os autores.

**Arnaldo Walter**

Editor Responsável da Revista Brasileira de Energia



## EDITORIAL

Este é o terceiro número publicado em 2023 pela Revista Brasileira de Energia (RBE). Desde o primeiro fascículo de 2022 (Vol. 28, nº 1) estão sendo apresentadas estatísticas dos tempos de processamento das submissões, bem como dos registros de acesso às publicações. Quanto aos registros de acesso, estão sendo indicados os artigos mais acessados desde 2018, quando o monitoramento começou a ser feito, assim como os mais acessados entre os artigos publicados após 2020 (inclusive). Também estão sendo apresentados os resultados do levantamento de citações acadêmicas, entre todos os artigos publicados pela RBE.

No presente número estão sendo publicados cinco artigos que passaram pelo processo regular de análise por pares. Os artigos estão publicados na sequência cronológica das submissões.

O artigo de Thomaz Xavier e coautores analisa a possível instalação de parques eólicos marítimos, e tem foco no estudo de potenciais impactos socioambientais, principalmente na atividade pesqueira. O estudo trata particularmente do Nordeste do Brasil.

Já a contribuição de Fabiana Karla O. M. Varella e coautores, versa sobre a universalização do acesso à energia elétrica, no Brasil, com análise específica da implantação dos sistemas autônomos individuais (SIGFI) ou de minirredes (MIGDI).

Anderson Nunes de Carvalho Vieira e coautores discutem sobre vantagens e desvantagens dos sistemas fotovoltaico e eólico na geração de energia elétrica, tendo como pano de fundo as recentes crises hídricas no Brasil.

O artigo de Leonardo Mosimann Estrella e Isa de Oliveira Rocha versa sobre o desenvolvimento do mercado de gás natural veicular (GNV) em Santa Catarina. De acordo com os autores, a recente tendência de uberização tem e terá impacto na evolução deste mercado.

Por sua vez, o trabalho de Luísa Lopes de Freitas Guilherme e Ana Carolina Fernandes Maciel analisa o uso integrado das metodologias BIM (Building Information Modeling) e BES (Building Energy Simulation) no projeto de edificações e no dimensionamento dos sistemas de controle térmico. As autoras tratam especificamente da avaliação de um edifício construído em uma universidade brasileira.

A RBE agradece aos colaboradores. Desejo bom proveito a todos os leitores deste número da Revista Brasileira de Energia.

**Arnaldo Walter**

Editor Responsável da Revista Brasileira de Energia

# SUMÁRIO

**PARQUES EÓLICOS MARÍTIMOS (OFFSHORE) COMO FRONTEIRA ENERGÉTICA? IMPACTOS E SINERGIAS COM OS ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E A ATIVIDADE PESQUEIRA NO NORDESTE DO BRASIL.....11**

Thomaz Xavier, Adryane Gorayeb, Christian Brannstrom

**UNIVERSALIZAÇÃO DO ACESSO À ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: PANORAMA DE SIGFIS E MIGDIS INSTALADOS.....43**

Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella, Izana Nadir Ribeiro Vilela, Rodolfo Dourado Maia Gomes

**CRISE HÍDRICA E SEGURANÇA ENERGÉTICA: AS VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICO E EÓLICO COMO ALTERNATIVAS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....75**

Anderson Nunes de Carvalho Vieira, Alvorí Ahlert, João Paulo Muzika Hansen, Michele Carla Roco Piffer

**CICLOS, TECNOLOGIA E UBERIZAÇÃO: A IMPOSIÇÃO DA FORMAÇÃO SOCIOECONÔMICA NO DESENVOLVIMENTO DO GNV EM SANTA CATARINA..100**

Leonardo Mosimann Estrella, Isa de Oliveira Rocha

**INTEGRAÇÃO BIM-BES PARA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EDIFICAÇÃO ESCOLAR NO BRASIL.....127**

Luísa Lopes de Freitas Guilherme, Ana Carolina Fernandes Maciel

## PARQUES EÓLICOS MARÍTIMOS (OFFSHORE) COMO FRONTEIRA ENERGÉTICA? IMPACTOS E SINERGIAS COM OS ASPECTOS SOCIOAMBIENTAIS E A ATIVIDADE PESQUEIRA NO NORDESTE DO BRASIL

Thomaz Xavier<sup>1</sup>  
Adryane Gorayeb<sup>1</sup>  
Christian Brannstrom<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Ceará

<sup>2</sup>Texas A&M University

DOI: 10.47168/rbe.v29i3.790

### RESUMO

O ambiente marinho é mais vantajoso para a energia eólica em comparação com a superfície terrestre, o que pode resultar em maiores fatores de capacidade (eficiência) e densidade de potência para Parques Eólicos *Offshore* (PEO). Em julho de 2023, 78 projetos estavam em análise pelo órgão federal licenciador brasileiro. Questões socioambientais devem ser consideradas no processo relacionado aos diferentes usos do espaço marinho. Há uma lacuna na bibliografia internacional sobre o tema. Além disso, o contexto brasileiro se apresenta com uma diversidade de usos no espaço marinho. A pesca artesanal se destaca por ser fundamental para a manutenção do modo de vida e segurança alimentar de inúmeras comunidades do litoral brasileiro. São cerca de 650 territórios pesqueiros ao longo da costa brasileira, envolvendo indiretamente mais de 3 milhões de pessoas na atividade. O objetivo deste artigo é sintetizar os impactos socioambientais potenciais e conhecidos dos PEOs, com foco no contexto da pesca artesanal no Nordeste do Brasil. Os impactos diferem entre as fases de pré-construção, construção e pós-construção, podendo ter efeitos de curto, médio e longo prazo. Além disso, deve-se atentar para a fase de descomissionamento das estruturas. Embora a literatura apresente possíveis impactos positivos na pesca, destacamos possíveis prejuízos econômicos na atividade pesqueira por diversos motivos, incluindo exclusão espacial, dificuldade de navegação e redução de peixes. Ações efetivas são necessárias para mitigar tais perdas, sendo o licenciamento ambiental um importante curso de ação. Por fim, é imprescindível que as ações de implantação de parques eólicos *offshore* estejam alinhadas com os conceitos de justiça energética.

Palavras-chave: Impactos socioambientais; Descarbonização da matriz energética; Pesca artesanal; Sul global; Transição energética justa.

## ABSTRACT

The marine environment is more advantageous for wind energy compared to the terrestrial surface, which may result in higher capacity factors (efficiency) and power density for Offshore Wind Farms (PEO). In July 2023, 78 projects were under review by the Brazilian federal licensing body. Socio-environmental issues must be considered in this process related to the different uses of marine space. There is a gap in the international bibliography on the subject. In addition, the Brazilian context presents a diversity of uses in the marine space. Artisanal fishing stands out because it is fundamental to maintain the way of life and food security of countless communities on the Brazilian coast. There are about 650 fishing territories along the Brazilian coast, indirectly involving more than 3 million people in the activity. The purpose of this article is to synthesize the potential and known socio-environmental impacts of PEOs, focusing on the context of artisanal fishing in Northeast Brazil. Impacts differ among the pre-construction, construction and post-construction phases, and may have short-, medium- and long-term effects. In addition, attention must be paid to the decommissioning phase of structures. Although the literature presents possible potential positive impacts on fishing, we highlight possible economic loss in fishing activity for different reasons, including spatial exclusion, difficulty in navigating, and reduction of fish. Effective actions are needed to mitigate such losses, and environmental licensing is an important course of action. Finally, it is imperative that the implementation actions of offshore wind farms are aligned with the concepts of energy justice.

Keywords: Artisanal fishing; Decarbonization of the energy matrix; Just energy transition; Global South; Socio-environmental impacts.

## 1. INTRODUÇÃO

Assim como os parques eólicos terrestres, os parques eólicos *offshore* (PEO) são altamente desejáveis como iniciativas para a descarbonização das malhas elétricas. Sobretudo em virtude de serem considerados uma fonte energética de sucesso, em termos econômicos e de geração, no contexto brasileiro (GANNOUM, 2021). O ambiente marinho é reconhecido por apresentar velocidades relativamente mais altas, menor turbulência e variabilidade dos ventos em comparação com a superfície terrestre, o que pode resultar em fatores de capacidade (eficiência) e densidade de potência mais altos para PEO (EPE, 2020).

Embora os parques eólicos *onshore* tenham uma densidade de potência estimada de  $0,9 \text{ W/m}^2$  devido às interações entre as turbinas eólicas dispostas nos parques eólicos e a camada limite atmosférica (MILLER; KEITH, 2019), as estimativas para PEO são de 3 a  $5 \text{ W/m}^2$  (VOLKER et al., 2017; BOSCH et al., 2018; TAVARES et al., 2020). Isso se dá em razão de uma maior energia cinética contínua sobre os oceanos (POSSNER; CALDEIRA, 2017).

No final de 2022, o total de capacidade instalada (CI) em parques eólicos *offshore* em todo o mundo chegou à marca de 64,3 GW (GWEC, 2023). Sobre isso, a Agência Internacional de Energias Renováveis (IRENA, em inglês) afirmou que a tecnologia eólico marítima precisará crescer dez vezes até 2030 e chegar à marca de 228 GW de capacidade instalada para subsidiar a transformação do setor energético global e alcançar os objetivos previstos no Acordo de Paris (IRENA, 2019). Neste contexto, estima-se que o Brasil pode se tornar o berço desta expansão no hemisfério sul, onde, atualmente, ainda não há nenhum PEO instalado.

Para demonstrar a potencialidade brasileira no setor, a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), através de um *Roadmap* (EPE, 2020), propôs análise do potencial eólico do mar. O material demonstra, para toda a extensão da Zona Econômica Exclusiva (ZEE) brasileira, um potencial energético de 697 GW em locais com profundidade máxima de até 50 m e velocidade de vento superior aos 7 m/s. Contudo, tal proposta carece de considerar os diferentes usos do espaço marinho. Silva (2019), por outro lado, mapeou um potencial energético de 330,5 GW considerando elementos ambientais e sociais. No estudo, a autora excluiu as áreas sensíveis à manutenção de atividades humanas no mar e para preservação ambiental como, por exemplo, distância da costa de 8 km para evitar impacto visual e áreas de pesca. A autora afirma que “este valor é mais que o dobro do potencial teórico *onshore* calculado para o Brasil em seu primeiro Atlas Eólico” (p. 72). Assim, embora haja consideráveis justificativas econômicas e técnicas para o aproveitamento energético da fonte eólica marítima nacional e, especialmente, na região Nordeste, há de se considerar questões socioambientais fundamentais nesse processo, como os diferentes usos do espaço marinho. Há uma lacuna na bibliografia nacional e internacional no que compete ao reconhecimento dos critérios de exclusão socioambiental necessários para a melhor definição das áreas dos PEOs, sobretudo na pesca. Pouco se sabe sobre quais são os elementos socioambientais significativos na territorialização marítima dos parques eólicos *offshore*. Além disso, há indisponibilidade de dados pesqueiros, biogeofísicos marinhos, considerando as características dos mares tropicais, e socioambientais das comunidades costeiras para suprir as análises dos potenciais impactos (GONÇALVES NETO et al., 2021; SOARES et al., 2021).

A realidade socioambiental brasileira apresenta forte ligação entre as comunidades litorâneas e os recursos costeiros e oceânicos (CALLOU, 2010). A sobrevivência da população local, seu trabalho e modo de vida dependem de atividades realizadas no mar/região costeira, como por exemplo: pesca artesanal e profissional, mariscagem, turismo, etc. (CALLOU, 2010; MENDES, 2016). Segundo relatório produzido pela FAO - *Food and Agriculture Organization*<sup>1</sup>, no Brasil existem cerca de 650 territórios pesqueiros ao longo de todo seu litoral, com mais de 3 milhões de trabalhadores(as) envolvidos (in)diretamente, sendo 99,2% ligados com a pesca artesanal e de subsistência.

Neste sentido, não se sabe como as diferentes espécies da fauna e flora marinha brasileira podem reagir frente aos potenciais rearranjos causados pela introdução das fundações de torres eólicas *offshore* e demais infraestruturas. Ao mesmo tempo, não se sabe quais seriam as consequências que essas alterações em bens e serviços ecossistêmicos teriam sobre as populações costeiras e suas atividades. Assim, compreender de forma global quais são os impactos potenciais de PEOs torna-se importante na busca por uma transição energética justa que, segundo Ribas e Simões (2020), trata-se do debate que foca nas externalidades contraditórias associadas à migração para sistemas energéticos menos poluidores. Sobre isso, Sovacool (2021, p. 13) argumenta que a descarbonização está coberta de “lutas de poder e processos de exacerbação da vulnerabilidade” e pode “consistentemente excluir populações, concentrar ativos e prejudicar comunidades”. Desta forma, do ponto de vista da proposição de um PEO e do processo de análise de viabilidade ambiental, por exemplo, antecipar os impactos pode auxiliar a execução de processos mais justos, segundo conceitos de justiça energética (RIBAS, SIMÕES, 2022).

Em julho de 2023, totalizavam-se 78 projetos apresentados ao órgão licenciador federal brasileiro (IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), somando 189,07 GW de capacidade nominal total. É possível afirmar que as recentes publicações de órgãos governamentais, tais como: o termo de referência padrão do IBAMA (2020), as normas reguladoras (BRASIL, 2022a; 2022b; 2022c) e o Projeto de Lei nº 576 de 2021<sup>2</sup> tenham colaborado no sentido de ampliar a expectativa para o setor eólico *offshore* brasileiro. A publicação de tais ferramentas jurídicas vão ao encontro das necessidades apresentadas por Santestevan et al. (2021). O autor considerou que o desenvolvimento de um arcabouço regulatório é urgente neste momento. Além disso, informou que no Brasil há neces-

1 O resumo do material pode ser consultado em: “Iluminando as Capturas Ocultas – ICO. A pesca artesanal costeira no Brasil: um estudo de caso”. Disponível em: <https://express.adobe.com/page/tONM9fbNtuvuj/>

2 De autoria do Senador Jean-Paul Prates (PT/RN), pretende disciplinar a outorga de autorizações para aproveitamento de potencial energético offshore. Para maiores detalhes, acessar: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/146793>

sidadesde capacitação de mão-de-obra especializada e desenvolvimento de tecnologias específicas para a inserção de PEO. Contudo, o autor não citou as necessidades socioambientais quanto à compreensão dos impactos dos PEO no país.

No contexto cearense, em julho de 2023 totalizavam 23 projetos distribuídos ao longo da costa do estado. É possível verificar que, no Ceará, há forte tendência de os PEO cumprirem objetivos de fonte energética para geração do Hidrogênio Verde (H2V). Indícios disso são demonstrados com as assinaturas de memorandos de entendimento entre o governo estadual e diferentes empresas que vislumbram a produção (OPOVO, 2021; SEDET, 2021; BRANNSTROM, GORAYEB, 2022). Ademais, é relevante destacar que, no estado do Ceará, recentemente, ocorreu a produção da primeira molécula de H2V no Complexo Industrial do Pecém, localizado a cerca de 50 km da região central de Fortaleza (CHAGAS, 2022). Tal fato tem contribuído para a movimentação e o surgimento do setor eólico-energético marítimo local, tornando-se relevante a discussão acerca dos potenciais impactos das estruturas dos PEOs.

Portanto, a proposta deste artigo é de apresentar pesquisa bibliográfica acerca dos impactos socioambientais potenciais e empíricos da tecnologia eólico marítima, focando no contexto da pesca artesanal. O intuito é o de gerar informação para subsidiar as discussões que miram solucionar potenciais problemas e conflitos na disputa territorial entre ambos os setores, sobretudo no contexto do Nordeste brasileiro. A pesquisa se concentrou na análise de produções nacionais e internacionais de diferentes períodos e que trazem, em seu conteúdo, discussões dos impactos na pesca, principalmente a pesca de pequena escala. É importante destacar que parte do conteúdo deste material foi retirado de tese de doutorado já concluída (XAVIER, 2022)<sup>1</sup>.

Após a exposição da abordagem metodológica adotada, são oferecidas duas seções: uma com a exposição dos resultados, isto é, a compilação dos impactos socioambientais em si, e outra que verticaliza para a temática da pesca, aprofundando na ótica de como as estruturas de produção de energia elétrica, por meio dos ventos, podem afetar tal atividade, em especial no contexto socioambiental do Nordeste brasileiro.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Foi definida a pesquisa bibliográfica (SOUSA et al., 2021) como estrutura metodológica para aquisição de produções relevantes à temática da pesquisa. A principal intenção foi a aquisição de conteúdo para exemplificar os potenciais impactos de PEO, com foco na pesca artesanal. Assim, é pretendido que aqui seja divulgada parte das

<sup>1</sup> De autoria do primeiro autor e disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/64683>.

reflexões apresentadas no âmbito do levantamento teórico-bibliográfico da respectiva pesquisa. A proposta deste artigo é apresentar análise ampla sobre o tema, abrangendo os tópicos presentes em produções com enfoques quantitativos e qualitativos sobre o assunto, permitindo que sejam ampliadas as discussões acerca de potenciais interferências que os PEO poderão ter sobre a atividade pesqueira.

A compilação das produções seguiu a rotina de busca em plataformas on-line nacionais e internacionais – tais como, *Scopus*, *Web of Science* e Portal de Periódicos da CAPES. Para isso, foram utilizados os seguintes termos, em português e em inglês: eólicas offshore e pescadores (*offshore wind fishermen*); eólicas offshore e pesca (*offshore wind fishery*); turbina eólica e pesca (*wind turbine fishery*); eólicas offshore e percepção pública (*offshore wind public perception*) e impactos eólicos offshore (*offshore wind impacts*). Além disso, foram feitas pesquisas com os termos pré-definidos em plataformas de busca na *web* com a intenção de encontrar algum material relevante para a pesquisa e que não tenha sido encontrado nas plataformas acima elencadas. É importante destacar que não houve priorização quanto ao formato da produção e nem mesmo definição de intervalo de datas de publicação. Assim, objetivou-se encontrar materiais que discutissem o tema de potenciais impactos de PEO, mas que trouxessem a verticalização para o contexto da atividade pesqueira de pequena escala. Desta forma, foram compiladas produções como: relatórios técnicos, artigos científicos e publicações das agências governamentais com significativa relevância no tema. A seleção específica de cada um dos trabalhos seguiu o critério de relevância do texto para o respectivo período ao qual o material pertence. Uma breve comparação com trabalhos similares nos respectivos períodos foi realizada, e a seleção foi feita com base na apresentação e aprofundamento de discussões de impactos sobre os peixes ou sobre a pesca artesanal.

Por se tratar de pesquisa que visa ao agrupamento de exemplos, não são apresentados todos os impactos potenciais possíveis, podendo haver incremento em razão de características específicas de cada localidade e, ainda, da constante evolução dos materiais e modelos de equipamentos ligados aos PEOs. Contudo, buscou-se apresentar uma gama de impactos que tangenciasse com diferentes setores que potencialmente podem ser impactados pelos PEOs. Além disso, levou-se em consideração tanto documentos mais recentes, incluindo estudos no contexto brasileiro, como documentos mais antigos, os quais se configuraram como basilares para o surgimento do mercado em nível mundial.

Por fim, vale destacar que as produções compiladas não abrangem materiais (artigos e capítulos de livro) que divulgam os potenciais impactos discutidos a partir da abordagem metodológica



desenvolvida na tese que o conteúdo deste artigo se relaciona (XAVIER, 2020)<sup>3</sup>. Isto é, a compilação dos impactos aqui proposta aprofunda em trabalhos reconhecidos como basilares à compreensão do tema. Embora o estudo da respectiva tese tenha focado na elucidação de potenciais impactos da implantação de PEO sobre a pesca artesanal no contexto brasileiro, seu material, e suas publicações relacionadas, tratam-se de resultados empíricos produzidos a partir de expectativas e do conhecimento local de pescadores residentes de comunidades adjacentes a projetos de PEO localizados em águas do Ceará, com interface aos impactos potenciais e empíricos que aqui são elencados. Assim, essa medida foi adotada para que se evite redundância na compilação dos potenciais impactos de PEO sobre a pesca pretendida neste artigo. Parte desse conteúdo foi inserido apenas nas discussões para o contexto da pesca.

### 3. QUAIS SÃO OS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DE PARQUES EÓLICOS OFFSHORE?

Os trabalhos escolhidos estão listados no Quadro 1, ao passo que é apresentada síntese dos tipos de impactos e fases de ocorrência. Destaca-se que pesquisas internacionais têm ressaltado a importância de que sejam considerados os impactos socioambientais ocorridos em todas as fases de criação de PEO (LADENBURG, 2009; LEUNG; YANG, 2012; KERN et al., 2015; HATTAM et al., 2017; KLAIN et al., 2017). Contudo, percebe-se pouco endereçamento de mecanismos para reconhecer, tratar e monitorar tais impactos.

Kaldellis et al. (2016) apontaram três eixos fundamentais a serem considerados na pesquisa socioambiental de PEO: i) há uma lacuna no conhecimento sobre os impactos socioambientais de instalações *offshore*; ii) não há evidências que os impactos socioambientais de PEO são menos graves ou menos perturbadores do que os parques eólicos em terra e iii) a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) centrados em novos materiais, novas tecnologias e em métodos construtivos têm um impacto muito significativo nos impactos ambientais e na eficiência das instalações *offshore*.

Quadro 1 – Síntese dos tipos de impactos, fase de ocorrências e referências consultadas

Esfera do Impacto	Tipo do Impacto	Fase do Empreendimento	Referências
Mamíferos e Aves Marinhas	Negativo	Construção; Operação e Descomissionamento	OSPAR (2004); WILSON (2007); BERGSTRÖM, L. et al. (2014); KALDELLIS et al. (2016); TAORMINA et al. (2018); EPE (2020); HERNANDEZ et al. (2021); GALPARSORO et al. (2022)

Quadro 1 – Síntese dos tipos de impactos, fase de ocorrências e referências consultadas (cont.)

Esfera do Impacto	Tipo do Impacto	Fase do Empreendimento	Referências
Peixes	Negativo e Positivo	Pré-construção; Construção; Operação e Descomissionamento	OSPAR (2004); WILSON (2007); BAT et al. (2013); BERGSTRÖM, L. et al. (2014); KALDELLIS et al. (2016); LIPSKY et al. (2016); ZHANG et al. (2017); TAORMINA et al. (2018); BRINK; DANTON (2018); EPE (2020); HERNANDEZ et al. (2021); GALPARSORO et al. (2022).
Biota Terrestre	Negativo	Construção e Operação	KALDELLIS et al. (2016); EPE (2020)
Fauna Bentônica	Negativo e Positivo	Operação e Descomissionamento	OSPAR (2004); WILSON (2007); BERGSTRÖM, L. et al. (2014); KALDELLIS et al. (2016); LIPSKY et al. (2016); TAORMINA et al. (2018); BRINK; DANTON (2018); EPE (2020); HERNANDEZ et al. (2021); GALPARSORO et al. (2022)
Atividades Sociais	Negativo e Positivo	Pré-construção; Construção; Operação e Descomissionamento	OSPAR (2004); WILSON (2007); BAT et al. (2013); BERGSTRÖM, L. et al. (2014); KALDELLIS et al. (2016); LIPSKY et al. (2016); ZHANG et al. (2017); BRINK; DANTON (2018); EPE (2020); HERNANDEZ et al. (2021)
Geofísicos	Negativo	Construção e Descomissionamento	OSPAR (2004); WILSON (2007); BERGSTRÖM, L. et al. (2014); KALDELLIS et al. (2016); TAORMINA et al. (2018); EPE (2020); HERNANDEZ et al. (2021)

Resumidamente, os impactos potenciais e empíricos diferem-se entre as fases de pré-construção, construção e pós-construção, podendo ter efeitos de curto, médio e longo prazos. Na primeira fase, pré-construção, a área planejada para instalação do empreendimento eólico marítimo é explorada. Neste estágio, são feitos os reconhecimentos iniciais, já podendo ser previstos certos impactos. Trata-se de uma etapa de extrema importância. Ou seja, sem um claro entendimento das condições dos ambientes locais, a instalação de PEO, com planejamento frágil, pode ter efeitos altamente prejudiciais sobre os ecossistemas em que serão inseridos e sobre a oferta de bens e serviços ecossistêmicos, como áreas de berçário e alimentação da fauna marinha (WILSON, 2007).

A etapa seguinte, construção, pode ser considerada como a mais impactante, em razão da fixação das estruturas do parque (BERGSTRÖM et al., 2014), alterando significativamente a forma e dinâmica

dos ambientes marinho e terrestre adjacentes, incluindo riscos diretos como destruição de *habitats* pelas obras e/ou indiretos como soterramento por dispersão de sedimentos oriundos das escavações. O estágio seguinte é a operação, fase esta já em período de pós-construção. Ao longo do tempo, os resultados das alterações feitas podem ser de mudanças negativas intransigentes, como o desaparecimento de espécies de peixes em razão da inserção das estruturas do parque (KAPLAN, 2011; BRINK; DANTON, 2018). Entretanto, cabe destacar que, dependendo das condições ecológicas locais e da qualidade dos planejamentos iniciais, impactos positivos podem prevalecer (BERGSTROM et al., 2014). Com a ocorrência do retorno do sedimento e a redução da turbidez, por exemplo, os *habitats* podem se adequar e as espécies marinhas podem retornar à área impactada (MICHEL et al., 2007). É importante salientar que, nesta fase, é fundamental a existência de programas de monitoramento para verificar, constantemente, como o ambiente está se adaptando às novas estruturas do PEO, uma vez que o período médio para permanência do empreendimento é de 25 anos (EPE, 2020).

Por fim, há a etapa de desmontagem do parque – reconhecida como fase de desmantelamento ou descomissionamento. Para esta fase, a acuidade necessária é tão relevante quanto a dada na fase de construção. A retirada de todas as estruturas existentes pode ocasionar novas alterações significativas em função do tempo que o empreendimento permaneceu instalado. Pesquisas sobre impactos ocasionados pela retirada das fundações das turbinas são escassas (HALL et al., 2020; HERNANDEZ et al., 2021). Apesar disso, Hernandez et al. (2021), em recente revisão da literatura sobre os impactos ambientais de PEO, apresentaram um quadro-síntese no qual são demonstrados dois potenciais impactos referentes ao período de desmontagem, um positivo e outro negativo (Quadro 2). Nota-se que a escolha da retirada parcial ou total das estruturas tem ligação direta com o tipo de impacto. A retirada parcial é definida como positiva em função da possível manutenção da biodiversidade, isto é, as estruturas das fundações se apresentam como geradoras e protetoras do *habitat* local, os quais podem ter valor para conservação, assim como, para a produção pesqueira – peixes e crustáceos (GARTMAN, et al., 2016). Apesar de ser citado como impacto positivo, na desmontagem parcial é estimado que o plano de desmantelamento deve comprovar que a permanência dessas estruturas não afetará outros usos do espaço marinho como, por exemplo, o tráfego de embarcações na área onde os parques encontravam-se instalados.

Quadro 2 – Síntese dos impactos potenciais no período de desmantelamento de um PEO

Esfera	Tipo de Impacto	Fonte do Impacto	Impacto Potencial
Biodiversidade bentônica (fauna e flora)	Positivo	Proteção contra arrasto de fundo (desmontagem parcial)	Aumento da biodiversidade
Componentes físicos (morfologia do leito oceânico)	Negativo	Escavação profunda (remoção total das estruturas)	Modificação da morfologia do fundo do mar (estrutura do sedimento)

Além disso, Smyth et al. (2015) relatam que, internacionalmente, há a compreensão da obrigatoriedade de remoção dessas estruturas quando atingem a vida útil máxima, devido aos problemas potenciais que representam para a navegação e para a pesca. Neste sentido, entende-se que a continuidade de estudos sobre o desmantelamento seja necessária para que se preveja e, assim, se evite ao máximo o surgimento de novos impactos como a dispersão de espécies invasoras – que pode ocorrer de modo análogo ao desmantelamento das infraestruturas para exploração de óleo e gás (BRAGA et al., 2021).

De forma a simplificar a análise, pode-se definir que os impactos de PEO convergem para dois principais grupos: ambientais, os quais dizem respeito às mudanças nas composições orgânicas (biológicas) e tangíveis (físicas) presentes nos ambientes e, geralmente, são mais objetivos e claros; e sociais, cuja compreensão é subjetiva, estando fortemente relacionados com alterações nos diferentes grupos de pessoas com estruturas sociais que podem apresentar múltiplas formas. Neste sentido, a valorização e uso do ambiente geográfico, a percepção e opinião, a forma de construção social, etc., podem divergir, mesmo em grupos que habitam uma mesma região. Assim, afirma-se que a ótica analítica deve ser direcionada para uma compreensão dos impactos socioambientais em função, principalmente, das inúmeras interrelações existentes entre ambas esferas.

A Figura 1, a seguir, que é uma adaptação de Taormina et al. (2018), sintetiza algumas questões socioambientais associadas aos cabos submarinos em diferentes tipos de fundações dos aerogeradores eólicos marítimos.

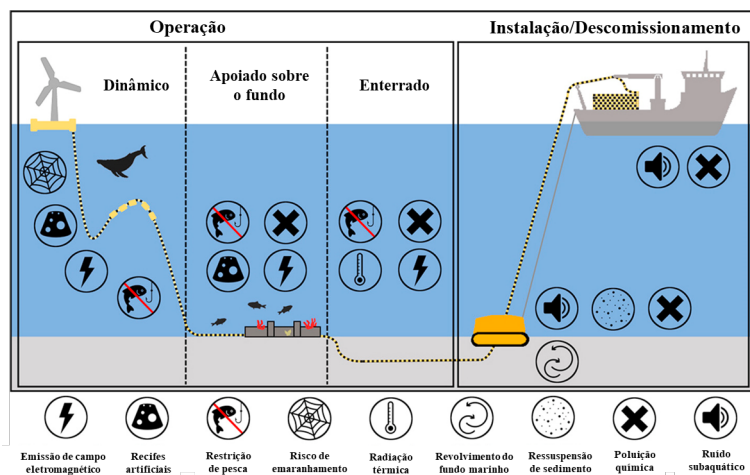


Figura 1 – Principais problemáticas ambientais relacionadas à instalação e operação de cabos submarinos, ao considerar os diferentes modelos de fundações no mar

Taormina et al. (2018) informam que durante as fases de instalação, manutenção e descomissionamento, os efeitos dos cabos podem incluir distúrbios físicos nos *habitats*, ressuspensão de sedimentos, poluição química e emissão de ruído subaquático. Já sobre os efeitos de longo prazo que podem ocorrer durante a fase de operação do parque, os autores relatam as alterações nos campos eletromagnéticos, emissão de calor, risco de emaranhamento de redes da atividade pesqueira, poluição química, criação de recifes artificiais e restrição a pesca nas proximidades dos cabos.

Há de se considerar, ainda, a presença dos PEOs que pode provocar degradação da paisagem costeira e marinha, como visibilidade ou modificações únicas, culturais e históricas do local, sobretudo se forem instalados em localidades próximas à costa (LADENBURG, 2009). Segundo Ladenburg et al. (2005), um dos principais resultados é a possibilidade de modificação na percepção do público como a relutância social e níveis mais baixos de aceitação com risco de redução da atratividade turística e valor dos imóveis. No âmbito marinho, Kaldellis et al. (2016) concluíram que o conceito de paisagem marinha é relativamente novo, o qual carece ser aprofundado considerando, inclusive, a obtenção de dados específicos no contexto dos impactos visuais dos PEO.

O Quadro 3 e o Quadro 4, a seguir, foram construídos na intenção de apresentar os principais impactos socioambientais negativos de PEO descritos na bibliografia levantada. As fontes para a elaboração

de ambos os quadros são apresentadas no Quadro 1. É importante destacar a capacidade de variabilidade espacial dos impactos negativos dos PEO. De acordo com Galparsoro et al. (2022), a vulnerabilidade da área afetada e as características ambientais locais são fatores determinantes para a definição dos impactos. Sobre isso, os autores explicam que “a identificação de potenciais impactos significativos é, portanto, sempre caso a caso” (GALPARSORO et al., 2022, p. 2).

Quadro 3 – Síntese dos impactos potenciais negativos na biota terrestre, em mamíferos marinhos, aves marinhas e peixes, conforme pesquisa bibliográfica

Esfera	Impacto potencial	Fonte do impacto	Fase		
			PR	CO	PO
<b>Mamíferos Marinhos e Aves Marinhas</b>	Desaparecimento e perturbação de mamíferos marinhos	Sombra das pás e emissão de sons e vibrações		X	X
	Perda de <i>habitat</i> para refúgio, alimentação ou reprodução e alteração de rotas migratórias em razão de evitar a área do parque				X
	Colisão entre mamíferos marinhos em razão do aumento do tráfego, resultando na ampliação da mortalidade	Embarcações	X	X	
	Diminuição da população e distúrbio no <i>habitat</i> (mortalidade e evasão)	Ruído das embarcações			
	Danos em mamíferos marinhos devido aos ruídos	Período de instalação das turbinas e tráfego de embarcações	X	X	X
	Risco potencial de colisão para aves marinhas devido à atração do parque eólico para alimentação	Turbinas e suas emissões de luzes		X	X
	Alteração da disponibilidade de espécies na cadeia de alimentação	PEO como um todo (turbinas e cabos elétricos)			X
<b>Peixes</b>	Impedimento às atividades de forrageamento	PEO como um todo (turbinas e cabos elétricos)		X	X
	Desorientação em espécies migratórias de peixes			X	X
	Alteração da disponibilidade e abundância de certas espécies. Risco de agregação de peixes em torno das turbinas e, consequentemente, caso ocorram atividades pesqueiras de sobrepesca			X	X
	Perda de <i>habitat</i> natural para os peixes - em razão do estresse provocado pelo PEO – alterando áreas de reprodução, alimentação ou refúgio			X	X

Quadro 3 – Síntese dos impactos potenciais negativos na biota terrestre, em mamíferos marinhos, aves marinhas e peixes, conforme pesquisa bibliográfica (cont.)

Esfera	Impacto potencial	Fonte do impacto	Fase		
			PR	CO	PO
Peixes	Danos aos processos reprodutivos e ovos dos peixes	Aumento da turbidez; sedimentação e cravação das fundações durante a construção		X	
	Perda de disponibilidade de espécies da cadeia alimentar, alterando a composição e abundância das comunidades de peixes	Introdução de substratos duros			X
Biota Terrestre	Danos temporários e definitivos à fauna e flora terrestre	Equipamentos e infraestrutura <i>onshore</i>		X	X

PR: Pré-Construção; CO: Construção e PO: Pós-Construção

Quadro 4 - Síntese dos impactos potenciais negativos nas atividades sociais, bentos e geofísicos, conforme pesquisa bibliográfica

Esfera	Impacto potencial	Fonte do impacto	Fase		
			PR	CO	PO
Atividades Sociais	Interrupção da estética da paisagem (quando próximo da costa)	Turbinas eólicas			X
	Risco de colisão e restrição de rotas marítimas afetando as operações socioeconômicas como cabotagem, transporte de barcos e turismo náutico/esportivo (vela, kitesurf, mergulho, etc.)	Embarcações e turbinas eólicas	X	X	X
	Impacto em operações de emergência	Turbinas (presença)			X
	Perdas socioeconômicas, por exemplo, área de pesca e atratividade turística	PEO como um todo (turbinas e cabos elétricos)			X
	Aumento no tráfego de embarcações interferindo na atividade pesqueira	Tráfego de embarcações		X	X
	Diminuição na capacidade de captura de pescado	Cravação das fundações		X	
	Perda de área marítima militar			X	X
Bentos	Efeitos negativos aos frequentadores das praias, na admiração da paisagem, mergulho e pesca recreativa	PEO como um todo (turbinas, cabos elétricos, embarcações)	X	X	X
	Perda e modificação na composição das comunidades bentônicas e de seus habitats em pequena escala e alterações na dinâmica dos sedimentos em grande escala	Introdução de substratos duros			X
		Mudanças no hidrodinâmica			X

Quadro 4 - Síntese dos impactos potenciais negativos nas atividades sociais, bentos e geofísicos, conforme pesquisa bibliográfica

Esfera	Impacto potencial	Fonte do impacto	Fase		
			PR	CO	PO
Bentos	Perturbação nos habitats em zona de entre marés	Inserção dos cabos elétricos submarinos mar-terra		X	X
	Perdas temporárias ou permanentes de habitats marinhos como bancos de rodolitos, algas, grammas marinhas e/ou recifes de corais	Destruição local e cobertura permanente do leito oceânico e plumas de sedimentos		X	X
	Inserção de espécies bentônicas exóticas/invasoras	Embarcações, inserção de estruturas físicas e cabos elétricos	X	X	X
Geofísicos	Redistribuição e perturbação na dinâmica dos sedimentos, por exemplo, desaceleração dos processos naturais de erosão e sedimentação (no local e costas adjacentes)	Atividades de construção e presença das fundações e cabos		X	X
	Redução na energia das ondas (efeitos de sombra)				
	Ressuspensão de poluentes presentes nos sedimentos	Tráfego de embarcações, inserção das fundações e cabos		X	X
	Alteração de correntes marinhas	Turbinas e embarcações		X	X
	Liberação acidental de produtos químicos e hidrocarbonetos	Embarcações		X	

PR: Pré-Construção; CO: Construção e PO: Pós-Construção

No que concerne ao tipo de impacto, Galparsoro et al. (2022) demonstram que dentre os 867 impactos ecológicos relatados na literatura analisada – isto é, aqueles ocorridos sobre elementos do ecossistema: aves, peixes, mamíferos, invertebrados, etc., 72% são negativos e 13% são positivos. Já em relação à magnitude do impacto – seja ele positivo ou negativo –, 54% foram relatados como sendo de alta ou moderada magnitude, enquanto que impactos baixos ou insignificantes representam 32% do total levantado. Contudo, é informado que o grau de certeza em relação à magnitude do impacto é relativamente baixo, destacando a falta de evidências empíricas neste caso.

Em relação ao mapeamento das interações das estruturas dos PEOs sobre os elementos do ecossistema, é demonstrado pelos autores que as aves marinhas apresentaram maiores interações relatadas (87%) na fecundidade, sobrevida e mortalidade/lesões, assim como, no comportamento – circulação e migração (GALPARSORO et al., 2022, p. 4). No caso dos mamíferos marinhos, as interações relatadas foram mais fortemente notadas (64%) no seu comportamento (circula-



ção e migração). Em relação aos invertebrados, as interações foram mais observadas (64%) na distribuição, abundância e/ou biomassa. Já em relação aos peixes, os autores evidenciam que interações foram mais fortemente apontadas (80%) na distribuição, abundância e/ou biomassa, bem como, no comportamento (circulação e migração).

Sobre as comunidades bentônicas, é importante enfatizar o apontamento de diferentes lacunas no conhecimento, assim como a necessidade urgente de pesquisas neste campo (DANNHEIM et al., 2019). Sobre as lacunas, os autores dividiram os assuntos em dois grupos: “os desconhecidos conhecidos” (“*The known unknowns*”) e “as incógnitas desconhecidas” (“*The unknown unknowns*”). Alguns exemplos de hipóteses “desconhecidas conhecidas”, segundo os autores, são: o ruído e a vibração das embarcações pode induzir a um comportamento de evitação nas espécies e reduzir a aptidão de organismos sensíveis ao som, alterando potencialmente a estrutura da população e os padrões de distribuição; alterações ocasionadas pelas estruturas renováveis nas condições hidrodinâmicas potencialmente mudam a disponibilidade de alimento para animais filtradores; estruturas de recifes artificiais podem influenciar a colonização por espécies exóticas e invasoras através da colonização das turbinas e das atividades de novas embarcações, também destacado por Bax et al. (2003). Já em relação às “incógnitas desconhecidas” os autores enfatizam que, devido à presença de substratos duros artificiais – isto é, as fundações dos aerogeradores –, por exemplo, o efeito da cascata trófica é mais do que evidente. Entretanto, a corrente falta de conhecimento sobre esse assunto não permite tal afirmação. Outro ponto destacado é que ainda não há evidências sobre a recuperação da população bentônica após a construção das estruturas renováveis – o que também inclui os parques eólicos *offshore*, apontado também por Galparsoro et al. (2022). Esse ponto é relevante, pois caso não sejam mapeados com escala adequada, os parques eólicos *offshore* em países tropicais, como o Brasil, podem trazer o risco de degradação de ecossistemas únicos em bancos de gramas marinhas (*seagrass beds*), bancos de rodólitos (*rhodolith beds*) e recifes de corais (*coral reefs*), os quais apresentam importantes funções ecossistêmicas locais e regionais (BARROSO et al., 2023; CARNEIRO et al., 2022; SOARES et al., 2020).

#### **4. PESCA ARTESANAL E A FRONTEIRA EÓLICO-ENERGÉTICA NO AMBIENTE MARINHO**

Apesar da baixa produção de informações sobre pesca persistir desde 2011 (MESQUITA, 2020; GONÇALVES NETO et al., 2021), é possível afirmar que a pesca artesanal marinha ainda é um importante setor econômico brasileiro. Nesta perspectiva, a Petrobrás S/A, ao dis-

ponibilizar o relatório do projeto de monitoramento sobre a atividade pesqueira na bacia petrolífera do Ceará, evidenciou que há particularidades locais, culturais, técnicas e logísticas na atividade pesqueira cearense (PETROBRÁS, 2016). Na região, destaque deve ser dado à importância histórica do uso de embarcações do tipo vela de diferentes tipos na pesca artesanal, tendo influência direta na construção social dos povos litorâneos (BRAGA, 2021).

A partir de dados do último relatório sobre pesca no âmbito nacional, por exemplo, Alencar e Maia (2011), ao descreverem o perfil socioeconômico dos pescadores brasileiros (continental e marinho), apontaram que a Região Norte e Nordeste concentravam o maior número (77%) de pescadores. Além disso, os autores demonstraram que, apesar do Nordeste ser o líder em número de pescadores e ter sido o segundo maior produtor no período analisado, a produtividade (t/pescador/ano) e a renda média anual por pescador configuravam-se como uma das mais baixas em termos nacionais, porém de grande relevância econômica local e imprescindível para a garantia da segurança alimentar das populações locais e para o abastecimento dos mercados locais e regionais. Vale destacar que a pesca marinha artesanal já foi responsável por mais da metade do desembarque pesqueiro do país (VASCONCELLOS et al., 2011).

Desta forma, é reconhecido que as principais interações entre os PEO com a atividade da pesca estão relacionadas aos potenciais impactos nas diferentes espécies de peixes existentes na área pretendida pelos parques, assim como em prejuízos no seu *modus operandi*. A principal influência está na possibilidade de mudança da composição, quantidade e dispersão dos peixes. Incluem-se os impactos geofísicos e, ainda, aos bentos em função da direta importância na manutenção dos habitats, cujo conhecimento acerca dos impactos das estruturas dos PEO são pouco conhecidos (DANNHEIM et al. 2019) como, por exemplo, a ocorrência de bancos de algas calcáreas, fanerógamas marinhas e recifes de corais. Contudo, é importante ressaltar que esses estudos foram desenvolvidos nos mares do Hemisfério Norte, e que não existem estudos detalhados para os mares tropicais até o momento, com foco nos impactos da instalação de parques eólicos *offshore*.

Gray et al. (2005) analisaram um caso específico no Reino Unido acerca dos impactos sobre a pesca marinha da inserção de um PEO. Concluíram que as causas de conflitos entre pescadores e planejadores de PEO está, em parte, relacionada com: a caracterização negativa dos desenvolvedores para com os pescadores e vice-versa; consultas inadequadas aos pescadores organizadas pelos proponentes; a falta de dados científicos concretos do ambiente marinho e em razão das reivindicações de medidas compensatórias dos pescadores serem controversas. É possível verificar no Quadro 4 que são listados

como principais impactos aos pescadores as perdas econômicas em razão da perda de área de pesca e o aumento do tráfego de embarcações nas áreas utilizadas pelos pescadores. Tais impactos têm fortes características para se tornarem agentes para conflitos entre grupos pescadores e de proponentes, o que já tem ocorrido em consultas e reuniões no contexto cearense (GORAYEB et al., 2022). Além disso, destacam-se os impactos diretos à ictiofauna, tais como: a alteração de disponibilidade e abundância, o impedimento do forrageamento, a desorientação e a perda de *habitat* de certas espécies que podem ocorrer a partir da inserção das estruturas dos PEO. Tais impactos podem influir diretamente na forma com que a atividade pesqueira é realizada. Entende-se que tais interferências têm grande potencial perturbador, ainda não mensurado, sobre os conhecimentos ancestrais dos territórios pesqueiros e que configuram como principal característica das comunidades pesqueiras marítimas (RAMALHO, 2012). Brink e Danton (2018), ao investigarem a percepção de pescadores na região de Block Island (Rhode Island, EUA), relatam que os pescadores notaram mudanças nos recursos marinhos após a introdução de um PEO com cinco aerogeradores. As autoras afirmam que as alterações negativas foram mais fortemente sentidas por eles. Entre outras coisas, concluíram que, apesar de existirem inúmeras pesquisas que abordam os aspectos ecológicos, físicos e de engenharia relacionados aos parques eólicos *offshore*, ainda existem poucos estudos na perspectiva das ciências humanas que evidenciem os impactos sociais no mar e que o entendimento das percepções, valores e experiências dos atores sociais locais no ambiente marinho traz à tona como os recursos oceânicos podem ser impactados pela inserção de empreendimentos eólico-energético *offshore*. Somado a isso, há de se destacar que, no desenvolvimento de grandes projetos percebe-se que os fatores sociais são avaliados de formas ineficazes frente aos fatores ambientais (FARIA; SILVA; 2017), propagando continuamente a inversão de valores entre os aspectos ambientais frente aos sociais (BURDGE, 2002). É necessária uma visão integrada no âmbito das questões socioambientais.

Desta forma, na análise dos potenciais impactos de PEO em comunidades litorâneas, assim como em qualquer outro grupo, é imprescindível um aprofundamento sobre sua organização, seus anseios, suas vulnerabilidades, etc. Lipsky et al. (2016), relataram um processo de profunda aproximação com os pescadores, o qual produziu robustas informações quanto à consecução dos impactos, sobretudo sobre o setor pesqueiro.

Durante a fase de operação e produção de energia elétrica, ruídos e vibrações das turbinas podem causar distúrbio no comportamento (evasão, reprodução e forrageamento) e perda de audição em peixes, bem como nos mamíferos marinhos (KALDELLIS et al., 2016).

Ainda segundo os autores, em casos extremos, pode levar a significativa redução da população, porém, vale ressaltar que os autores afirmam se tratar de impacto que pode depender de espécie para espécie. Destaca-se, ainda, a possibilidade de os parques causarem desorientação migratória em certas espécies. A permanência destes impactos, ao longo do período de operação dos PEOs, pode acarretar no impedimento da continuidade da atividade pesqueira, caso sejam materializados impactos sobre espécies com significativa importância econômica. No caso do Ceará, destacam-se as seguintes espécies-alvo: cióba, ariacó, serra e bonito no contexto analisado por Xavier (2022). Um outro exemplo são as lagostas do gênero *Panulirus* (relevantes economicamente no Brasil) e que dependem de *habitats* carbonáticos como bancos de algas calcáreas, os quais podem ser impactados pelas obras dos PEOs. Além disso, há potencial perigo à navegação, danos e perda de equipamentos pesqueiros e perda de acesso devido às áreas de exclusão (FARRELL et al., 2014).

No que tange à pesca artesanal marinha cearense, sabe-se que se trata de atividade de base familiar. Santos (2018), ao avaliar o perfil socioeconômico dos pescadores artesanais em Fortaleza, constatou que 46% dos entrevistados eram analfabetos e que cerca de 80% dependiam da pesca para sustentar suas famílias. De acordo com Oliveira et al. (2016), essas questões dificultam a diversificação de oportunidades de trabalho para os pescadores. Desta forma, a perda de área de pesca com a inserção dos PEOs, somada à dificuldade de encontrar novas oportunidades de trabalho pode afetar, severamente, o modo de vida dos pescadores e seus familiares.

Além dos impactos negativos, a literatura aborda impactos socioambientais positivos advindos da inserção de PEO sobre as espécies marinhas. No que compete à exclusão de áreas de pesca, há a discussão de que esta possa gerar áreas de proteção da biodiversidade, o que pode auxiliar no aumento dos peixes e, consequentemente, favorecer a atividade pesqueira no longo prazo através da preservação dos estoques pesqueiros (SALM et al., 2000; ZHANG et al., 2017). Neste sentido, a Figura 2, a seguir, cujo material é uma adaptação do que foi apresentado por Bergström et al. (2014), sintetiza os principais impactos providenciados pelas estruturas individualizadas das turbinas eólicas marítimas. Além de citarem dois principais impactos negativos, é possível perceber que os autores associam a exclusão da pesca no entorno do PEO ao ganho de *habitat* providenciado pelas estruturas dos aerogeradores em virtude da possibilidade de funcionarem como recifes artificiais (WILSON; ELLIOTT, 2009). Contudo, as áreas de exclusão devem ser planejadas no sentido de não criarem prejuízos aos pescadores, principalmente em razão das extensas áreas que os PEO ocupam no mar (EPE, 2020).

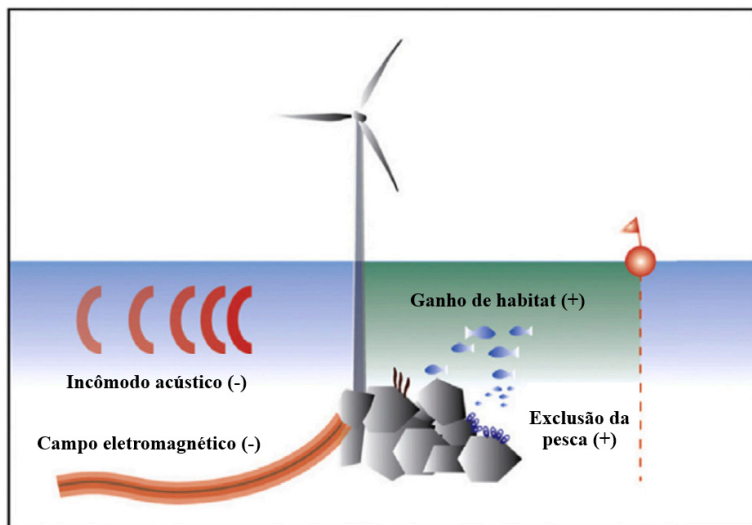


Figura 2 – Principais aspectos ambientais referentes à presença física das estruturas dos aerogeradores offshore

Zhang et al. (2017) informam que, além de ser imperativa a compensação financeira pela perda de área de pesca, os pescadores podem buscar oportunidades de trabalho complementares utilizando seu conhecimento nativo. Neste sentido, é entendido que, para a efetivação destas ações, as capacitações, os grupos focais/grupos de discussões, etc., em comum acordo com as comunidades, podem ser estratégias adotadas para ampliar o impacto positivo.

Sobre isso, os autores relatam que:

“Por meio da comunicação e coordenação do tempo de viagem e da atualização das embarcações, os pescadores locais podem fornecer serviço de transporte para funcionários dos parques eólicos offshore, aproveitando seu conhecimento local e anos de experiência na indústria pesqueira. Isto atende às necessidades de ambos os lados, proporciona boa comunicação, cria confiança mútua e constrói um mecanismo de comunicação aberto. Pescadores podem ser contratados como guardas/patrolhas e coletores de pesquisa por meio do treinamento pelas equipes dos proponentes. Isso não é apenas um uso positivo do conhecimento local, mas também uma promoção de emprego e um aumento na renda” (ZHANG et al., 2017, p. 75, tradução nossa).

Ainda neste sentido, Moura et al. (2015) expõem que a aquisição/atualização de motores e/ou equipamentos financiados

pelos proponentes dos PEO e governo podem conduzir à melhoria de vida dos pescadores. Contudo, entende-se que são necessárias consultas às lideranças e aos grupos de pescadores locais, por meio de abordagens adequadas de aproximação social. A intenção é verificar as reais necessidades e anseios de cada grupo. Somente assim os resultados poderão convergir para a geração de sinergias entre as atividades pesqueiras e de produção energética.

## 5. CONCLUSÕES

Este artigo buscou reunir impactos potenciais e empíricos de PEO relatados na literatura por meio de pesquisa bibliográfica, buscando evidenciar os possíveis conflitos com a atividade pesqueira, em especial no contexto do Nordeste brasileiro. Os PEOs são empreendimentos complexos e dispendiosos do ponto de vista da viabilidade socioambiental. Neste sentido, ressalta-se ser muito recente a preocupação dos reguladores e licenciadores com a necessidade de mobilização para o desenvolvimento do setor eólico-energético marinho no Brasil e de existirem poucos estudos verticalizados no Brasil que abordem os impactos sociais e ambientais da implantação de parques eólicos *offshore* na costa brasileira. Apesar de atualmente já existirem instrumentos legais robustos, como é o caso do Termo de Referência Padrão do IBAMA (2020), do Decreto n.º 10.946/2022 (BRASIL, 2022a) para seção de uso do espaço marítimo por PEO e as normativas ministeriais recentemente publicadas – Portaria Normativa n.º 52/GM/MME/2022 (BRASIL, 2022b) e Portaria Interministerial MME/MMA N.º 3/2022 (BRASIL, 2022c), estima-se que as motivações para a realização dos trabalhos em prol do estabelecimento das diretrizes legais do setor estão mais fortemente ligadas ao suprimento das necessidades do mercado do que às compreensões socioambientais envolvidas. Ficou claro, com a reunião dos impactos potenciais e empíricos aqui realizada, a multiplicidade de problemáticas que podem ser acometidas no contexto brasileiro. Embora tenham sido relatadas a possibilidade de ocorrência de impactos positivos com o desenvolvimento do setor, há poucas evidências na literatura científica de que tais impactos ocorrerão em maior proporção que os negativos. Assim, os potenciais impactos negativos devem ter sua compreensão antecipada, assim como, ter propostas de soluções para sua inibição ou, no mínimo, mitigação e medidas compensatórias adequadas.

A evidência dos impactos deve ser apresentada de forma clara durante os estudos ambientais previstos no processo de licenciamento ambiental. O material a ser produzido pelos proponentes de cada projeto passará pelo aval do IBAMA, devendo este analisar o conteúdo com total imparcialidade, o qual deve, ainda, visar a integridade socioambiental da área pretendida pelo PEO em questão. As medidas

compensatórias e de mitigação, quando necessárias, devem ser planejadas e adequadas à realidade local com o envolvimento social ao longo do processo. Para isso, cabe a cada um dos setores envolvidos, sejam os órgãos governamentais, o setor privado e as comunidades, atuar a partir das melhores práticas para superar os desafios na inserção dos parques eólicos marinhos, conforme discutido por Gorayeb et al. (2022).

O problema não é a tecnologia eólica em si, mas sim a maneira com a qual os projetos são atualmente concebidos, isto é, empreendimentos extensos com capacidade de impactar grandes faixas de praia, em especial no caso da costa do Estado do Ceará, em que toda a costa cearense estará, caso os empreendimentos se concretizem, “bloqueada” linearmente com milhares de torres eólicas no mar, conforme documento publicado pelo IBAMA (2023). É entendido que se deve priorizar a inserção de empreendimentos em menor escala para que estudos práticos sejam realizados, a exemplo do ocorrido nos EUA com o *Block Island Offshore Wind Farm em Rhode Island* (BRINK; DANTON, 2018). Além do mais, no caso brasileiro, esse tipo de iniciativa não deve ser equiparada, em sua totalidade, com os projetos de parques eólicos terrestres, cujo processo é entendido, em alguns casos, como sendo de baixo potencial de degradação ambiental pelos órgãos licenciadores (BRASIL, 2014). Tal fato tem corroborado para processos simplificados que não abrangem completamente os fatores que precisam ser avaliados (STAUT, 2016; ROSENO, 2018).

A partir do reconhecimento de quais são os potenciais impactos de um empreendimento eólico marítimo, é possível indicar recomendações de práticas que podem ser adotadas por governos e empresas envolvidos e interessados em desenvolver/analisar a viabilidade de tais projetos no contexto nordestino brasileiro, sobretudo cearense, com o foco nos pescadores locais. De início, é interessante dar ênfase no papel social que os projetos de PEO podem exercer ao longo de sua vida útil. A implementação de projetos e programas previstos no âmbito do licenciamento federal dos PEOs deve integrar a participação dos pescadores e comunidades em geral, não só do ponto de vista de beneficiários ou de objeto-alvo dos trabalhos, mas permitir que sejam incluídos em todas as fases, visando a eficiência na execução e continuidade, uma vez que pode permitir o engajamento dos pescadores no longo prazo. Tais ações devem ir ao encontro do conceito de justiça energética (JENKINS et al., 2016; BRANNSTROM, 2022) e aos princípios do Planejamento Espacial Marinho – PEM (GERHARDINGER et al., 2019) que, até o momento, ainda não foi implementado em nível nacional. Assim, entende-se que o atual momento de surgimento do setor eólico *offshore* no Brasil é oportuno para consolidação de modelos justos (RIBAS; SIMÕES, 2020) na produção energética nacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, Carlos Alexandre Gomes de; MAIA, Luís Parente. Perfil Socioeconômico dos Pescadores Brasileiros. *Arq. Ciên. Mar*, Fortaleza, 2011, v.44, n.3. p.12 – 19, 2011. DOI: 10.32360/acmar.v44i3.149. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/arquivosdecienciadomar/article/view/149>. Acesso em: 10 jan. 2021.

BARROSO, H. S.; LIMA, I. O.; BEZERRA, A. D. A.; GARCIA, T. M.; TAVARES, T. C. L.; ALVES, R. S.; SOUZA JUNIOR, E. F.; TEIXEIRA, C. E. P.; VIANA, M. B.; SOARES, M. O. Distribution of nutrients and chlorophyll across an equatorial reef region: Insights on coastal gradients. *Ocean And Coastal Research*, v. 71, p. e23002, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ocr/a/PzFDbFT4CmXYkzDn3TvSR5Q/>. Acesso em: 01 fev. 2023.

BAT, Levent; SEZGIN, Murat; ŞAHIN, Fatih. Impacts of OWF installations on fisheries: A Literature Review. *Journal of Coastal Life Medicine*, [S. l.], v. 1, n. 3, p. 241–252, 2013. DOI: 10.12980/jclm.1.2013j17. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Impacts-of-OWF-installations-on-fisheries-%3A-A-Bat-Sezgin/339d753a0aa7989297b8cc3308bc9f99e10e22ff>. Acesso em: 12 mar. 2021.

BAX, Nicholas; WILLIAMSON, Angela; AGUERO, Max; GONZALEZ, Exequiel; GEEVES, Warren. Marine invasive alien species: A threat to global biodiversity. *Marine Policy*, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 313–323, 2003. DOI: 10.1016/S0308-597X(03)00041-1. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308597X03000411.-1>. Acesso em: 13 mar. 2021.

BERGSTRÖM, Lena; KAUTSKY, Lena; MALM, Torleif; ROSENBERG, Rutger; WAHLBERG, Magnus; ÅSTRAND CAPETILLO, Nastassja; WILHELMSSON, Dan. Effects of offshore wind farms on marine wildlife - A generalized impact assessment. *Environmental Research Letters*, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 34012, 2014. DOI: 10.1088/1748-9326/9/3/034012. Disponível em: <https://doi.org/10.1088%2F1748-9326%2F9%-2F3%2F034012>. Acesso em: 14 nov. 2019.

BOSCH, Jonathan; STAFFELL, Iain; HAWKES, Adam D. Temporally explicit and spatially resolved global offshore wind energy potentials. *Energy*, [S. l.], v. 163, p. 766–781, 2018. DOI: 10.1016/j.energy.2018.08.153. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054421831689X>. Acesso em: 13 mar. 2019.



BRAGA, Marcus Davis Andrade; PAIVA, Sandra Vieira; GURJÃO, Lívio Moreira De; TEIXEIRA, Carlos Eduardo Peres; GURGEL, Anne Larisse Alves Rebouças; PEREIRA, Pedro Henrique Cipresso; SOARES, Marcelo de Oliveira. Retirement risks: Invasive coral on old oil platform on the Brazilian equatorial continental shelf. *Marine Pollution Bulletin*, [S. l.], v. 165, p. 112156, 2021. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2021.112156. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X21001909>. Acesso em: 10 mai. 2021.

BRAGA, Miguel Sávio de Carvalho. *Velas do Ceará: embarcações artesanais do litoral*. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2021. 216p.

BRANNSTROM, C. Descarbonização com justiça? Conceitos e abordagens. In: BRANNSTROM, C.; SEGUEZZO, L.; GORAYEB, A. (Org.). *Descarbonização na América do Sul: conexões entre o Brasil e a Argentina*. 1ed. Mossoró: Edições UERN, 2022, v. 1, p. 293-311. Disponível em: <http://www.observatoriodaenergiaeolica.ufc.br/wp-content/uploads/2022/07/ADRYANE-DESCARBONIZACAO-NA-AMERICA-DO-SUL.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2023

BRANNSTROM, C. ; GORAYEB, A. Implicações geográficas do setor do hidrogênio verde no Brasil. In: BRANNSTROM, C.; SEGUEZZO, L.; GORAYEB, A. (Org.). *Descarbonização na América do Sul: conexões entre o Brasil e a Argentina*. 1ed. Mossoró: Edições UERN, 2022, v. 1, p. 293-311. Disponível em: <http://www.observatoriodaenergiaeolica.ufc.br/wp-content/uploads/2022/07/ADRYANE-DESCARBONIZACAO-NA-AMERICA-DO-SUL.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2023

BRASIL, Governo Federal. Decreto n.º 10.946, de 25 de janeiro de 2022. Dispõe sobre a cessão de uso de espaços físicos e o aproveitamento dos recursos naturais em águas interiores de domínio da União, no mar territorial, na zona econômica exclusiva e na plataforma continental para a geração de energia elétrica a partir de empreendimento offshore. 2022a. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10946.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2022/Decreto/D10946.htm). Acesso em: 05 fev. 2022.

BRASIL, Governo Federal. IBAMA - Guia para Elaboração dos Programas de Educação Ambiental no Licenciamento Ambiental Federal – GEPEA-LAF, 2019. Disponível em: <http://ibama.gov.br/phocodownload/licenciamento/publicacoes/2019-Ibama-Guia-para-Elaboracao-dos-Programas-de-EA-no-LAF-.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2021.

BRASIL, Governo Federal. Portaria Interministerial MME/MMA Nº 3, de 19 de outubro de 2022. 2022c. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-interministerial-mme/mma-n-3-de-19-de-outubro-de-2022-437756126>. Acesso em: 20 jan. 2023.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Portaria Normativa n.º 52/GM/MME, de 19 de outubro de 2022. Estabelece as normas e procedimentos complementares relativos à cessão de uso onerosa para exploração de central geradora de energia elétrica offshore no regime de produção independente de energia ou de autoprodução de energia, de que trata o art. 5º, inciso I, do Decreto nº 10.946, de 25 de janeiro de 2022. 2022b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-normativa-n-52/gm/mme-de-19-de-outubro-de-2022-437756203>. Acesso em: 20 jan. 2023.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 462, de 24 de julho de 2014. Publicado no D.O.U. em 25 de julho de 2014. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=703>. Acesso em: 20 jun. 2019.

BRINK, Talya S. Ten; DALTON, Tracey. Perceptions of Commercial and Recreational Fishers on the Potential Ecological Impacts of the Block Island Wind Farm (US). *Frontiers in Marine Science*, [S. l.], v. 5, n. November, p. 1–13, 2018. DOI: 10.3389/fmars.2018.00439. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fmars.2018.00439/full>. Acesso em: 11 jun. 2019.

BURDGE, Rabel J. Why is social impact assessment the orphan of the assessment process? *Impact Assessment and Project Appraisal*, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 3–9, 2002. DOI: 10.3152/147154602781766799. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3152/147154602781766799>. Acesso em: 14 ago. 2018.

CALLOU, Angelo Brás Fernandes. Povos do mar: herança sociocultural e perspectivas no Brasil. *Cienc. Cult.*, São Paulo, v. 62, n. 3, p. 45-48, 2010. Disponível em: [http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252010000300018&lng=en&nrm=iso](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252010000300018&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 28 mar. 2021.

CARNEIRO, P. B. M.; XIMENES NETO, A. R.; JUCÁ-QUEIROZ, B.; TEIXEIRA, C. E. P.; FEITOSA, C. V.; BARROSO, C. X.; MATTHEWS-CASCON, H.; MORAIS, J. O.; FREITAS, J. E. P.; SANTANDER-NETO, J.; ARAÚJO, J. T.; MONTEIRO, L. H. U.; PINHEIRO, L.S.; BRAGA, M. D. A.; CORDEIRO, R. T. S.; ROSSI, S.; BEJARANO, S.; SALANI, S.; GARCIA, T. M.; LOTUFO, T. M. C.; SMITH, T. B.; FARIA, V. V.; SOARES, M. O. Interconnected marine habitats form a single continental-scale reef system in South America. *Scientific Reports*, v. 12, p. 17359, 2022. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-21341-x>. Acesso em: 01 fev. 2023.

CHAGAS, C. EDP produz primeira molécula de H2V em Pecém. *Energia Hoje*. 16 dez. 2022. Disponível em: <https://energiahoje.editorabrazilenergia.com.br/edp-produz-primeira-molecula-de-h2v-em-pecem/>. Acesso em: 20 jan. 2023

DANNHEIM, Jennifer et al. Benthic effects of offshore renewables: identification of knowledge gaps and urgently needed research. *ICES Journal of Marine Science*, [S. l.], v. 77, n. 3, p. 1092–1108, 2019. DOI: 10.1093/icesjms/fsz018. Disponível em: <https://academic.oup.com/icesjms/article/77/3/1092/5368123>. Acesso em: 12 jun. 2020.

FARRELL, P.; BOWMAN, S.; HARRIS, J.; TRIMM, D.; DAUGHDRILL, W. Development of Mitigation Measures to Address Potential Use Conflicts between Commercial Wind Energy Lessees/Grantees and Commercial Fishermen on the Atlantic Outer Continental Shelf: final report on best management practices and mitigation measures. United States Department of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Office of Renewal Energy Programs, Herndon, VA. OCS Study BOEM 2014-654. 98 p, 2014. Disponível em: <https://www.boem.gov/sites/default/files/renewable-energy-program/Fishing-BMP-Final-Report-July-2014.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2023.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. ROADMAP Eólica Offshore Brasil. Perspectivas e caminhos para a energia eólica marítima. Rio de Janeiro, Brasil, 2020, 140p. Disponível em: [http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap\\_Eolica\\_Offshore\\_EPE\\_versao\\_R2.pdf](http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-456/Roadmap_Eolica_Offshore_EPE_versao_R2.pdf). Acesso em: 15 mai. 2020.

FARIA, Julianna Calmon; SILVA, Fátima Maria. Participação pública no processo de avaliação de impacto ambiental no estado do Espírito Santo. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, [S. l.], v. 43, p. 139–151, 2018. DOI: 10.5380/dma.v43i0.54188. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/54188>. Acesso em: 20 abr. 2020.

GALPARSORO, I.; MENCHACA, I.; GARMENDIA, J.M.; BORJA, A.; MALDONADO, A. D.; IGLESIAS, G.; BALD, J. Reviewing the ecological impacts of offshore wind farms. *npj Ocean Sustainability*. v.1, n.1, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s44183-022-00003-5>. Acesso em: 22 jan. 2023.

GANNOUM, E. Energia eólica no Brasil: os motivos do sucesso e o futuro dos nossos bons ventos. *Revista Brasileira de Energia*. v.27. n.3, 2021. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/641/475>. Acesso em: 20 jan. 2023.

GARTMAN, V.; BULLING, L.; DAHMEN, M.; GEIBLER, G.; KOPPEL, J. Mitigation measures for wildlife in wind energy development, consolidating the state of knowledge—part 2: operation, decommissioning. *J Environ Assess Policy Manag*. v.18, n.03, 2016. Disponível em: <https://www.worldscientific.com/doi/10.1142/S1464333216500149>. Acesso em: 02 jan. 2023.

GERHARDINGER, L. C.; QUESADA-SILVA, M.; GONÇALVES, L. R.; TURRA, A. Unveiling the genesis of a marine spatial planning arena in Brazil. *Ocean & Coastal Management*. v.179, n.1, 2019, 104825. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569118306458>. Acesso em: 02 fev. 2023.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; SOARES, M.; XAVIER, T. W. F. Desafios sociais e ambientais da energia eólica offshore no Brasil. In: BRANNSTROM, C.; SEGHEZZO, L.; GORAYEB, A. (Org.). *Descarbonização na América do Sul: conexões entre o Brasil e a Argentina*. 1ed. Mossoró: Edições UERN, 2022, p. 312-328. Disponível em: <http://www.observatoriodaenergiaeolica.ufc.br/wp-content/uploads/2022/07/ADRYANE-DESCARBONIZACAO-NA-AMERICA-DO-SUL.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2023.

GRAY, Tim; HAGGETT, Claire; BELL, Derek. Offshore wind farms and commercial fisheries in the UK: A study in stakeholder consultation. *Ethics, Place and Environment*, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 127–140, 2005. DOI: 10.1080/13668790500237013. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13668790500237013>. Acesso em: 13 set. 2018.

GWEC – Global Wind Energy Council. *Global Offshore Wind Report 2023*. August 2023. Bruxelas: Global Wind Energy Council, 2023. Disponível em: <https://gwec.net/wp-content/uploads/2023/08/GWEC-Global-Offshore-Wind-Report-2023.pdf>. Acesso em: 04 set. 2023.

HALL, Rebecca; JOÃO, Elsa; KNAPP, Charles W. Environmental impacts of decommissioning: Onshore versus offshore wind farms. *Environmental Impact Assessment Review*, [S. l.], v. 83, p. 106404, 2020. DOI: 10.1016/j.eiar.2020.106404. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195925519300435>. Acesso em: 31 jul. 2021.

HATTAM, Caroline; HOOPER, Tara; PAPATHANASOPOULOU, Eleni. A well-being framework for impact evaluation: The case of the UK offshore wind industry. *Marine Policy*, [S. l.], v. 78, p. 122–131, 2017. DOI: 10.1016/j.marpol.2016.10.024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308597X16303621>. Acesso em: 11 abr. 2020.

HERNANDEZ, Mauricio C. O.; SHADMAN, Milad; AMIRI, Mojtaba Maali; SILVA, Corbiniano; ESTEFEN, Segen F.; LA ROVERE, Emilio. Environmental impacts of offshore wind installation, operation and maintenance, and decommissioning activities: A case study of Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [S. l.], v. 144, p. 110994, 2021. DOI: 10.1016/j.rser.2021.110994. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032121002859>. Acesso em: 12 dez. 2021.

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/phocadownload/licenciamento/publicacoes/2020-11-TR\\_CEM.pdf](https://www.ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/publicacoes/2020-11-TR_CEM.pdf) . Acesso em: 29 jan. 2020.

IBAMA. Mapas de projetos em licenciamento – Complexos Eólicos Offshore. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/laf/consultas/mapas-de-projetos-em-licenciamento-complexos-eolicos-offshore>. Acesso em: 04 ago. 2023.

IRENA – International Renewable Energy Agency. Future of wind: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects (A Global Energy Transformation paper), Abu Dhabi. Disponível em: <https://www.irena.org/publications/2019/Oct/Future-of-wind>. Acesso em: 06 ago. 2020.

JENKINS, Kirsten; MCCAULEY, Darren; HEFFRON, Raphael; STEPHAN, Hannes; REHNER, Robert. Energy justice: A conceptual review. *Energy Research & Social Science*, [S. l.], v. 11, 2016. DOI: 10.1016/j.erss.2015.10.004. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214629615300669>. Acesso em: 31 out. 2021.

KALDELLIS, J. K.; APOSTOLOU, D.; KAPSALI, M.; KONDILI, E. Environmental and social footprint of offshore wind energy. Comparison with onshore counterpart. *Renewable Energy*, [S. l.], v. 92, p. 543–556, 2016. DOI: 10.1016/j.renene.2016.02.018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2016.02.018>. Acesso em: 22 jun. 2019.

KAPLAN, B., ed. Literature Synthesis for the North and Central Atlantic Ocean. United States Dept. of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Regulation and Enforcement, Gulf of Mexico OCS Region, New Orleans, LA. OCS Study BOEMRE 2011-012. 447p.

KERN, Florian; VERHEES, Bram; RAVEN, Rob; SMITH, Adrian. Empowering sustainable niches: Comparing UK and Dutch offshore wind developments. *Technological Forecasting and Social Change*, [S. l.], v. 100, p. 344–355, 2015. DOI: 10.1016/j.techfore.2015.08.004. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/tefoso/v100y2015icp344-355.html>. Acesso em: 25 set. 2020.

KLAIN, Sarah C.; SATTERFIELD, Terre; MACDONALD, Suzanne; BATTISTA, Nicholas; CHAN, Kai M. A. Will communities “open-up” to offshore wind? Lessons learned from New England islands in the United States. *Energy Research & Social Science*, [S. l.], v. 34, 2017. DOI: 10.1016/j.erss.2017.05.009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629617301172>. Acesso em: 07 fev. 2018.

LADENBURG, Jacob. Visual impact assessment of offshore wind farms and prior experience. *Applied Energy*, [S. l.], v. 86, n. 3, p. 380–387, 2009. DOI: 10.1016/j.apenergy.2008.05.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261908001323>. Acesso em: 13 maio. 2021.

LEUNG, Dennis Y. C.; YANG, Yuan. Wind energy development and its environmental impact: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 1031–1039, 2012. DOI: 10.1016/j.rser.2011.09.024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032111004746?via%3Dihub>. Acesso em: 3 abr. 2019.

LIPSKY, A., MOURA, S.; KENNEY, A.; BELLAVANCE. R. Addressing Interactions Between Fisheries and Offshore Wind Development: The Block Island Wind Farm. *SeaPlan*, Boston, 16 pp. 2016. Disponível em: <https://osf.io/preprints/marxiv/3jpxn/>. Acesso: 20 jan. 2023.

MENDES, Jocicléa 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. 2016. 160 f. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

MESQUITA, C. Amontada: 1ª usina eólica offshore do CE deve começar a operar em 2025. *Diário do Nordeste*, 20 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://diariodoNordeste.verdesmares.com.br/negocios/amontada-1-usina-eolica-offshore-do-ce-deve-comecar-a-operar-em-2025-1.3024667>. Acesso em 13 mar. 2021.

MICHEL, J.; DUNAGAN, H.; BORING, C.; HEALY, E.; EVANS, W.; DEAN, J.M.; MCGILLIS, A.; HAIN, J. Worldwide Synthesis and Analysis of Existing Information Regarding Environmental Effects of Alternative Energy Uses on the Outer Continental Shelf. United States Department of the Interior, Minerals Management Service, Herndon, VA, MMS OCS Report 2007-038. 2007 254 p.

MILLER, Lee M.; KEITH, David W. Observation-based solar and wind power capacity factors and power densities. *Environmental Research Letters*, [S. l.], v. 13, n. 10, p. 104008, 2018. DOI: 10.1088/1748-9326/aae102. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aae102>. Acesso em: 15 jan. 2019.

MOURA, S., et al. Options for cooperation between commercial fishing and offshore wind energy industries: a review of relevant tools and best practices. *SEAPLAN*. 2015. 43p. Disponível em: <https://osf.io/sfu9e/download>. Acesso 25 fev. 2017

GONÇALVES NETO, José Belquior; GOYANNA, Felipe Augusto de Alencar; FEITOSA, Caroline Vieira; SOARES, Marcelo Oliveira. A sleeping giant: the historically neglected Brazilian fishing sector. *Ocean and Coastal Management*, [S. l.], v. 209, p. 105699, 2021. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105699. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0964569121001836>. Acesso em: 19 jun. 2021.

OLIVEIRA, Pablo da Costa; DI BENEDITTO, Ana Paula Madeira; BULHÕES, Eduardo Manuel Rosa; ZAPPES, Camilah Antunes. Artisanal fishery versus port activity in southern Brazil. *Ocean & Coastal Management*, [S. l.], v. 129, 2016. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2016.05.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569116300953?via%3Dihub>. Acesso em: 23 jun. 2020.

OPOVO. Hidrogênio Verde: Qair e Camilo assinam memorando para usina no Pecém. *O Povo*. 06 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: 15 jul. 2021.

OSPAR Commission. Problems and Benefits Associated with the Development of Offshore Wind-Farms. Report by OSPAR Commission. 2004. Disponível em: <https://tethys.pnnl.gov/publications/problems-benefits-associated-development-offshore-wind-farms>. Acesso em: 30 mar. 2021.

PETROBRÁS. Projeto de Monitoramento do Desembarque Pesqueiro Regional da Bacia do Ceará. EU-RNCE. Unidade de Operações de Exploração e Produção do Rio Grande do Norte e Ceará. Revisão 00, mar. 2016. 103p.

POSSNER, A.; CALDEIRA, K. Geophysical potential for wind energy over the open oceans. IN: *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES*, 43, Anais...24 out. 2017. Disponível em: <http://www.pnas.org/lookup/doi/10.1073/pnas.1705710114>. Acesso em: 18 mar. 2019.

RAMALHO, Cristiano W. N. Sentimento de corporação, cultura do trabalho e conhecimento patrimonial pesqueiro: expressões socioculturais da pesca artesanal. *Revista de Ciências Sociais*. V. 43. Nº 1-jan/jul: Fortaleza: UFC, 2012. p. 08-27. Disponível em: <http://www.periodicos.ufc.br/revcienso/article/view/417>. Acesso em: 20 jan. 2023.

RIBAS, V. E.; SIMÕES, A. F. (In)justiça Energética: definição conceitual, parâmetros e aplicabilidade no caso do Brasil. *Revista Brasileira de Energia*. v.26. n.4, 2020. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/580/453>. Acesso em: 20 jan. 2023.

ROSENO, R. Ambientalistas criticam proposta de flexibilização do licenciamento de eólicas no Ceará. 02 fev. 2018. Disponível em: <https://www.renatoroseno.com.br/noticias/ambientalistas-criticam-proposta-flexibilizacao-licenciamento-eolicas-ceara>. Acesso em: 10 mar. 2019.

SALM, R. V.; CLARK, J. R.; SIIRILA, E. Marine and coastal protected areas: a guide for planners and managers. IUCN. Washington DC. 2020, 371p. Disponível em: <https://www.iucn.org/content/marine-and-coastal-protected-areas-a-guide-planners-and-managers-0>. Acesso em: 29 abr. 2021.

SANTESTEVAN, W. H; PEYERL, D.; D'AQUINO, C. A. Possibilidades e desafios para inserção da geração eólica offshore no Brasil. Revista Brasileira de Energia. v.27, n.4, 2021. Disponível em: <https://sbpe.org.br/index.php/rbe/article/view/613/492>. Acesso em: 20 jan. 2023.

SANTOS, S. A. Diagnóstico socioeconômico dos pescadores artesanais de lagosta em Fortaleza, Ce. 76 f. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SEDET – SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E TRABALHO. Energix Energy divulgará detalhes do projeto para produção de Hidrogênio Verde no Ceará nesta quinta-feira (04). SEDET. 03 mar. 2021. Disponível em: <https://www.sedet.ce.gov.br/2021/03/03/energix-energy-divulgara-detalhes-do-projeto-para-producao-de-hidrogenio-verde-no-ceara-nesta-quinta-feira-04/>. Acesso em: 15 jul. 2021.

SILVA, A. J. V. de C. Potencial Eólico Offshore No Brasil: Localização De Áreas Nobres Através De Análise Multicritério. 2019. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: [http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/mestrado/Dissert\\_AJVCSilva.pdf](http://www.ppe.ufrj.br/images/publicações/mestrado/Dissert_AJVCSilva.pdf). Acesso em: 18 nov. 2020.

SMYTH, Katie; CHRISTIE, Nikki; BURDON, Daryl; ATKINS, Jonathan P.; BARNES, Richard; ELLIOTT, Michael. Renewables-to-reefs? - Decommissioning options for the offshore wind power industry. Marine Pollution Bulletin, [S. l.], v. 90, n. 1–2, p. 247–258, 2015. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2014.10.045. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0025326X14007292>. Acesso em: 15 mai. 2020.

SOARES, M. O.; ARAÚJO, J. T.; FERREIRA, S. M. C.; SANTOS, B. A.; BOAVIDA, J. R. H.; COSTANTINI, F.; ROSSI, S. Why do mesophotic coral ecosystems have to be protected? Science of the Total Environment, v. 726, p. 138456, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720319690>. Acesso em: 01 fev. 2023.



SOARES, M.O.; CAMPOS, C.C.; CARNEIRO, P.B.M.; BARROSO, H.S.; MARINS, R.V.; TEIXEIRA, C.E.P.; MENEZES, M.O.B.; PINHEIRO, L.S.; VIANA, M.B.; FEITOSA, C.V.; SÁNCHEZ-BOTERO, J.I.; BEZERRA, L.E.A.; ROCHA-BARREIRA, C.A.; MATTHEWS-CASCON, H.; MATOS, F.O.; GORAYEB, A.; CAVALCANTE, M.S.; MORO, M.F. ROS-SI, S.; BELMONTE, G.; MELO, V.M.M.; ROSADO, A.S.; RAMIRES, G.; TAVARES, T.C.L.; GARCIA., T.M. Challenges and perspectives for the Brazilian semi-arid coast under global environmental changes. *Perspectives in Ecology and Conservation*. v.19, n.3, 2021. pp. 267-278. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2530064421000523>. Acesso em: 04 fev. 2023

SOUSA, A. S.; OLIVEIRA, G. S.; ALVES, L. H. A Pesquisa Bibliográfica: princípios e fundamentos. *Cadernos da Fucamp*, v.20, n.43, p.64-83. 2021. Disponível em: <https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2336>. Acesso em: 20 jan. 2023.

STAUT, F. O Processo de Implantação de Parques Eólicos no Nordeste Brasileiro. 2016. 165f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

TAORMINA, Bastien; BALD, Juan; WANT, Andrew; THOUZEAU, Gérard; LEJART, Morgane; DESROY, Nicolas; CARLIER, Antoine. A review of potential impacts of submarine power cables on the marine environment: Knowledge gaps, recommendations and future directions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, [S. l.], v. 96, 2018. DOI: 10.1016/j.rser.2018.07.026. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118305355>. Acesso em: 01 mar. 2021.

TAVARES, Luiz Filipe de Assis; SHADMAN, Milad; ASSAD, Luiz Paulo de Freitas; SILVA, Corbiniano; LANDAU, Luiz; ESTEFEN, Segen F. Assessment of the offshore wind technical potential for the Brazilian Southeast and South regions. *Energy*, [S. l.], v. 196, 2020. DOI: 10.1016/j.energy.2020.117097. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544220302048>. Acesso em: 05 jul. 2021.

VASCONCELLOS, M.; DIEGUES, A. C.; KALIKOSKI, D. C. Coastal fisheries of Brazil, in SALAS, S.; CHUENPAGDEE, R.; CHARLES, A.; SEIJO, J.C. (org), *Coastal fisheries of Latin America and the Caribbean*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, No. 544, Rome, FAO, 2011, pp. 73–116.

VOLKER, Patrick J. H.; HAHMANN, Andrea N.; BADGER, Jake; JR-GENSEN, Hans E. Prospects for generating electricity by large onshore and offshore wind farms. *Environmental Research Letters*, [S. l.], v. 12, n. 3, 2017. DOI: 10.1088/1748-9326/aa5d86. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa5d86>. Acesso em: 19 mar. 2020.

WILSON, J. C. Offshore wind farms: their impacts, and potential habitat gains as artificial reefs, in particular for fish. 2007. Dissertação (Mestrado) Universidade de Hull, 2007. Disponível em: [https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Their\\_Impacts\\_and\\_Potential\\_Habitat\\_Gains\\_as\\_Artificial\\_Reefs.pdf](https://tethys.pnnl.gov/sites/default/files/publications/Their_Impacts_and_Potential_Habitat_Gains_as_Artificial_Reefs.pdf). Acesso em: 10 ago. 2020.

WILSON, Jennifer C.; ELLIOTT, Michael. The habitat-creation potential of offshore wind farms. *Wind Energy*, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 203–212, 2009. DOI: 10.1002/we.324. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/we.324>. Acesso em: 28 ago. 2021.

XAVIER, Thomaz Willian de Figueiredo. Análise participativa dos potenciais impactos socioambientais de parques eólicos marinhos (offshore) na pesca artesanal no estado do Ceará, Brasil. 2022. 266 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/64683>. Acesso em: 20 jan. 2023.

ZHANG, Ying; ZHANG, Chao; CHANG, Yen-Chiang; LIU, Wen-Hong; ZHANG, Yong. Offshore wind farm in marine spatial planning and the stakeholder's engagement: Opportunities and challenges for Taiwan. *Ocean & Coastal Management*, [S. l.], v. 149, 2017. DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2017.09.014. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964569117302648>. Acesso em: 02 set. 2020.

## **UNIVERSALIZAÇÃO DO ACESSO À ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL: PANORAMA DE SIGFIS E MIGDIS INSTALADOS**

Fabiana Karla de Oliveira Martins Varella<sup>1</sup>

Izana Nadir Ribeiro Vilela<sup>2</sup>

Rodolfo Dourado Maia Gomes<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal Rural do Semi-Árido*

<sup>2</sup>*International Energy Initiative*

DOI: 10.47168/rbe.v29i3.793

### **RESUMO**

Em 2004, a ANEEL publicou a Resolução Normativa (RN) nº83/2004 que disciplinou o uso de sistemas individuais de geração de energia por fontes renováveis como modalidade de atendimento que pode ser utilizada pelas distribuidoras de eletricidade em seus planos de universalização do acesso à energia. Em 2009, o IEI (*International Energy Initiative*) publicou um relatório analisando o andamento da implantação da RN. À época, os resultados mostraram que a ANEEL, responsável pela fiscalização desses sistemas, não possuía as informações mínimas exigidas por sua própria regulamentação e que deveriam ser enviadas semestralmente e obrigatoriamente pelas distribuidoras de eletricidade. Passados treze anos após a publicação do primeiro relatório, uma nova análise foi feita sobre a implantação dos sistemas autônomos individuais (SIGFI) ou em minirredes (MIGDI) alimentados por fontes renováveis instalados pelas distribuidoras de eletricidade. O objetivo do artigo é apresentar os principais resultados dessa avaliação e algumas propostas de melhoria, incluindo a perspectiva dos principais agentes envolvidos. Espera-se, assim, contribuir de forma construtiva para a efetivação dos marcos legais, regulatórios e de governança que garantirão os benefícios públicos do acesso universal à eletricidade no Brasil. A metodologia utilizada foi estruturada em três etapas. A primeira realizou a atualização e análise dos instrumentos legais e regulatórios da temática tratada; a segunda realiza a análise quantitativa dos dados de sistemas instalados, disponibilizados pela ANEEL, e a terceira e última etapa é o levantamento da perspectiva dos agentes envolvidos com os sistemas instalados (SIGFI e MIGDI), no caso, as concessionárias de distribuição de energia elétrica e o consumidor final. Conclui-se que, embora o Brasil possua desde 2004 uma regulação relevante que disciplina as condições de qualidade de fornecimento, aspectos técnicos e relações comerciais para uso de SIGFI e MIGDI, é necessário que a ANEEL e as distribuidoras exerçam um olhar mais atento e contínuo para garantir

o cumprimento da regulação e da legislação, e a satisfação dos consumidores finais.

Palavras-chave: Universalização do acesso à eletricidade; Acesso à energia; Sistemas remotos; SIGFI; MIGDI.

## ABSTRACT

In 2004, the Brazilian Electricity Regulatory Agency (ANEEL) published the Normative Resolution (NR) No. 83/2004 which ruled the use of standalone renewable energy power systems as a form of service modality, in addition to grid extension, that could be adopted by utilities in their universal energy access plans. In 2009, IEI (International Energy Initiative) published a report assessing the implementation of this Resolution. At that time, the results revealed that ANEEL, responsible for overseeing these systems, lacked the minimum information required by its own regulation, which should have been submitted biannually and mandatorily by utilities. Thirteen years after the first report, a new analysis was conducted regarding the deployment of individual autonomous systems (SIGFI) or microgrids (MIGDI) powered by renewable energy sources installed by utilities. The objective of this paper is to both present the key findings of this evaluation and suggestions for improvements, including the perspectives of the main stakeholders involved. The intention is to contribute to the enforcement of legal, regulatory, and governance frameworks that will secure the public benefits of universal energy access in Brazil. The methodology used consisted of three stages. The first stage involved the update and analysis of the legal and regulatory instruments related to the subject; the second one quantitatively analyzed the available data on installed systems provided by ANEEL, and the third and final stage collected the perspectives from stakeholders involved with the installed systems (SIGFI and MIGDI), in this case, utilities and end consumers. It is concluded that, despite Brazil having relevant regulations in place since 2004 to rule the supply quality conditions, technical aspects, and business affairs for SIGFI and MIGDI usage, both ANEEL and utilities must exercise a more vigilant and continuous oversight to ensure the compliance with regulations and legislation, as well as the end user satisfaction.

Keywords: Universal access to electricity in Brazil; Energy access; Stand-alone power systems; SIGFI; MIGDI.

## 1. INTRODUÇÃO

O programa brasileiro de acesso universal à eletricidade, cha-

mado de Luz para Todos (LPT), conectou mais de 16 milhões de pessoas (algo em torno de 3,4 milhões de domicílios) à energia elétrica desde a sua criação, no ano de 2003, para atender a meta brasileira de universalização do acesso (ELETROBRAS, 2022). No entanto, lugares considerados mais desafiadores, distantes e/ou com difícil acesso, ainda não receberam o benefício, seja por meio de sistemas autônomos<sup>1</sup> ou por extensão da rede elétrica.

A extensão da rede elétrica convencional foi a principal solução adotada pelo LPT, mas também foram instalados sistemas autônomos individuais ou sistemas do tipo minirredes alimentados por energias renováveis em locais onde a extensão da rede não era considerada viável pela distribuidora (por exemplo, dificuldades logísticas, grandes distâncias dos centros consumidores, elevados custos de instalação e legislações ambientais específicas, dependendo da localidade). De acordo com (BRASIL, 2022a), a maioria das residências restantes será conectada por sistemas autônomos de energia renovável (principalmente por sistemas fotovoltaicos).

Tais sistemas, segundo a regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL (ANEEL, 2021), são chamados de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFI) e de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica (MIGDI).

O objetivo do programa LPT é acelerar os prazos de universalização das distribuidoras de eletricidade e beneficiar as famílias residentes na área rural, dando prioridade de atendimento às famílias de baixa renda inscritas no Cadastro Único de programas sociais do Governo Federal, assentamentos rurais, comunidades indígenas, comunidades quilombolas, além de comunidades localizadas em reservas extrativistas e outros grupos que possuam características sociais e culturais específicas. O prazo de finalização do Programa LPT foi recentemente prorrogado de 31 de dezembro de 2022 para 31 de dezembro de 2026 e de 2028 para o atendimento da população rural e da população residente nas regiões remotas da Amazônia Legal, respectivamente<sup>2</sup>.

De forma complementar, em fevereiro de 2020 foi criado um programa específico para a população de regiões remotas da Amazônia Legal, o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica na Amazônia Legal - Mais Luz para a Amazônia (MLA). O MLA foi criado com o objetivo de levar eletricidade às famílias residentes em regiões remotas da Amazônia Legal, utilizando fontes renováveis de energia, onde se estima haver cerca de um milhão de brasileiros sem acesso ao serviço público de energia elétrica,

1 São sistemas de geração não conectados à rede elétrica, que podem ou não armazenar energia a depender da fonte energética utilizada. Por exemplo, se for utilizado sistema fotovoltaico, ele precisa armazenar a energia elétrica excedente em baterias para ser utilizada quando não houver produção.

2 Decreto 11.628, de 4 de agosto de 2023.

segundo o IEMA (2020). Porém, no dia 4 de agosto de 2023, o MLA foi incorporado ao Programa Luz para Todos, tornando-se um único programa.

No entanto, não basta apenas ter a conexão elétrica para essas pessoas. A fiscalização desses sistemas autônomos, bem como o monitoramento e avaliação (M&A) desses programas, são fundamentais para garantir o acesso sustentável à energia elétrica. Embora a regulamentação nacional e a governança do LPT e do MLA tenham, de modo geral, sido desenhadas para garantir a sustentabilidade desses sistemas autônomos, desde meados dos anos 2000 não se tem a informação, ao menos divulgada publicamente pela governança do LPT, se houve uma avaliação de impacto e de processo robusta e periódica. O primeiro levantamento foi feito em 2009, após os primeiros cinco anos da primeira regulação dos SIGFI (JANNUZZI, VARELLA e GOMES, 2009). Questiona-se, portanto, se o benefício público do acesso à eletricidade está de fato sendo garantido, pois o fornecimento de energia elétrica desses sistemas ao longo do tempo é incerto ou mesmo desconhecido pelo regulador e pela sociedade.

Dessa forma, o presente trabalho apresenta uma análise dos principais resultados do novo levantamento do status dos sistemas SIGFIS e MIGDIS alimentados por fontes renováveis e instalados pelas distribuidoras de eletricidade no âmbito de seus planos de universalização do atendimento<sup>1</sup>. Este artigo está baseado em Gomes, Varella e Vilela (2022), que fez a pesquisa original no âmbito de um relatório de projeto, com a sua publicação ocorrida no ano de 2022.

Visando atender ao objetivo proposto, a Seção 2 apresenta a parte conceitual essencial para o desenvolvimento do trabalho, com os conceitos de acesso à energia, bem como de sistemas autônomos de geração de eletricidade para universalização do acesso. Na Seção 3 tem-se a metodologia que foi estruturada em três etapas: (1) levantamento do contexto legal e regulatório; (2) análise dos dados disponibilizados pela ANEEL (de cadastro e de ocorrências); e (3) o levantamento das perspectivas da concessionária de distribuição de energia elétrica e do consumidor final sobre SIGFI ou MIGDI instalados. Na Seção 4 são mostradas as análises realizadas para cada uma das etapas da metodologia. Por fim, na Seção 5 são mostradas as considerações finais do trabalho.

## **2. CONCEITOS IMPORTANTES**

### **2.1 Acesso à energia**

O tema de acesso à energia tem sido tratado por várias frentes a

---

<sup>1</sup> Cada distribuidora possui o seu plano contendo as metas e prazos para o alcance da universalização na sua área de atuação (seja em zona urbana ou rural), revisado e aprovado pela Aneel, e a ser fiscalizado pela agência reguladora.

ao longo do tempo. O programa de universalização Luz para Todos, e os esforços mundiais através dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM) (MODI et al., 2006) e dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)<sup>1</sup> são alguns exemplos. Apesar do tema de acesso à energia não ser tratado especificamente nos oito Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), o acesso à energia limpa e sustentável contribui diretamente para que eles sejam alcançados, particularmente para a redução da pobreza, aprimoramento da saúde, igualdade de gênero e o gerenciamento sustentável dos recursos naturais (ENERGYEDIA, 2014; MODI et al., 2006). Já nos ODS o ODS 7 estabelece a meta mundial de universalização do acesso à eletricidade e a outras formas de energia até 2030<sup>2</sup>.

No entanto, o conceito de acesso à energia tem sido entendido ou tratado de forma restrita (GOMES, VARELLA e VILELA., 2022). Isso traz reflexos sobre o desenho das ações necessárias e sobre as condições materiais, humanas e financeiras necessárias a essas ações para a garantia desse acesso. Embora não seja o objetivo deste trabalho, se faz necessário apresentar o entendimento dos autores sobre o acesso à energia.

O acesso à energia é ter acesso a serviços energéticos que sejam adequados, confiáveis, de qualidade, seguros, ambientalmente benignos e economicamente acessíveis para auxiliar o desenvolvimento humano e econômico. A ausência de escolha suficiente do usuário para acessar serviços energéticos com essas características é o que se define como pobreza energética. Embora não haja uma definição consensual e precisa sobre esta, na literatura, entende-se que a definição dada em Reddy et al. (2000) é a que melhor captura sua multidimensionalidade (PIAI; GOMES; JANNUZZI, 2020). Essa multidimensionalidade está contida no entendimento de que a pobreza energética é uma das dimensões da pobreza, ou seja, é a dimensão energética da pobreza<sup>3</sup>.

Embora a definição de acesso à energia possa em um primeiro momento parecer clara, às vezes sua real compreensão pode passar despercebida. Primeiramente, a definição mostra que o acesso à energia está além do acesso físico à eletricidade ou a combustíveis. Está além de ter na porta da residência os fios que vêm dos postes, ou os botijões ou canalizações de gás ou as lenhas. Aquilo que as pessoas e a sociedade precisam não é a eletricidade ou o combustível em si, mas

1 Nações Unidas. Página oficial dos ODS: <https://sdgs.un.org/goals/goal7>. Acesso em 26 de julho de 2023.

2 Vide as demais metas específicas do ODS 7 na página oficial das Nações Unidas em nota de rodapé 4.

3 Reddy et al. (2000) exploram essas interconexões entre energia e pobreza e energia e questões sociais, interconexões que se condicionam mutuamente, uma influenciando a outra e vice-versa. Mostram que os serviços energéticos "são uma condição necessária para o desenvolvimento sustentável" (p.43), embora não suficientes sendo apenas "uma dimensão ou determinante da pobreza e desenvolvimento, mas vital" (p.44).

os serviços que fazem uso dessas formas de energia em nosso cotidiano e para a reprodução material da vida: por exemplo, iluminação, refrigeração, comunicação e transporte. Iluminar, refrigerar, comunicar e transportar são exemplos de serviços energéticos que precisamos.

Em segundo lugar, esses serviços energéticos podem ser obtidos de diversas maneiras ou, melhor dizendo, através de diversas tecnologias. Por exemplo, iluminar nossas casas pode se fazer utilizando velas, lamparinas e lâmpadas. Cozinhar pode se realizar utilizando fogão elétrico, a gás ou a lenha. Cada tecnologia para iluminar ou cozinhar pode oferecer diferentes qualidade, custo, disponibilidade, segurança ou impacto no ambiente. Por exemplo, a qualidade da iluminação com lâmpada elétrica em relação à lamparina ou à vela é melhor, o uso de fogão a gás tem menor poluição na cozinha do que um fogão a lenha tradicional. Os custos associados para iluminar e cozinhar também são diferentes dependendo da tecnologia e da fonte de energia utilizada. Mesmo entre tecnologias que usam a mesma fonte de energia, como a lâmpada elétrica (incandescente, halógena, fluorescente e LED), os custos, a eficiência energética, a vida útil, o índice de reprodução de cor, a disponibilidade local e o impacto ambiental e na rede elétrica são diferentes.

Logo, a tecnologia e a fonte de energia são fatores que determinam as diversas características e impactos da iluminação e do cozimento, por exemplo, mas serve para qualquer uso que se faça, seja doméstico ou produtivo da energia. Sendo assim, o conceito pleno, não restrito, de acesso à energia está relacionado com o serviço energético e as características que ele precisa ter para atender as necessidades das pessoas e da sociedade para um mundo sustentável. Portanto, o uso desse conceito pleno de acesso alteraria o desenho, o planejamento e a implantação dos programas tradicionais, como os brasileiros, de eletrificação ou universalização do acesso à energia.

## **2.2 Sistemas autônomos de geração de eletricidade para universalização do acesso**

Para fins de universalização do acesso à eletricidade, desde 2004, através da Resolução Normativa (RN) nº83/2004 (ANEEL, 2004), foi permitido o uso de sistemas autônomos de geração a partir de fontes intermitentes de energia renovável, sejam individuais ou coletivos, como alternativa à extensão da rede elétrica.

Para tanto, foi necessário regulamentar os procedimentos e as condições de fornecimento de tais sistemas, como, por exemplo, as disponibilidades mensais mínimas de fornecimento de eletricidade, a qualidade e continuidade desse fornecimento, prazos de atendimento de pedidos e ocorrências, leitura e faturamento. Essa regulamentação foi feita pela Aneel através da Resolução Normativa Nº 83 de 20, de setembro de 2004 (ANEEL, 2004).



Esse foi um marco importante porque deu uma solução para um dos grandes problemas no uso de sistemas autônomos para eletrificação, que é a responsabilidade pela sua operação e manutenção. Essa responsabilidade passou a ser da concessionária de distribuição de eletricidade, responsável pela prestação do serviço público em sua área de concessão. Parcela importante do sucesso da implantação de sistemas autônomos para acesso à eletricidade depende de processos de consulta e de participação social, de implantação e de manutenção apropriados, que desde a década de setenta do século passado já são aprendizados registrados e reconhecidos internacionalmente através de diversas avaliações de impacto (BARNETT, 1990; BARNETT; McCULLOCH, 2019).

A regulamentação brasileira dos sistemas autônomos de geração de eletricidade sofreu mudanças ao longo do tempo, como apresentado adiante. Pelas regras atuais da Aneel, o atendimento com sistemas autônomos deve ser realizado por dois tipos de sistema:

- SIGFI: Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente: sistema de geração de energia elétrica exclusivamente por meio de fonte de energia renovável intermitente, utilizado para o atendimento de uma unidade consumidora; e por
- MIGDI: Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica: sistema isolado de geração de energia elétrica com fonte de energia renovável intermitente, utilizado para o atendimento de mais de uma unidade consumidora e associado à microrrede de distribuição de energia elétrica.

O atendimento às Unidades Consumidoras (UC) pode ser feito por uso residencial individual ou uso coletivo (escolas, igrejas, postos de saúde e outras unidades de uso comunitário). Seu dimensionamento precisa garantir uma disponibilidade mensal mínima de eletricidade que atenda às necessidades básicas de iluminação, comunicação e refrigeração da UC. Os sistemas são denominados de acordo com o porte, por exemplo, o SIGFI 45 possui disponibilidade mensal garantida de 45 kWh, e assim sucessivamente. As características e porte dos sistemas SIGFI e MIGDI da regulamentação mais recente são apresentadas na Tabela 1 (Resolução Normativa Aneel n° 1000/21).

Tabela 1 - Características dos sistemas de acordo com a classificação

Disponibilidade mensal garantida (kWh/mês/UC)	Consumo de referência (Wh/dia/UC)	Potência mínima (W/UC)
45	1.500	700
60	2.000	1.000
80	2.650	1.250
120	4.000	1.500
180	6.000	1.800

Além do disposto na Tabela 1, os sistemas do tipo MIGDI devem ter potência instalada total de geração menor ou igual a 100 kW, exceto se uma potência maior for aprovada pelo poder concedente ou pela Aneel. Os sistemas SIGFI e MIGDI precisam ser dimensionados para ter autonomia de, pelo menos, 36 horas para fonte solar e 48 horas para as demais fontes renováveis (usina eólica, mini e micro central hidrelétrica e sistemas híbridos).

### 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada no desenvolvimento do presente trabalho é estruturada em três etapas, que serão detalhadas a seguir:

- 1) Primeira etapa – Contexto legal e regulatório.
- 2) Segunda etapa – Análise dos dados disponibilizados pela Aneel.
- 3) Terceira etapa – As perspectivas de alguns atores envolvidos com os sistemas instalados (SIGFI e MIGDI), quais são: concessionária de distribuição de energia elétrica e consumidor.

#### 3.1 Contexto legal e regulatório

Esta seção apresenta uma revisão dos principais instrumentos legais e regulatórios relacionados aos SIGFIs e MIGDIs e aos programas de universalização do acesso à eletricidade (Programa Luz para Todos – LPT e Mais Luz para a Amazônia - MLA). Reitera-se que esses programas contribuem para o cumprimento dos planos de universalização das distribuidoras de energia elétrica.

Cada distribuidora possui o seu plano contendo as metas e prazos para o alcance da universalização na sua área de atuação, seja na área urbana ou rural, revisado e aprovado pela Aneel, e a ser fiscalizado pela agência reguladora. Em resumo, o arcabouço regulatório acerca do tema pode ser dividido em dois segmentos legais.

Foram levantados os novos ou revisados instrumentos legais desde a última avaliação realizada por Jannuzzi, Varella e Gomes (2009), dividindo-o em dois segmentos (Figura 1).

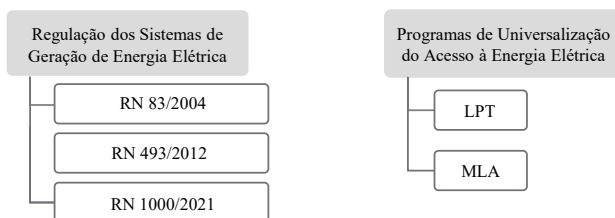


Figura 1 - Esquema regulatório

### 3.2 Análise dos dados disponibilizados pela ANEEL

Esta segunda etapa da metodologia compreende a análise quantitativa dos dados disponibilizados pela Aneel, com o objetivo de identificar o panorama da instalação de SIGFIs e MIGDIs no Brasil. O acesso à base de dados da Aneel é feito por intermédio da planilha disponibilizada pela agência em seu sítio<sup>1</sup> (ANEEL, 2022c). A versão utilizada nesse trabalho foi acessada no dia 03 de junho de 2022, após sua atualização que inseriu os dados referentes ao segundo semestre de 2021.

É importante reiterar que as concessionárias de distribuição de energia elétrica, que estão instalando os sistemas, precisam obrigatoriamente enviar semestralmente os dados mínimos correspondentes aos SIGFIs e MIGDIs, em formato de relatório, à Aneel, como consta nas resoluções normativas pertinentes. Com esses relatórios, a base de dados da Aneel é atualizada sendo possível a realização de trabalhos e análises como as apresentadas aqui.

Ao acessar o sítio da Aneel, pode-se fazer o *download* da planilha com os dados a serem analisados ou realizar as análises que se queira no próprio site de forma interativa. A planilha, ou base de dados, é dividida em duas partes: informações de cadastro e informações de ocorrências.

Vale informar que várias concessionárias de distribuição de energia elétrica enviam os seus dados à Aneel de forma particular e, por essa razão, podem ocorrer assimetrias e erros no preenchimento das informações repassadas. Buscando facilitar e padronizar as análises, foram consideradas as seguintes premissas na manipulação dos dados da planilha:

- Para as análises de cadastro: as análises consideram o período ano-semester 2021-02, ou seja, o relatório do segundo semestre de 2021, que no momento de elaboração deste trabalho é a versão mais recente. As informações cadastrais são do tipo estoque, a cada relatório semestral apresentado tem-se uma fotografia dos sistemas instalados. A base não é exaustiva, pois há distribuidoras com sistemas autônomos instalados que não enviaram ainda ou não constam nos relatórios. Assim, as informações disponibilizadas limitam-se apenas às distribuidoras que cumpriram com o envio das informações.
- Para as análises de ocorrências: ao contrário das informações cadastrais, as informações de ocorrência não são de estoque. Logo, o relatório do período ano-semester 2021-02, por exemplo, contém

---

1 <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/relatorios-e-indicadores/distribuicao/relatorios-distribuicao>

apenas as informações das ocorrências registradas desse semestre (e não o histórico). Por essa razão, essas análises são feitas para todos os períodos disponíveis na base de dados. No campo de duração das ocorrências, foram identificados valores negativos e nulos. Sendo assim, as análises das ocorrências desconsideram esses valores (com a aplicação de filtros nas planilhas analisadas).

### **3.3 As perspectivas de alguns atores sobre SIGFI ou MIGDI instalados**

Para a execução dessa etapa, foram conduzidas entrevistas com os agentes, por intermédio de questionário<sup>1</sup> aplicado por e-mail (para o caso da concessionária de distribuição de energia elétrica) e por chamada de vídeo (para o caso dos consumidores).

Foram elaborados questionários específicos para cada concessionária que enviou algum relatório semestral. Também foi enviado questionário para a Cemig, pois conforme levantamento realizado por Jannuzzi, Varella e Gomes (2009), a concessionária Cemig tinha instalado SIGFIs no período entre 2007 e 2009, apesar de não constar nenhum relatório da referida concessionária no sítio da ANEEL (2022c). Os questionários enviados contêm perguntas comuns e específicas a cada distribuidora. Também foram elaborados questionários para os consumidores, sendo que neste caso foram roteiros para conduzir as conversas com lideranças e moradores que possuem esses sistemas instalados.

Antes do envio dos questionários às distribuidoras, houve a tentativa de contato telefônico para informar sobre o objetivo deste trabalho. Nas ocasiões quando não se conseguiu fazer o contato telefônico, utilizou-se o e-mail.

## **4. ANÁLISE DOS RESULTADOS**

A presente seção tratará dos resultados obtidos nas três etapas já mostradas na seção da metodologia.

### **4.1 Contexto legal e regulatório**

#### **4.1.1 Regulação dos sistemas de geração de energia elétrica: SIGFI e MIGDI**

No ano de 2004 foi criada a primeira resolução normativa da Aneel, que estabelecia os procedimentos e condições de fornecimento do uso dos Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes (SIGFI). Logo, a Resolução Normativa nº 83/2004

<sup>1</sup> Para acessar o questionário vide GOMES, VARELLA e VILELA (2022), p. 60.

(REN 83/2004) surgiu para regulamentar o uso desses sistemas para a universalização do serviço público de eletricidade.

Ao longo dos anos esse regramento da Aneel foi sendo alterado, e no ano de 2012 foi criada a Resolução Normativa Aneel n° 493. Atualmente, a regulamentação desses sistemas é feita pela Resolução Normativa Aneel n° 1000, de 7 de dezembro de 2021. Destacam-se, a seguir, algumas das principais mudanças ocorridas:

- inclusão de MIGDI a partir de 2012 (Resolução Normativa Aneel n° 493/12, atualmente incorporada na Resolução Normativa Aneel n° 1000/21);
- possibilidade de parte da carga ser atendida em corrente contínua (Resolução Normativa Aneel n° 493/12, incorporada na Resolução Normativa Aneel n° 1000/21);
- mudanças nas disponibilidades mensais mínimas (kWh/mês) de fornecimento de eletricidade, a partir de 45 kWh/UC<sup>1</sup> (Resolução Normativa Aneel n° 1000/21). De 2004 até 6 de dezembro de 2021 a disponibilidade mensal garantida mínima era de 13 kWh/UC;
- simplificação das informações da frequência de falhas por componente do sistema a serem reportadas;
- inserção das informações sobre a quantidade e duração das interrupções por fato gerador, incluindo a duração das interrupções (mínima, média e máxima) e o prazo mínimo, médio e máximo de regularização dos níveis de tensão (Resolução Normativa Aneel n° 493/12, incorporada na Resolução Normativa Aneel n° 1000/21);
- inserção da informação sobre o meio utilizado para comunicar a ininterruptão (atendimento presencial, carta enviada pelos correios, teleatendimento) (Resolução Normativa Aneel n° 493/12, incorporada na Resolução Normativa Aneel n° 1000/21).

Cinco anos após a publicação da REN n° 83/2004, o Ministério de Minas e Energia (MME) publicou o Manual de Projetos Especiais do Programa Luz para Todos (Portaria n° 60/2009) que estabelecia os critérios técnicos e financeiros, os procedimentos e as prioridades que seriam aplicados no atendimento de comunidades isoladas.

A necessidade de tal Manual deu-se em função de, no âmbito do Programa LPT, terem sido identificadas situações em que o atendimento estava condicionado à execução de projetos com características especiais, pois as localidades a serem atendidas encontravam-se distantes das redes de distribuição de energia elétrica existentes, ou seja, com difícil acesso. Logo, sua idealização focava na construção e pequenos trechos de redes de distribuição descentralizadas, também denominados de minirredes, e do tipo não convencional (travessias subaquáticas, travessias em florestas e outras), chamados de projetos

<sup>1</sup> Unidade Consumidora.

especiais. Assim como a REN nº 83/2004, esse Manual de Projetos Especiais também visava auxiliar no processo da universalização do acesso à energia elétrica no país com essas especificidades.

Após oito anos de vigência, a REN nº 83/2004 foi revisada em 2012, dando lugar à Resolução Normativa nº 493/2012 que, dentre outras mudanças, incorporou os procedimentos e as condições de fornecimento para MIGDI, as “minirredes” autônomas.

Quase dez anos após<sup>1</sup>, em 2021, a Resolução Normativa nº 493/2012 foi incorporada à Resolução Normativa nº 1.000/2021, que abrangeu e consolidou o conteúdo de 61 normas anteriormente publicadas pela Aneel em apenas uma, revogando-as.

#### 4.1.2 Programas de universalização do acesso à energia elétrica

Os programas LPT e MLA aportam recursos financeiros para as distribuidoras acelerarem os seus planos de universalização. Além disso, exigem a instalação de sistema elétrico interno nas unidades consumidoras com até três pontos de luz (lâmpadas eficientes) e duas tomadas sem custo para o beneficiário (MME, 2018).

Juntamente com o regramento específico de cada programa, eles possuem manuais de operacionalização que especificam a estrutura operacional, as prioridades de atendimento e os procedimentos e critérios técnicos e financeiros. A Tabela 2 mostra informações comparativas e resumidas dos programas Luz para Todos e Mais Luz para a Amazônia. Este último foi incorporado ao LPT em 4 de agosto de 2023 pelo Decreto Nº 11.628/23.

Tabela 2 - Resumo dos Programas Luz para Todos (LPT) e Mais Luz para a Amazônia (MLA)

LPT	MLA <sup>2</sup>
Início em 2003	Início em 2020
Instituído pelo Decreto nº 4.873 (11 novembro 2003)	Instituído pelo Decreto nº 10.221 (05 fevereiro 2020)
Atendimento das áreas rurais em todo o território nacional	Atendimento somente na região da Amazônia Legal
Novos consumidores	Novos consumidores e consumidores existentes com uso de energia não renovável (substituição de geradores elétricos à diesel e gasolina)
Atendimento UC uso individual ou coletivo: SIGFI e MIGDI	Atendimento UC uso individual ou coletivo: SIGFI e MIGDI
Fontes renováveis e não-renováveis	Somente fontes renováveis
Vigência: até final de 2026	Vigência: até final de 2030

<sup>1</sup> Para acessar maiores detalhes das resoluções normativas aqui citadas, vide GOMES, VARELLA e VILELA (2022), p. 23.

<sup>2</sup> Notas: Incorporado ao LPT pelo Decreto Nº 11.628, de 4 de agosto de 2023.

#### 4.1.3 Acompanhamento e fiscalização dos planos de universalização

No dia 1 de janeiro de 2022, entrou em vigor a Resolução Normativa no 950, de 23 de novembro de 2021, da Aneel. Ela estabelece as regras para o acompanhamento e a fiscalização dos planos de universalização dos serviços de distribuição de energia elétrica. A Aneel buscou, com isso, consolidar todos os atos normativos relacionados ao tema “Planos de Universalização”, revogando 13 resoluções publicadas ao longo de 2003 a 2021. Apresenta-se, a seguir, um breve apanhado dos pontos mais relevantes da Resolução, embora recomende-se a leitura integral dela.

Na seção sobre Universalização (Seção III), a REN no 950/21 trata da Lei no 10.438<sup>1</sup>, de 26 de abril de 2002, e sobre o direito do consumidor ao acesso gratuito ao serviço de distribuição da energia elétrica e seus critérios. Seções específicas da REN n° 950/21 tratam do atendimento pelo Programa LPT e pelo Programa MLA (Seções IV e V, respectivamente). Uma das suas disposições é que o atendimento ao LPT e MLA deve ser realizado com os prazos e condições definidos pelo MME. Com a incorporação do MLA pelo LPT e a publicação de normas complementares a serem feitas pelo MME para atender o Decreto N° 11.628/23, esta Resolução deverá ser correspondentemente revisada.

Para os casos de execução de obras no plano da universalização com recursos próprios da distribuidora (seção VI), estabelece que a distribuidora deve realizar o atendimento por meio da extensão da rede convencional ou por meio dos sistemas isolados, seguindo todas as legislações vigentes. O consumidor interessado, que inicialmente seria atendido por SIGFI ou MIGDI, pode optar por atendimento por meio convencional, desde que (1) não haja limitações técnicas ou ambientais que possam restringir essa via de atendimento e que (2) “realize a antecipação, por meio de aporte de recursos ou execução direta da obra, conforme previsto nas Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica”. Esse aporte é restituído para o consumidor pela distribuidora seguindo o prazo estabelecido pela resolução.

Sobre o acompanhamento da execução do Plano de Universalização (Seção VIII), as distribuidoras devem enviar relatórios trimestrais de acompanhamento até o último dia do mês subsequente ao trimestre de referência. Esses relatórios devem ser utilizados para a Aneel verificar o cumprimento das metas estabelecidas no Plano de Universalização.

---

<sup>1</sup> Lei que dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica no Brasil.

## 4.2 Análise dos dados disponibilizados pela ANEEL

Nesta subseção serão analisados os dados de cadastro e ocorrências disponibilizados pela ANEEL (2022c).

### 4.2.1 Análise do cadastro

A quantidade de SIGFI e MIGDI instalados entre 30 de novembro de 2006 até 18 de janeiro de 2022 é de 23.219, de acordo com a última atualização do banco de dados da Aneel (ano-semester 2021.02). Grande parte das instalações dos sistemas ocorreu nos anos de 2009 e 2010, representando cerca de 61% dos sistemas instalados em todo o período, como mostra a Figura 2. Dessa forma, a maioria dos sistemas já possui mais de onze anos. No entanto, tais números se mostram diferentes dos dados obtidos em Jannuzzi, Varella e Gomes (2009), em que até o ano de 2009 havia um total de 16.926 sistemas do tipo SIGFI instalados no país. Duas razões que podem explicar essa discrepância são a base de dados que está incompleta e a retirada de sistemas instalados com a chegada da rede de distribuição, por exemplo.

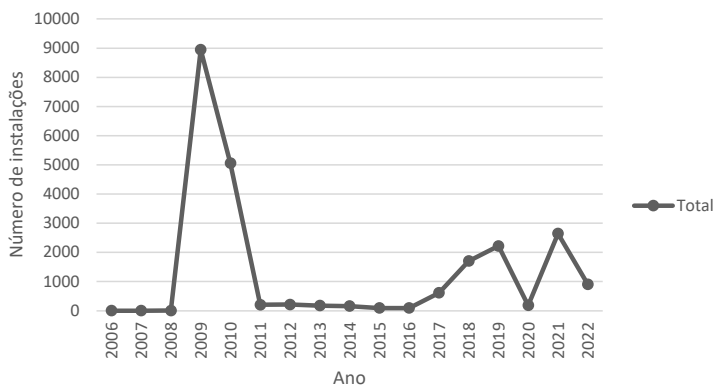


Figura 2 - Número de instalações conectadas em cada ano

Pelo relatório ano-semester 2021-02, que foi o último enviado até a finalização deste artigo, apenas seis distribuidoras enviaram seus relatórios à Aneel: Coelba, Equatorial Pará, Equatorial Maranhão, Enel Ceará, Enel Goiás e Enel Rio de Janeiro. Destas, a Coelba (com 67,86% dos sistemas instalados) e a Equatorial Pará (27,58% dos sistemas instalados) representam cerca de 96% do total das instalações reportadas.

Observou-se também que, até o ano de 2015, apenas a con-



cessionária Coelba estava instalando sistemas. Porém, segundo pesquisa desenvolvida por Jannuzzi, Varella e Gomes (2009), no ano de 2009 duas concessionárias de energia elétrica já estavam instalando sistemas do tipo SIGFI, a saber, a Coelba e a Cemig. Todavia, essa última não consta no banco de dados atual dos relatórios da Aneel e não deu retorno às diversas tentativas de contato realizadas.

Em outra análise, nota-se que quase a totalidade (mais de 97%) dos sistemas instalados são para atender consumidores da classe Residencial (RE1), Residencial Baixa Renda (RE2), Residencial Rural (RU3) e Agropecuária Rural (RU1). A maior parte das instalações (57,9%) é para consumidores da classe residencial (RE1).

Seguindo com as análises, observou-se que o tipo de SIGFI mais instalado, no período do ano de 2006 até o ano de 2022, é o do tipo 13 (disponibilidade mensal garantida de 13 kWh), correspondendo a, aproximadamente, 67% dos SIGFI instalados. Porém, a partir do ano de 2017 os SIGFI do tipo 45 (disponibilidade mensal garantida de 45 kWh) começaram a ser instalados de forma mais representativa e crescente, de 2017 até 2021, majoritariamente isso se deve aos Manuais de Operacionalização do Programa LPT, que indicavam a instalação de SIGFIs a partir do tipo 45. Juntos, os SIGFI do tipo 13 e 45 correspondem a, aproximadamente, 97% dos sistemas instalados no período.

O fato do sistema do tipo SIGFI 45 começar a ser mais instalado a partir do ano de 2017 é positivo, pois SIGFI 13 e 30 são muito limitados em termos de disponibilidade energética. Vale mencionar que os SIGFI 20 (disponibilidade mensal garantida de 20 kWh) não foram instalados no período.

A análise mostrou que todos os sistemas do tipo MIGDI tiveram a instalação do tipo 45 kWh/mês, e foi possível observar também que todos os SIGFIs 13 e 30 foram instalados pela Coelba, que não tem relatado a instalação de nenhum sistema de disponibilidade acima dessas. Apenas a Equatorial PA e a Equatorial MA instalaram SIGFI 45. O restante, que soma 470 sistemas, divide-se em 291 do tipo SIGFI 80, distribuídos entre a Enel CE, Enel GO e Enel RJ, e 179 sistemas acima de 80 kWh/mês, a cargo da Equatorial PA.

Os dados mostraram que cerca de 52% do total das unidades consumidoras se enquadram na classe residencial, e 9,4% na classe residencial baixa renda, ambas com SIGFI 13. Em seguida, 15,7% e 8,3% são de SIGFI 45 instalados em consumidores da classe residencial rural e da residencial de baixa renda, respectivamente. Portanto, os sistemas SIGFI 13 e 45 nas classes residencial, residencial baixa renda e residencial rural representam aproximadamente 93% de todos os sistemas instalados. Com esses dados, é possível identificar que o público-alvo do LPT (rural) ainda não é classe dominante das unidades

consumidoras.

Por fim, também foi possível observar que 31,3% (7.264) do total de sistemas instalados reportados no relatório de 2021-02 (23.219) possuem sistema de medição de consumo de eletricidade<sup>1</sup>, dos quais 88,2% apenas na Equatorial PA e 10,6% na Equatorial MA. No entanto, nos três relatórios semestrais anteriores da Equatorial PA todos os sistemas reportados não possuíam medição. Dessa forma, é provável, mas precisa-se checar, que houve erro de preenchimento da planilha de 2021-02. Se isso ocorreu, o número total de sistemas sem medição é de 96,3%. Vale mencionar que o uso de equipamento de medição, do ano de 2004 até maio de 2012, era obrigatório para SIGFIs com disponibilidade mensal garantida acima de 30 kWh<sup>2</sup>. A partir de junho passou a ser facultativa sua instalação para qualquer disponibilidade de SIGFI e MIGDI<sup>3</sup>.

#### 4.2.2 Análise das ocorrências

As ocorrências foram registradas no período de janeiro de 2020 a dezembro de 2021. No total, tem-se 7.781 ocorrências registradas, conforme mostra a Tabela 3. No entanto, esse número reduz para 4.016 quando desconsiderados os registros cujos tempos de duração do atendimento são valores negativos ou nulos (premissas do trabalho), ou seja, esses casos são encontrados em 3.765 registros, vide Tabela 4. Logo, quase metade de todos os registros (48%) pode conter erros de digitação ou outros tipos de erros.

Tabela 3 - Quantidade total de registros de ocorrências de janeiro de 2020 a dezembro de 2021

Tipo de ocorrência	Número de ocorrências	%
Interrupção	3.925	50,44%
Outro	3.813	49,00%
Problema no nível de tensão	1	0,01%
Reclamação geral	42	0,54%
Total Geral	7.781	100,00%

1 Sistema composto por medidor principal, demais equipamentos necessários para a realização da medição para faturamento e, caso existentes, medidor de retaguarda, transformadores para instrumentos (transformadores de potencial e de corrente), canais de comunicação e sistemas de coleta de dados (REN n° 1000, 2021).

2 Resolução Normativa Aneel N°83/2004: "A concessionária é obrigada a instalar equipamentos de medição em todas as unidades consumidoras com fornecimento por SIGFI, atendidas a partir da publicação desta Resolução, cuja disponibilidade mensal garantida seja superior a 30 kWh" (Art. 4, p.4).

3 Resolução Normativa Aneel N°493, de 5 de junho de 2012: "Faculta-se a instalação de equipamento de medição nas unidades consumidoras atendidas nos termos desta Resolução" (Art. 12, p. 4). Esta Resolução foi revogada pela Resolução Normativa Aneel N°1000/21, embora tenha mantido a medição facultativa.

Tabela 4 - Quantidade total de registros de ocorrências de janeiro de 2020 a dezembro de 2021 desconsiderados com duração de atendimento negativa ou nula

Tipo de ocorrência	Número de ocorrências	%
Interrupção	3.922	97,66%
Outro	51	1,27%
Problema no nível de tensão	1	0,02%
Reclamação geral	42	1,05%
Total Geral	4.016	100,00%

Quando se verifica apenas para os registros desses casos com duração negativa ou nula, a planilha aponta dois casos para a Enel RJ que não são identificados nos valores totais. Ao verificar nos dados de Ocorrências, esses dois registros são classificados como “Não Aplicável”, e pertencem ao relatório do segundo semestre de 2020. No entanto, a ocorrência foi catalogada em janeiro de 2021, sinalizando algum erro na entrega dos dados, um ponto de atenção que precisa ser entendido e solucionado.

Praticamente todos esses casos com duração negativa ou nula (3.762, ou 99,87%) ocorreram com a Enel GO no tipo “Outro”. Quando se divide as durações em negativas e nulas, essas últimas representam 97% dos 3.767 casos, todas na Enel GO. Esse tipo de acontecimento é recorrente nos relatórios semestrais da Enel GO. É um outro ponto de atenção que precisa ser entendido e solucionado.

Doravante, as análises que seguem consideram as premissas do trabalho (sem valores negativos e nulos para duração dos registros de ocorrências). Ao se observar a distribuição dos registros por procedência (procedente, improcedente ou não aplicável), a maioria foi considerada procedente (2.805 registros, o que equivale à quase 70%) e o total restante foi praticamente improcedente (1.209 registros). A grande maioria refere-se à interrupção, seja procedente ou improcedente. Dois registros foram classificados como não aplicável, sem outras observações sobre.

Analisando os dados por distribuidora, em números absolutos, a Coelba (47,41%), a Equatorial PA (29,11%) e a Equatorial MA (20,12%) são as que apresentam os maiores números de ocorrências registradas, como mostra a Tabela 5.

Tabela 5 - Distribuição da quantidade total de registros de ocorrências por distribuidora

Tipo de ocorrência	COELBA	ENEL CE	ENEL GO	ENEL RJ	EQUAT. MA	EQUAT. PA	Total Geral
Interrupção	1.904	45	28		805	1.140	3.922
Outro		40	5	3	3		51
Problema no nível de tensão						1	1
Reclamação geral						28	42
Total Geral	1.904	95	37	3	808	1.169	4.016
%	47,41%	2,37%	0,92%	0,07%	20,12%	29,11%	100 %

Um indicador relevante aponta o número de ocorrências por sistemas instalados (total), para cada distribuidora, como mostra a Tabela 6. Como os valores de instalações são muito discrepantes, uma média simples para o cálculo não sinalizaria a informação de forma coerente. Desse modo, o indicador é calculado pela razão simples entre o total das ocorrências e das instalações, em separado, e um indicador global é calculado posteriormente pela média ponderada.

Tabela 6 - Número de Ocorrências por Sistemas Instalados

Distribuidora	Ocorrências	Sistemas Instalados	Indicador	Indicador Global
COELBA	1.904	15.756	0,12	0,17
ENEL CE	95	55	1,73	
ENEL GO	37	199	0,19	
ENEL RJ	3	37	0,08	
Equatorial MA	808	768	1,05	
Equatorial PA	1.169	6.404	0,18	
Total	4.016	23.219		

Observa-se, na Tabela 6, que a ENEL CE possui um alto fator de ocorrências por sistema instalado (1,73), o que indica que cada instalação gerou, ao menos, uma reclamação/ocorrência. O mesmo ocorre com a Equatorial MA (1,05). Já a Coelba apresenta um valor relativo baixo (0,12), mas é importante destacar que a Coelba possui o maior número de sistemas instalados e mais experiência adquirida com o passar dos anos. Ademais, com o indicador global tem-se que a cada cinco sistemas instalados, aproximadamente, há uma ocorrência (em média).

Como a COELBA iniciou suas instalações desde o ano de 2006, observou-se que a maior parte das ocorrências procedentes ocorreu

em sistemas instalados nos anos de 2009 e 2010. Isso significa que ações preventivas de manutenção são necessárias para evitar esse tipo de ocorrência.

Além disso, como indicado na Tabela 6, verificou-se a maior parte das ocorrências nos sistemas mais antigos instalados pela Celba (2009 e 2010) e nos sistemas da Equatorial Pará e Equatorial Maranhão, em 2019 e 2021, respectivamente, sendo que nesta os sistemas passaram a ser instalados em 2017. O número de ocorrências por interrupção nessas distribuidoras em sistemas relativamente novos requer atenção, sendo necessário identificar seus motivos para entender o que pode ser corrigido no processo, uma vez que em sistemas novos a taxa de ocorrência de falhas deveria ser baixa.

Em uma análise mais detalhada foi possível verificar que a maioria das ocorrências procedentes e improcedentes por "interrupção" ocorreu na classe de consumidor do tipo Residencial (RE1), Residencial Baixa Renda (RE2) e Residencial Rural (RU3), as quais, conforme já mostrado anteriormente, foram as três classes de consumo que se destacaram com a maior quantidade de sistemas instalados no período de análise.

De acordo com as análises realizadas, a maior parte das ocorrências foram registradas nos sistemas do tipo SIGFI 13 (1.880 ocorrências) e 45 (1.849 ocorrências), respectivamente, que juntos correspondem a, praticamente, 97% dos SIGFI instalados no período analisado. Por outro lado, quando as ocorrências são observadas proporcionalmente ao número de sistemas instalados, embora os SIGFI 45 correspondam a 30% do total instalado, respondem por 45,32% das ocorrências registradas por interrupção. Os SIGFI 13 representam a maior quantidade de instalados (correspondendo à 67% do total) e respondem por 47% das interrupções registradas.

É relevante mencionar que há registros de ocorrências repetidas em algumas Unidades Consumidoras (UC). Desse montante, contabilizou-se que 2.401 UC registraram ocorrências no período analisado, e desse total, 1.643 UC tiveram apenas 1 registro (68,43%) e 759 (31,61%) registraram mais de uma ocorrência no período, chegando, por exemplo, a uma mesma UC contabilizar 25 ocorrências do tipo "interrupção".

Foi possível observar também que a maioria (54,7%) das ocorrências procedentes ou improcedentes registradas se deve à categoria "Outro" em interrupção, que não é detalhada. O segundo motivo das ocorrências deve-se às interrupções de fornecimento causadas por falha de material ou equipamento (34,4%). Esses dois motivos juntos respondem por quase 90% dos registros totais das ocorrências.

Do total de 4.016 registros de ocorrências dos quatro relatórios enviados, apenas 346 são mais descritivos quando se desconsidera como fato gerador as descrições gerais "Falha de equipamento" e

"Outro". Por outro lado, a amostra é pequena para se identificar os números de ocorrência e a duração dos atendimentos de maneira mais específica. Ela é ainda menor quando se observa apenas as ocorrências procedentes, que respondem por 152 registros (44%) dos 346 (Tabela 7).

Tabela 7 - Fato gerador das ocorrências registradas mais detalhadas

Fato gerador da ocorrência	Improcedente	Procedente	Total Geral	%
Casa fechada	2		2	0,05%
Corrosão		97	97	2,42%
Endereço não localizado	1		1	0,02%
Falha de conexão		7	7	0,17%
Furto		4	4	0,10%
Interrupção individual por defeito interno	5		5	0,12%
Ligação cortada	3		3	0,07%
Normal	45		45	1,12%
Ramal partido		1	1	0,02%
Roubo		16	16	0,40%
Serviço preventivo não programado	33		33	0,82%
Sobrecarga		27	27	0,67%
Tensão inadequada	105		105	2,61%
Total Geral	194	152	346	8,62%

A Equatorial Pará foi a única que descreveu, desse modo mais detalhado, o fato gerador das ocorrências (Tabela 8). A Coelba detalhou as informações ao considerar "Corrosão" e "Roubo" do que as demais distribuidoras. Todas as demais apenas registraram as ocorrências como "Falha de material ou equipamento" e "Outro".

Tabela 8 - Fato gerador das ocorrências procedentes e improcedentes registradas

Fato gerador da ocorrência	Improcedente	Não aplicável	Procedente	Total Geral
Coelba	152		1.752	1.904
Corrosão			97	97
Falha de material ou equipamento			979	979
Outro	152		670	822
Roubo			6	6
Enel CE	66		29	95

**Tabela 8 - Fato gerador das ocorrências procedentes e improcedentes registradas (cont.)**

<b>Fato gerador da ocorrência</b>	<b>Improcedente</b>	<b>Não aplicável</b>	<b>Procedente</b>	<b>Total Geral</b>
Falha de material ou equipamento	16		29	45
Outro	50			50
Enel GO	21		16	37
Falha de material ou equipamento			4	4
Outro	21		12	33
Enel RJ		2	1	3
Outro		2	1	3
Equatorial MA	9		799	808
Falha de material ou equipamento			15	15
Outro	9		784	793
Equatorial PA	961		208	1.169
Casa fechada	2			2
Endereço não localizado	1			1
Falha de conexão			7	7
Falha de material ou equipamento	202		136	338
Furto			4	4
Interrupção individual por defeito interno	5			5
Ligação cortada	3			3
Normal	45			45
Outro	565		23	588
Ramal partido			1	1
Roubo			10	10
Serviço preventivo não programado	33			33
Sobrecarga			27	27
Tensão inadequada	105			105
Total geral	1.209	2	2.805	4.016

Como apresentado na Tabela 8, das 152 ocorrências procedentes mais detalhadas registradas, ou seja, excetuando "Falha de material ou equipamento" e "Outro", 103 são da Coelba (68%) e 49 da Equatorial Pará (32%).

Outro dado fornecido pela planilha é a duração das interrupções registradas, identificado na planilha da agência reguladora como "duração da interrupção/prazo de regularização/prazo de resolução (horas)". Nesse caso, a duração varia de um mínimo de 17 segundos (0,005 hora) para um máximo de 203 dias (4.875 horas) (Tabela 9).

Tabela 9 - Duração das interrupções por fato gerador (procedente e improcedente)

Fato gerador da ocorrência	Duração da interrupção/prazo de regularização/prazo de resolução (horas)		
	Duração mínima	Duração média	Duração máxima
Falha de material ou equipamento	0,03	880,93	4.609,73
Outro	0,005	304,19	4.875,22
Casa fechada	21,91	23,27	24,63
Corrosão	3,23	1.275,34	3.549,64
Endereço não localizado	32,65	32,65	32,65
Falha de conexão	1,15	36,80	105,13
Furto	2,36	21,87	75,21
Interrupção individual por defeito interno	22,05	35,30	78,82
Ligação cortada	19,93	102,54	197,30
Normal	1,12	31,06	98,67
Ramal partido	2,28	2,28	2,28
Roubo	5,81	479,53	2.808,81
Serviço preventivo não programado	0,86	26,32	104,22
Sobrecarga	0,97	45,79	185,52
Tensão inadequada	0,88	37,36	151,20
Total Geral	0,005	511,25	4.875,22

Como mostrado na Tabela 9, a média de duração geral é de 21 dias (511 horas). Essas durações variam bastante dependendo do fato gerador. Os relacionados à "Falha de material ou equipamento" e "Outro", que correspondem à grande maioria dos fatos geradores reportados pelas distribuidoras, possuem uma duração média de 37 dias (881 horas) e 12 dias (304 horas), respectivamente. Os demais fatos geradores de ocorrências registradas mostram que "corrosão" e "roubo" são os que levam mais tempo para atendimento, no caso, 53 dias (1.275 horas) e 20 dias (480 horas), respectivamente.

Destaca-se que os números relacionados à duração precisam de uma melhor compreensão, pois muitas unidades consumidoras estão distantes e em locais de difícil acesso, fazendo com que algumas durações do atendimento chamem a atenção por terem valores muito baixos. Dessa forma, é preciso entender os critérios e procedimentos utilizados pelas distribuidoras e alguns valores apresentados diretamente com elas para validação.

Por fim, em uma última análise realizada, identifica-se que para as 4.016 ocorrências totais registradas no período, praticamente 99,75% ocorreram por meio de contato do consumidor com a distribuidora através do teleatendimento, como mostra a Tabela 10.



Tabela 10 - Meio de comunicação das ocorrências procedentes ou improcedentes

Ocorrências	Outro	Presencial	Teleatendimento	Total Geral
Interrupção			3922	3922
Outro	4	4	43	51
Problema no nível de tensão			1	1
Reclamação geral		2	40	42
Total Geral	4	6	4.006	4.016

### 4.3 As perspectivas de alguns atores sobre SIGFI ou MIGDI instalados

Nesta subseção serão analisadas as perspectivas das concessionárias de distribuição de energia elétrica e dos consumidores, a respeito dos SIGFI e MIGDI instalados.

#### 4.3.1 Concessionárias de distribuição de energia elétrica

Conforme mencionado anteriormente, apenas seis distribuidoras de energia elétrica enviaram os relatórios semestrais de acordo com a base de dados da Aneel: Neoenergia Coelba, Enel Ceará, Enel Goiás, Enel Rio de Janeiro, Equatorial Energia Pará e Equatorial Energia Maranhão. Além delas, a Cemig havia também instalado SIGFIs no período entre 2007 e 2009, conforme levantado na avaliação anterior (JANNUZZI, VARELLA e GOMES, 2009). Vale mencionar que há mais distribuidoras instalando SIGFIs ou MIGDIs, mas elas não enviaram seus relatórios semestrais para a Aneel, estando em desconformidade com a regulação.

As sete distribuidoras acima foram contatadas para coletar informações e suas perspectivas. Inicialmente tentou-se contato telefônico para informar sobre o objetivo deste trabalho e em seguida houve a realização de contato via e-mail, com o envio de um questionário. Nas ocasiões quando não se conseguiu fazer o contato telefônico, utilizou-se o e-mail. Houve grande dificuldade de acesso aos contatos das distribuidoras (telefone e/ou e-mail), seja através dos sites específicos (sem clareza nas informações ou ausência delas) ou seja através do site da Aneel (que não dispunha de tais informações). Tentativas de obtenção de retorno do contato por parte das concessionárias durou entre 60 e 90 dias, a partir do mês de junho de 2022. Apenas uma distribuidora se prontificou a responder o questionário, mas não enviou a versão pública até o fechamento deste artigo (Neoenergia Coelba). Diferentemente, em relação à avaliação de 2009 (JANNUZZI, VARELLA e GOMES, 2009), quando se obteve

as respostas de quatro de cinco empresas<sup>1</sup> aos questionários.

#### 4.3.2 Consumidores com sistemas instalados

Esta seção apresenta questões trazidas de alguns depoimentos coletados. Esses registros foram feitos em conversa não-presencial com três representantes de comunidades que receberam centenas de SIGFI na região Norte do país. Esses sistemas foram instalados em sua maioria em 2021, e o restante entre 2018 e 2020. As perspectivas dos consumidores foram obtidas em conversas diretas dos autores com eles. Todos eles atendidos por sistemas sob responsabilidade das distribuidoras em seus planos de universalização.

Embora sejam poucos casos dentro do universo de mais de 23 mil sistemas instalados, eles mostram a necessidade de um olhar mais atento das distribuidoras e da agência reguladora. Indicam realidades comuns entre usuários, mesmo que sejam atendidos por distribuidoras diferentes que não pertencem ao mesmo grupo acionário e de estados diferentes.

Dentro deste contexto, em entrevista com a Associação dos moradores entrevistados foi informado que elaboraram um planejamento juntamente com a distribuidora de eletricidade antes da instalação dos sistemas. Dentre os itens do planejamento estava uma listagem de prioridade dos moradores que os receberiam. No entanto, o planejamento não foi seguido e o número de sistemas foi insuficiente durante execução da instalação. Essa quebra do acordado é um ponto bastante citado. Mencionou-se também que a empresa terceirizada contratada para a implantação e manutenção dos sistemas não teve conduta de escuta, consulta e respeito aos moradores e nem a sensibilidade de criar boa relação com a Associação. Isso fez com que a relação se deteriorasse ao longo do tempo.

Pode-se citar dois exemplos correlacionados, dentre outros, desse problema de consulta e escuta. Apesar da equipe técnica da empresa terceirizada ter sido alertada, vários sistemas eram instalados em áreas de várzea que alagam periodicamente, porque os rios sobem bastante na região, podendo acarretar danos ao sistema e roubos por permitir maior acesso a eles, que de fato ocorrem. Um outro exemplo relaciona-se também com a natureza das enchentes periódicas: muitas famílias mudam de residência conforme a estação do ano para evitar os períodos de cheia e retornam ao local no período de baixa. Isso cria a necessidade de alguns moradores levarem os equipamentos, ou parte deles, consigo, seja por precaução contra roubos e danos, seja para tentarem ter eletricidade no outro local. Cabe aqui tratar também sobre um outro aspecto relacionado ao fornecimento energético que é a autonomia do banco de baterias. As entrevistas apontaram que há

<sup>1</sup> COELBA, AMPLA Energia, AES Sul, Eletroacre e CEMIG.

consumidores com sistemas relativamente novos que relataram a interrupção do fornecimento quando chove, mesmo antes da autonomia das baterias de 48 horas na regulação vigente à época. Seguindo nesta temática, não foi possível descobrir o que tem sido feito com o descarte delas.

Outro ponto identificado na entrevista se refere à relação com a distribuidora, que, no caso, é considerada distante, pois possuem dificuldades de entrar em contato, seja físico (agência localizada em local distante para reclamação), seja material (nenhum ou baixa qualidade do sinal de internet ou de telefone) para realizarem pagamentos, tirar dúvidas ou solicitar manutenção. As contas de eletricidade são, várias vezes, não compreendidas pelos moradores, com valores diferentes entre residências com o mesmo sistema instalado. Além disso, há cobrança de taxa de iluminação pública, sendo que não há iluminação pública nesses locais. Os relatos afirmam que o tempo para manutenção é muitas vezes demorado, com sistemas sem funcionamento há muitos meses.

Também ficou bastante evidente, neste contato da entrevista, a percepção dos consumidores de que os sistemas são doações das distribuidoras, como se não fosse um direito dos beneficiários e uma obrigação da distribuidora em universalizar o atendimento. Isso implica falta de informação adequada dada aos moradores, fazendo com que evitem as reclamações de problemas relacionados aos sistemas instalados, inclusive sentindo-se muitas vezes constrangidos em e ao fazê-las. Nesse mesmo sentido da falta de informação, verificou-se que os moradores desconhecem ter o direito de solicitarem aumento de carga, uma vez que vários consideram o fornecimento limitado para os usos que precisam. Por fim, foi mencionado que ainda faltam locais a serem eletrificados e que precisam de energia para uso produtivo.

## **5. CONCLUSÃO**

O presente estudo revisitou o status de implantação de SIGFI e MIGDI pelas concessionárias de eletricidade como uma solução para a universalização do acesso à eletricidade no país, passados treze anos desde a publicação do primeiro relatório (JANNUZZI, VARELLA e GOMES, 2009). Nesse período, várias mudanças ocorreram na legislação (conforme apresentadas na seção 4.1), assim como avanços foram feitos em relação à transparência dos dados. Porém, alguns problemas persistem e demandam soluções. Sendo assim, a presente seção será subdividida em duas partes: na subseção 5.1 será tratado sobre a consolidação dos resultados, e a subseção 5.2 sobre as recomendações.

## 5.1 Consolidação dos resultados

É notório o avanço feito em termos de transparência e de acesso à informação, pois a Aneel passou a disponibilizar publicamente os dados dos relatórios semestrais enviados pelas distribuidoras que possuem SIGFI e MIGDI instalados em uma plataforma de fácil visualização, cujos dados brutos podem ser descarregados pelo usuário em uma planilha. Para além da fiscalização, a disponibilidade desses dados subsidia a proposição de políticas públicas e o apontamento de melhorias nos serviços de universalização do acesso à energia elétrica.

Embora as distribuidoras sejam obrigadas a fazer o envio dos relatórios semestrais desde o ano de 2005, o primeiro arquivo que consta no site é do primeiro semestre de 2020, perfazendo-se quatro relatórios até o momento (dois do ano de 2020 e dois do ano de 2021). Além disso, ainda persiste o não envio de relatórios semestrais e, com isso, a lista de distribuidoras com SIGFI ou MIGDI instalados que consta no sítio da Aneel está incompleta: não se sabe quais são todas as distribuidoras que possuem SIGFI ou MIGDI instalados.

Sobre os dados em si dos relatórios enviados, é possível ter maior clareza das características dos sistemas, sua distribuição geográfica, aspectos comerciais, técnicos e outros. Também é possível identificar as ocorrências, seus tipos, fato gerador e suas durações. O cruzamento das informações permite análises e checagens diversas como algumas das apresentadas neste relatório, inclusive a identificação de inconsistência dos dados.

Muito embora a transparência tenha sido fundamental, a consistência, a confiabilidade e a qualidade dos dados recebidos desses relatórios precisam ser garantidas pelo regulador através de checagem e resolução de problemas em tempo adequado. Alguns exemplos de inconsistências são o tempo nos prazos de resolução da ocorrência e o número de clientes que ao mesmo tempo possuem e não possuem medição, dentre outros mencionados. A Aneel vem aperfeiçoando esse processo, segundo a própria agência.

Além da questão de garantir a consistência e a qualidade dos dados recebidos, há também a necessidade de maior detalhamento de algumas informações para fins de monitoramento e avaliação. Por exemplo, os motivos para falha de interrupção de fornecimento são ainda gerais (“falha de material ou equipamento”) e várias recaem na categoria “Outros”. Dessa maneira, dificulta-se entender quais os equipamentos que mais apresentam falhas e os demais motivos relevantes que estão incluídos genericamente em “Outros” para que se possa pensar em soluções e monitorá-las. A Aneel informou que é uma melhoria que já foi identificada e aperfeiçoada, devendo aparecer nos próximos relatórios semestrais.

O indicador global do número de ocorrências por sistemas instalados mostrou que, em média, há uma ocorrência registrada para cada cinco sistemas instalados ( $i=0,17$ ), mas com distribuidoras individualmente apresentando mais de uma ocorrência para cada sistema instalado. Esse é um número significativo considerando a vida útil dos sistemas fotovoltaicos e os anos de instalação.

Ainda que alto, é provável que o número de ocorrências (98% delas por interrupção do fornecimento) seja subnotificado pelo que se conseguiu apurar nas entrevistas realizadas com beneficiários desses sistemas. Embora existam limites do papel da distribuidora, é recomendável que haja, com intermediação do Ministério de Minas e Energia, soluções de comunicação (internet, telefonia por satélite ou rádio) abastecidas com SIGFI para localidades com baixo ou nenhum acesso de sinal, possibilitando o contato com a distribuidora e outros benefícios que o acesso ou melhoria na comunicação pode proporcionar.

Um outro reflexo da falta de informação é o desconhecimento por parte dos consumidores de seus direitos, para que possam exercê-los, e deveres, para que possam cumpri-los. As entrevistas realizadas apontaram, dentre outras questões, que há a percepção equivocada de que os sistemas são doações das distribuidoras; de que estas ou as terceirizadas são os únicos agentes a quem se pode recorrer; e de que os consumidores estão limitados apenas àquelas disponibilidades energéticas mensais dos sistemas, quando poderiam solicitar aumento de carga sem custo adicional. Elas também apontaram que a capacitação é inadequada. Nesse âmbito, um avanço regulatório importante, realizado no final de 2021 pela Aneel, foi o aumento da disponibilidade mensal mínima de fornecimento de 13 para 45 kWh, haja vista que a refrigeração de alimentos é um serviço energético necessário. Para algumas famílias e para os autores deste trabalho, é ainda considerado baixo porque os refrigeradores mais eficientes oferecidos no mercado brasileiro, entre 200 e 300 litros, consomem metade dessa disponibilidade, sobrando em teoria a outra metade para os demais usos em todo mês.

Todos esses aspectos mencionados reforçam o que já é reconhecido e recorrente por décadas na literatura acerca do tema, apesar da insistente repetição de erros do passado: a parcela importante do sucesso da implantação de sistemas autônomos para acesso à eletricidade depende de processos de consulta e de participação social, de implantação e de manutenção apropriados. Esses são pontos, juntamente com o atendimento ao consumidor, que precisam ser melhorados. A fiscalização é um instrumento importante para acompanhar e garantir a qualidade desses processos.

Além dos aspectos de acesso individual à eletricidade, há demandas de uso produtivo que podem ser atendidas pelo Ministério

de Minas e Energia, através do LPT em articulação com outros ministérios, Estados e Municípios. As poucas experiências com os Centros Comunitários de Produção podem ser úteis. Já são quase 20 anos de LPT e as oportunidades que poderiam ter sido criadas para geração e aumento de renda não deveriam continuar sendo desperdiçadas.

As dificuldades existentes e reconhecidas de natureza econômica, técnica, logística, ambiental e social não devem ser colocadas como impedimentos para que os benefícios da chegada da eletricidade ocorram de forma permanente. Durante décadas, tais dificuldades foram usadas como argumentos que adiaram indefinidamente a eletrificação de milhões de pessoas no Brasil. Foi necessária uma decisão política e sua sustentação para o Estado exercer seu papel de promover a universalização do acesso à eletricidade e de organizar as condições necessárias para que pudesse ocorrer. O Programa LPT, como fruto desse processo, é um exemplo de que é possível transpor barreiras para levar eletricidade a todas as pessoas.

## 5.2 Recomendações

O não recebimento dos relatórios, como informado pela Aneel, já indica que uma das condições da resolução continua não sendo cumprida pelas distribuidoras, como também não está sendo cumprida pela agência como órgão fiscalizador. A Aneel informou que está tomando providências e que logo terá resultados concretos para apresentar. Para aumentar a transparência para o público e o controle social, recomenda-se a inclusão de uma listagem, com atualização periódica, na plataforma da Aneel contendo todas as distribuidoras que instalaram e estão instalando SIGFI e MIGDI, segmentadas por aquelas que enviaram e não enviaram seus relatórios.

Ainda em relação à transparência das informações, houve bastante dificuldade de encontrar o contato apropriado para questões de universalização do acesso à eletricidade, inexistente nas páginas das empresas de distribuição consultadas. As empresas operam uma concessão pública de serviço público e a transparência é um princípio fundamental. Recomenda-se que o contato dos responsáveis das distribuidoras pelos SIGFI e MIGDI também seja tornado público e de fácil acesso nas páginas das concessionárias e na da Aneel, tal qual havia para as pessoas responsáveis pelos programas de eficiência energética e de pesquisa e desenvolvimento.

Um outro aspecto, também relacionado ao fornecimento energético, é entender que o hábito de consumo conservador dos usuários se deve ao fato da maioria dos SIGFI instalados não ter medição ou ao menos um mostrador de consumo ou de carga existente na bateria, que ofereça ao consumidor um meio de verificar diariamente se o seu

consumo condiz com o que o sistema está gerando e com o nível de armazenamento. Dessa forma, seria útil e benéfico que esses sistemas possuísem, ao menos, um mostrador que auxiliasse os usuários nesse controle, seja numérico e/ou visual (com luzes de diferentes cores). Sua seleção precisa levar em conta as características dos usuários (entendimento, preferências, grau de alfabetização e outros).

Ainda no aspecto do fornecimento energético, em relação à autonomia do banco de baterias, se verificou que não é possível saber as razões da interrupção do fornecimento nas baterias quando no período de chuvas, se estão relacionados ao dimensionamento do sistema ou à qualidade, tipo ou fim da vida útil da bateria, sendo necessário entendê-las melhor para que se possa garantir a autonomia necessária. Ainda em relação às baterias, também não se descobriu o que tem sido feito com o descarte delas. Embora esse não seja um campo de informação existente no modelo de relatório da Aneel, é um ponto que precisa ser rastreado, dado o relevante dano ambiental que pode causar. Dessa maneira, seria importante e recomenda-se que os relatórios semestrais das distribuidoras registrassem o número de baterias recolhidas e o número de baterias substituídas. Adicionalmente, recomenda-se que as distribuidoras mantenham sob seu controle, para fins de fiscalização, as garantias de que sua destinação final é adequada, tal como é feito para equipamentos recolhidos como geladeiras, pelas regras do Programa de Eficiência Energética da Aneel.

Um outro ponto relevante deste trabalho é o entendimento de que a falta de informação dos consumidores seja um reflexo da forma como o processo do acesso à eletricidade no local é realizado pelas distribuidoras, cujo resultado não é bom para nenhuma das partes. Nas entrevistas realizadas, não houve apropriação adequada do conhecimento e o uso das cartilhas não se mostrou valorizado como documento para consulta pelos consumidores. Recomenda-se reavaliar os procedimentos existentes ou estabelecer processos efetivos de apropriação tecnológica e de relacionamento que levem em conta as diversas realidades envolvidas com uma equipe multidisciplinar. Essas e outras questões aqui trazidas revelam a necessidade da realização de pesquisa de opinião e satisfação com os usuários.

De todo o exposto até aqui, tem-se que o Brasil possui uma regulação relevante que disciplina as condições de qualidade de fornecimento, aspectos técnicos e relações comerciais para uso de SIGFI e MIGDI desde 2004. No entanto, para fazer valer a regulação e a legislação, é necessário que a agência reguladora e as distribuidoras exerçam um olhar mais atento e contínuo para garantir seu cumprimento e a satisfação dos consumidores.

Além disso, é preciso ir além: oferecer o acesso pleno à eletricidade caracterizado como o acesso universal a serviços energéticos

que sejam adequados, confiáveis, de qualidade, seguros, ambientalmente benignos e economicamente acessíveis para auxiliar o desenvolvimento humano e econômico. Acredita-se que essa é a forma como a universalização do acesso à eletricidade precisa ser encarada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARNETT, A. The diffusion of energy technology in the rural areas of developing countries: A synthesis of recent experience. *World Development*, v. 18, n. 4, p. 539–553, abr. 1990.

BARNETT, A.; MCCULLOCH, N. The Political Economy of Energy Access and Power Sector Reform. EEG Energy Insight Series. p. 12, 2019.

BRASIL. ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução normativa no 83, de 20 de setembro de 2004. Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por intermédio de Sistemas Individuais de Geração de Energia Elétrica com Fontes Intermitentes – SIGFI. Brasília, 2003. 8p.

BRASIL. ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução normativa no 493, de 05 de junho de 2012. Estabelece os procedimentos e as condições de fornecimento por meio de Microssistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica - MIGDI ou Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente - SIGFI. Brasília, 2012. 10p.

BRASIL. ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução normativa no 1.000, de 07 de dezembro de 2021. Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica; revoga as Resoluções Normativas ANEEL nº 414, de 9 de setembro de 2010; nº 470, de 13 de dezembro de 2011; nº 901, de 8 de dezembro de 2020 e dá outras providências. Brasília, 2021. 257p.

BRASIL. ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução normativa no 950, de 23 de novembro de 2021. Estabelece regras para o acompanhamento e a fiscalização dos planos de universalização dos serviços de distribuição de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, 2021. 9p.

BRASIL (2022a). Câmara dos deputados. Prazo de conclusão do 'Luz para Todos' está mantido, afirmam representantes do governo. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/775872-prazo-de-conclusao-do-luz-para-todos-esta-mantido-afirmam-representantes-do-governo/> Acesso em: 21 fevereiro de 2022



BRASIL (2022b). Secretaria geral. Decreto amplia vigência dos Programas Luz para Todos e Mais Luz para a Amazônia. Disponível em: <https://www.gov.br/secretariageral/pt-br/noticias/2022/junho/decreto-amplia-vigencia-dos-programas-luz-para-todos-e-mais-luz-para-a-amazonia> Acesso em: 30 de junho de 2022

BRASIL (2022c). ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Unidades consumidoras em sistemas isolados e fontes intermitentes. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiNjg4NTNmYjUtNTVmNC00MTljLWE2ZTA5YTU3NTNiNGRmZDRlIiwidCI6IjQw-ZDZmOWI4LWVjYtctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIM-SlslmMiOjR9&pageName=ReportSection> Acesso em: 17 de janeiro de 2022

CANAL ENERGIA (2023). Governo publica decretos sobre Luz para Todos e importação da Venezuela. Disponível em: <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53254464/governo-publica-decretos-sobre-luz-para-todos-e-importacao-da-venezuela> Acesso em: 07 agosto de 2023.

ELETROBRAS (2008). Programa Luz para Todos. Disponível em: <https://eletrobras.com/en/Paginas/Luz-para-Todos.aspx> Acesso em: 21 fevereiro de 2022

ENERGYEDIA (2014). Energy and the MDGs. Disponível em: [https://energypedia.info/wiki/Energy\\_and\\_the\\_MDGs](https://energypedia.info/wiki/Energy_and_the_MDGs). Acesso em 04 agosto de 2023.

GOMES, Rodolfo Dourado Maia; VARELLA, Fabiana Karla de Oliveira Martins; VILELA, Izana Nadir Ribeiro. Universalização do acesso à eletricidade no Brasil: avaliação dos SIGFIs e MIGDIs. Relatório Final. International Energy Initiative. Campinas, 2022.

JANNUZZI, Gilberto de Martino. VARELLA, Fabiana Karla de Oliveira Martins. GOMES, Rodolfo Dourado. Avaliação dos sistemas individuais de geração de energia elétrica com fontes intermitentes - SIGFI's. Relatório Final. International Energy Initiative. Campinas, 2009.

MME. Ministério de Minas e Energia. Manual de operacionalização do Programa Luz Para Todos. Anexo à Portaria nº 371/GM, 28/08/2018. Brasília: 2018, 29p.

MODI, V. et al. Energy Services for the Millennium Development Goals. New York: Energy Sector Management Assistance Programme, United Nations Development Programme, UN Millennium Project, and World Bank, 2006. Disponível em: <https://www.undp.org/publications/energy-services-millennium-development-goals>. Acesso em: 18 ago. 2023.

PIAI, J. C.; GOMES, R. D. M.; JANNUZZI, G. D. M. Integrated resources planning as a tool to address energy poverty in Brazil. *Energy and Buildings*, v. 214, p. 109817, 1 maio 2020.

REDDY, A. K. N. et al. Chapter 2 - Energy and Social Issues. En: *World energy assessment: energy and the challenge of sustainability*. New York, NY: United Nations Development Programme, 2000. p. 22.

RIBEIRO, Izana. et al. Planos Setoriais: Energia - Gênero e Clima| OC. [s.l.] Observatório do Clima, 18 nov. 2021. Disponível em: <<https://generoeclima.oc.eco.br/planos-setoriais-energia/>>. Acesso em: 9 jul. 2022.

## **CRISE HÍDRICA E SEGURANÇA ENERGÉTICA: VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICO E EÓLICO COMO ALTERNATIVAS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA POR HIDROELÉTRICAS E TERMOELÉTRICAS NO BRASIL**

Anderson Nunes de Carvalho Vieira<sup>1</sup>

Alvori Ahlert<sup>1</sup>

João Paulo Muzika Hansen<sup>1</sup>

Michele Carla Roco Piffer<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Universidade Estadual do Oeste do Paraná*

DOI: 10.47168/rbe.v29i3.794

### **RESUMO**

A presente pesquisa buscou responder a seguinte problemática: quais as vantagens e desvantagens dos sistemas fotovoltaico e eólico como alternativas para a geração de energia elétrica por meio de hidroelétricas e termoeletricas, no Brasil, considerando as questões da recente crise hídrica? Como objetivo, buscou-se descrever as principais vantagens e desvantagens da geração de energia elétrica por meio desses sistemas, tanto pelo aspecto da produção quanto pela sustentabilidade ambiental, verificando se existe viabilidade dessas alternativas em comparação aos sistemas convencionais, para a geração de energia elétrica no país. O método utilizado possui abordagem qualitativa de caráter descrito com revisão bibliográfica e uso de dados secundários de fontes oficiais de pesquisa. A relevância da pesquisa está no sentido de alertar para o contexto e fatores que levaram o país a uma dependência da geração de energia elétrica por meio de usinas hidrelétricas e termelétricas. As conclusões sugerem que o Brasil está no caminho certo na diversificação da matriz energética e que os sistemas fotovoltaico e eólico possuem vantagens ambientais e desvantagens produtivas se compactados com os sistemas convencionais.

Palavras-chave: Crise hídrica; Energia; Bioética; Sustentabilidade.

### **ABSTRACT**

This research sought to answer the following problem: what are the advantages and disadvantages of photovoltaic and wind systems as alternatives for the generation of electricity through hydroelectric and thermoelectric plants, in Brazil, considering the issues of the current

water crisis? As the objective, we intend to describe the main advantages and disadvantages of producing electricity through these systems, both in terms of energy production and environmental sustainability, verifying whether these alternatives are viable in comparison to conventional systems for electricity generation in the country. The method used has a qualitative approach described as bibliographic review and use of secondary data from official research sources. The relevance of the research is in the sense of alerting to the context and factors that led the country to a dependence on the generation of electricity through hydroelectric and thermoelectric plants. The conclusions suggest that Brazil is on the right path in the diversification of the energy matrix and that the photovoltaic and wind systems have environmental advantages and production disadvantages if compacted with conventional systems.

Keywords: Water crisis; Energy; Bioethics; Sustainability.

## 1. INTRODUÇÃO

De toda a água presente no planeta, aproximadamente 97% está na forma salgada (mares e oceanos), 2,2% está em forma de gelo (geleiras e *icebergs* nos polos Norte e Sul), 0,6% está na camada subterrânea dos solos, 0,1% na atmosfera, na forma de umidade e concentrada nas nuvens, e os 0,1% restantes depositadas em rios e lagos na superfície do planeta. O Brasil detém aproximadamente 12% de todas as reservas de água doce do planeta (subterrânea e superfície), sendo que 80% encontram-se somente na Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas e os 20% restantes estão distribuídas nas demais partes do território nacional. O país se destaca mundialmente por sua enorme capacidade hídrica e fluvial, o que lhe confere também uma grande vantagem em relação as demais nações no que tange a geração hidroelétrica (EMBRAPA, 2017).

O ano de 2021 foi marcado por uma enorme escassez de chuvas, em especial na Região Sul, onde a seca prejudicou diversas atividades rurais. O setor agropecuário, industrial e a sociedade como um todo tiveram que adequar seus hábitos de consumo em virtude da necessidade de racionamento de água (INPE, 2022). O cumprimento das metas da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) pode ser considerado um dos principais objetivos a ser alcançado, no que tange à sustentabilidade, por uma nação que almeja no presente e para as futuras gerações a geração limpa de energia elétrica. Tal cumprimento está atrelado aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que possui em seu sétimo objetivo a segurança e o acesso de todos a uma energia confiável, sustentável, moderna e a preço acessível.

A geração de eletricidade também foi afetada pela crise hídrica

de 2021. Em 2016 a Usina de Itaipu obteve um nível de geração de 103.098 GWh. Em 2021 foram gerados apenas 66.369 GWh, justamente em decorrência da escassez de chuvas que assolou boa parte da região (ITAIPU, 2022). Este resultado desperta para uma problemática referente à capacidade de geração de energia elétrica no que tange eventuais problemas futuros relacionados a escassez hídrica. A crise recente ligou um sinal de alerta no que se refere à geração de eletricidade no Brasil, muito por conta da dependência das usinas hidrelétricas.

Desta forma, a presente pesquisa buscou responder a seguinte questão: quais as vantagens e desvantagens dos sistemas fotovoltaico e eólico como alternativas para a geração de energia elétrica por hidroelétricas e termoeletricas, no Brasil, considerando crises hídricas? Como objetivo, buscou-se descrever as principais vantagens e desvantagens da geração de energia elétrica por meio desses sistemas, tanto pelo aspecto da produção quanto da sustentabilidade ambiental, verificando se existe viabilidade dessas alternativas em comparação aos sistemas convencionais.

Esta pesquisa se torna relevante por alertar para o contexto e fatores que levaram o país a uma dependência da geração de energia elétrica por usinas hidrelétricas e termelétricas. Também é importante pela reflexão que se faz no sentido de identificar quais poderiam ser as possíveis fontes complementares e/ou alternativas de geração que podem propiciar uma geração mais limpa e sustentável para o país.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Crise hídrica**

Desde o começo do processo de industrialização são lançadas anualmente bilhões de toneladas de gases geradores do efeito estufa na atmosfera. Como consequência, o aquecimento da Terra vem crescendo lentamente, alcançando um estágio perigoso, segundo alertas do Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas. O tema aquecimento global ainda é rejeitado por muitos, especialmente por representantes de grandes corporações, ou grupos econômicos, que visam a qualquer custo defender seus interesses. No entanto, a comunidade científica sugere uma mudança urgente de comportamento, a fim de que seja possível reduzir a emissão de gases poluentes no menor tempo possível (BOFF, 2012).

Entre os anos de 2001 e 2002 o Brasil atravessou uma de suas maiores crises no setor elétrico, o que ficou conhecido como “crise do apagão”. De acordo com Sauer (2002), a crise foi motivada por dois grandes fatores: 1) a redução dos níveis de água nos reservatórios na Região Sudeste (que correspondia a 68% da capacidade de armazena-

mento de água do país) e; 2) os problemas relacionados a falta de implantação de novas usinas para suprir a demanda crescente de eletricidade.

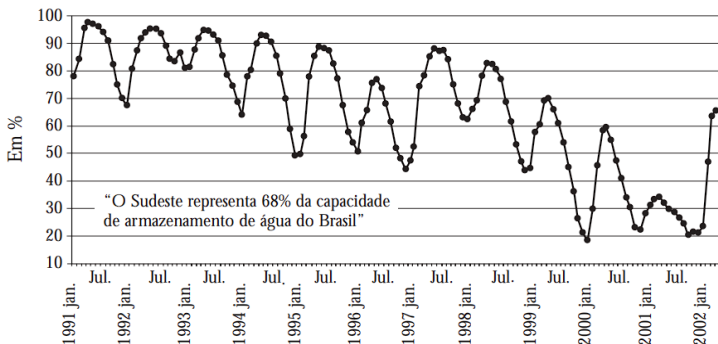


Figura 1 - Nível dos reservatórios das hidrelétricas da Região Sudeste (1991 – 2002)

Pela Figura 1 (SAUER, 2002) é possível observar que o nível médio dos reservatórios da Região Sudeste já vinha apresentando um certo declínio ao longo do tempo, o qual intensificou-se em 2002. Para Sauer (2002), este fato já seria o suficiente para o governo ter adotado medidas paliativas para contornar a escassez hídrica e pensar em soluções alternativas à geração de eletricidade por hidroelétricas. Porém, a crise levou ao racionamento de energia elétrica, com o intuito de economizar 20% de energia em todo o território nacional. Sobre a capacidade instalada das hidroelétricas brasileiras no período, Goldemberg e Prado (2003) discorrem:

A explicação elaborada pela comissão nomeada pelo governo mostrou claramente que o racionamento não teria acontecido caso as obras identificadas nos planos decenais da Eletrobrás tivessem sido executadas e as obras programadas não estivessem atrasadas. Ficou evidente que o principal fator, responsável por quase 2/3 do racionamento, estava ligado à não implementação de novas usinas. O cumprimento das diretrizes do Plano Decenal permitiria o armazenamento em maio de 2001 de 73% no sistema Sudeste-Nordeste, suficiente para evitar o racionamento (GOLDEMBERG e PRADO, 2003, p. 231).

Conforme os autores, a crise energética poderia ter sido evitada caso o governo brasileiro tivesse adotado, à época, medidas de ampliação do número de hidrelétricas ou investisse em alternativas para a geração de eletricidade no país. Ainda segundo os autores:

Para o setor elétrico, o governo legou uma situação comprometedora e caótica, com a grande maioria das empresas bastante endividadas e dependentes do dinheiro público para não irem à bancarrota. O insucesso da política do governo FHC para o setor elétrico deve-se não apenas à falta de recursos externos ou às resistências políticas encontradas no próprio governo, mas, e principalmente, às falhas de gerenciamento estratégico, coordenação e planejamento do sistema elétrico, induzidas pela adoção de uma reforma calcada em experiências de outros países e inadequada às características brasileiras e ao nosso sistema predominantemente hidrelétrico (GOLDEMBERG e PRADO, 2003, p. 233).

De acordo com dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS, 2022), o país vem atravessando novamente uma crise hídrica desde 2018. Com isso, os níveis dos reservatórios das hidrelétricas estão sendo reduzidos em todo o país.

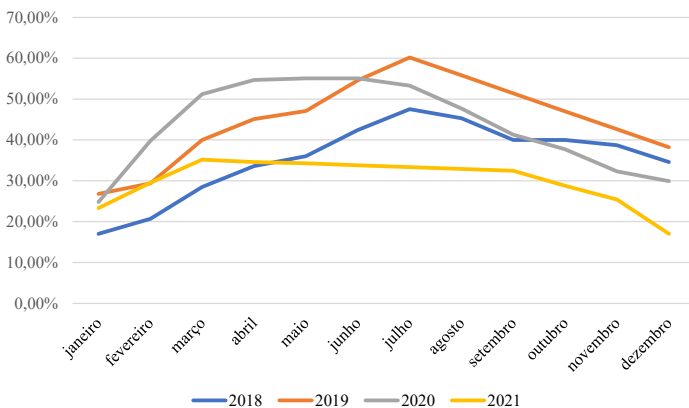


Figura 2 - Nível dos reservatórios das hidrelétricas nacionais de 2018 a 2021

De acordo com a Figura 2 (elaborado pelos autores com dados do ONS, 2022), de 2018 a 2021 o pico do nível dos reservatórios foi de

60,2% em julho de 2019, enquanto o mínimo registrado foi de 17% em dezembro de 2021. Se nenhuma atitude for tomada no sentido de estimular alternativas de geração de energia elétrica, o Brasil poderá experimentar uma crise energética mais severa do que a vivenciada no período do apagão. A desintegração ecológica estrutural é um dos principais motivos da crise hídrica vivenciada pela sociedade em 2021, conforme menciona Faria (2021):

Talvez o que mais exponha a predação dos bens naturais no Brasil seja o uso dos solos. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), a área total de solos degradados no País é de aproximadamente 140 milhões de hectares, e destes 140 a área de pastagens degradadas, apontada pela Universidade Federal de Goiás (UFGO), é de 90 milhões de hectares - respectivamente 16,5% e 10,56% do território nacional. Solos degradados e mal uso do solo implicam menor infiltração quando chove e carregamento de sedimentos para córregos e rios, impactando a “produção” de água subterrânea e superficial. Estudo de 2018 mostrou que o Paraná, estado que, assim como São Paulo, tem a maior parte de seu território na bacia do rio Paraná, perde por ano cerca de US\$ 242 milhões em nutrientes que são levados pela erosão nas lavouras temporárias, um dado que dimensiona os problemas ambientais e econômicos resultantes do atual modelo de uso da terra no Brasil (FARIA, 2021, p. 3).

É nesse sentido que Vecchia (2010, p. 32) salienta que “os caminhos que levaram as civilizações ao fracasso ou à ascensão e ao declínio estiveram vinculados às mudanças climáticas, majoritariamente provocadas por ações humanas de devastação florestal (...)”. A partir deste ponto de vista é possível verificar a real dimensão da necessidade de mudança nos hábitos de consumo em prol da preservação do planeta, com o intuito de mitigar os riscos de possíveis catástrofes ambientais.

## **2.2 Formas convencionais de geração de energia elétrica**

Definir energia não é uma tarefa fácil, devido seu amplo contexto e possíveis aplicações. Conforme Vecchia (2010, p. 01) “energia é base da vida. Sem ela não haveria nenhuma forma de sobrevivência”. Para este autor, todos os seres vivos necessitam de fontes energéticas para nascer, reproduzir e sobreviver. Assim, tanto a energia advinda do Sol quanto a sintetizada nas mitocôndrias no interior das



células são fundamentais para a existência e continuidade da vida para diversos seres vivos no planeta. Porém, Atkins e Jones (2012) definem energia como sendo a capacidade que um corpo possui em realizar trabalho.

Já a energia elétrica possibilita a existência de equipamentos eletroeletrônicos e máquinas que facilitam o cotidiano, contribuindo para o desenvolvimento de importantes setores econômicos e sociais. A tecnologia está cada vez mais presente nas ações e interações humanas, favorecendo o acesso a diversos recursos tecnológicos e concomitantemente a mais energia, promovendo mais pressão sobre as formas convencionais de geração de energia elétrica. Segundo Holanda et al. (2015), até 2050 seria necessário aumentar três vezes a produção de energia elétrica em todo o mundo. Para o autor, considerando uma média de crescimento econômico em torno de 3,6 a 4% a.a., o aumento do consumo médio de energia elétrica ultrapassaria facilmente os 3,1% a.a.

De acordo com dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021), 73% da energia elétrica produzida em todo mundo provém de fontes não renováveis, em especial carvão mineral e gás natural. Entretanto, 27% advêm de fontes renováveis como a hidráulica e a biomassa, conforme pode ser visualizado na Figura 3 (EPE, 2021).

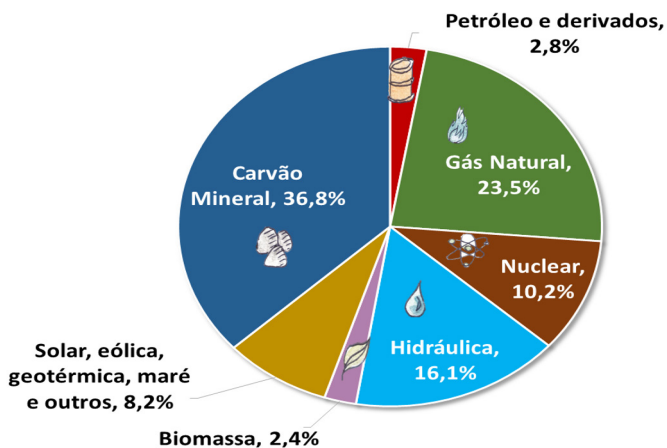


Figura 3 - Distribuição da matriz elétrica mundial em 2019

Já o Brasil está na contramão da geração de energia elétrica mundial. No Brasil, 83% da geração de energia elétrica é de origem renovável, destaque para as hidrelétricas que correspondem por mais

de 56% desse total. As fontes de energia não renováveis totalizam 17%, em que predominam as termelétricas a gás natural, carvão e derivados de petróleo (EPE, 2021). Na Figura 4 (EPE, 2021) é possível observar este cenário:

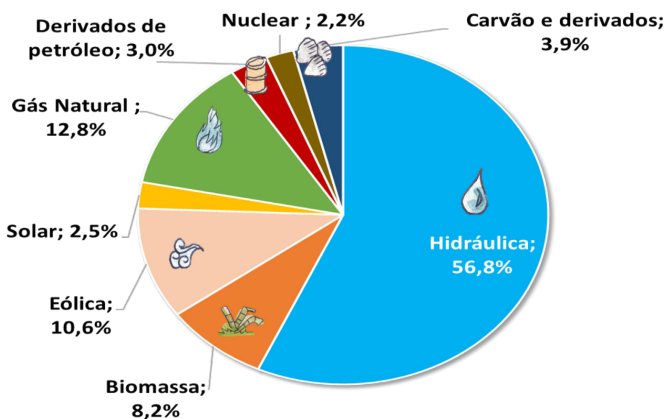


Figura 4 - Distribuição da matriz elétrica brasileira em 2019

Diante da demanda por energia e da necessidade de reduzir as emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE), é imprescindível que a sociedade repense sua forma de consumir, fomentando um consumo voltado para a sensibilização e conscientização da preservação ambiental. Por isso, Boff (2012, p. 16) discorre que “nosso grande propósito se resume a criar um modo sustentável de vida”, pautado em uma mudança de paradigmas, a começar pela forma de consumo e geração de energia elétrica.

#### 2.2.1 Geração de energia elétrica por hidroeletricidade

Atualmente, o Brasil possui duas usinas hidrelétricas que figuram entre as maiores do mundo: Itaipu Binacional, na cidade de Foz do Iguaçu, no Paraná, e Belo Monte, na cidade de Altamira, no Pará. De acordo com o MME (2021), a maior usina hidrelétrica do mundo é a usina de Três Gargantas, na China, que tem capacidade de gerar 22.500 MW, seguida pela usina de Itaipu (usina binacional, resultante da parceria de Brasil e Paraguai) com capacidade de geração de 14.000 MW. Em terceiro lugar está a usina de Xiluodu, na China, com capacidade de 13.860 MW, depois a usina de Belo Monte, com capacidade total de 11.233 MW, e na quinta posição a usina hidrelétrica de Guri, na Venezu-

ela, com 10.200 MW.

No contexto da produção de energia elétrica no Brasil, a geração hidráulica tem papel de destaque. Apesar dos riscos decorrentes da escassez das chuvas, o Brasil ainda detém enorme capacidade a ser utilizada na implantação de novas hidrelétricas. Conforme consta no PNE, a região Amazônica possui a maior parte do potencial hidrelétrico inventariado e não explorado. Porém, essa região do país é mais sensível no que diz respeito às questões socioambientais e, nesse sentido, se torna um grande desafio para o setor, uma vez que grande parte dessas áreas se situam em zonas legalmente protegidas (MME, 2020).

De acordo com números da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2022), o país possui 1.383 usinas hidrelétricas em operação que têm 108 mil MW de capacidade, sendo: 219 usinas de grande porte (UHEs); 425 Pequenas Centrais Elétricas (PCHs) e 739 Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs)<sup>1</sup>. O Governo Federal planeja a construção de 718 empreendimentos hidrelétricos (UHEs, PCHs e CGH's), aumentando 44% a capacidade atual até 2050. Tais empreendimentos, seriam construídos nas três maiores bacias hidrográficas do Brasil (Amazônica, Paraná e São Francisco), que juntas correspondem por 72% do território nacional e compreendem 80% de todo o volume de água fluvial do país. Na Figura 5 (ITAIPU BINACIONAL, 2022), é possível observar a evolução produtiva da usina de Itaipu, de 2014 a 2021.

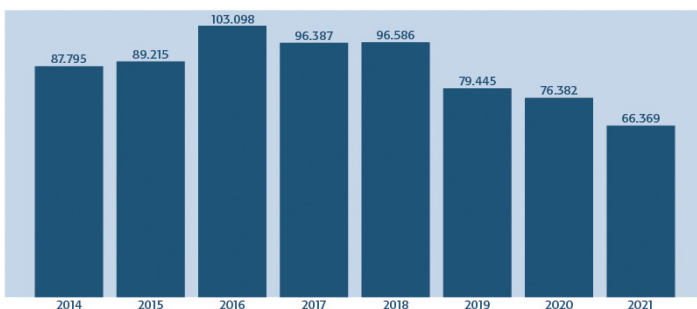


Figura 5 - Produção anual de energia elétrica (GWh) da usina Itaipu Binacional, de 2014 a 2021

<sup>1</sup> Pequena Central Hidrelétrica (PCH): são aqueles empreendimentos destinados a autoprodução ou produção independente de energia elétrica, cuja potência seja superior a 3.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e com área de reservatório de até 13 km<sup>2</sup>, excluindo a calha do leito regular do rio. Centrais Geradoras Hidrelétricas com Capacidade Reduzida (CGH): são os aproveitamentos hidrelétricos com potência igual ou inferior a 3.000 kW (ANEEL, 2022). Usina Hidrelétrica de Energia (UHE): são as demais, de potencial hidráulico de potência superior a 30.000 kW, em regime de produção independente ou autoprodução.

Apesar de a usina de Itaipu ter entrado em operação em 1984, é somente em 2016 que ela consegue alcançar seu maior nível de produção, com uma geração total de 103.098 GWh. Entretanto, após esse grande feito, a usina vem amargando sua maior recessão produtiva, recessão essa motivada pela escassez hídrica na Região Sul do país (ITAIPU, 2022). Para Abbud e Tancredi (2010), mesmo com as incertezas quanto ao futuro climático do planeta, as usinas hidrelétricas representam segurança na disponibilidade de energia elétrica em caráter permanente. Para os autores, esse modelo possui considerável capacidade de regularização plurianual do sistema hidrelétrico: “Essa regularização decorre do fato de que o conjunto dos reservatórios das hidrelétricas de todo o país pode armazenar água nos períodos chuvosos para gerar energia elétrica nos períodos secos, isso, inclusive, de um ano para o outro (ABBUD; TANCREDI, 2010, p. 6).

Nesse cenário, a produção de energia pelas usinas hidrelétricas representou aproximadamente dois terços de toda capacidade instalada até meados do ano de 2019. Para Caus e Michels (2014), o Brasil é um país privilegiado por seu imenso potencial hidrelétrico, situação que definiu as ações governamentais que nortearam ao longo dos anos a construção de grandes usinas hidrelétricas com o intuito de minimizar os custos de produção de energia elétrica. Outro ponto que merece reflexão, consiste na vulnerabilidade da geração hidrelétrica por efeito das mudanças climáticas, conforme é apresentado no Plano Nacional de Energia (PNE) 2050 do Ministério de Minas e Energia (MME):

[...] a grande incerteza que traz ao planejamento da expansão hidrelétrica, é a influência das mudanças climáticas nos regimes hidrológicos e a vulnerabilidade do sistema frente às possíveis alterações de vazão. A variabilidade das vazões naturais indutoras tem impacto sobre a geração de energia, principalmente hidrelétrica. Estudos disponíveis até o momento apontam possível redução na precipitação de algumas regiões, o que pode trazer efeitos negativos para a geração do parque instalado e para a viabilidade econômica das usinas (MME, 2020, p. 81).

Os reservatórios das usinas hidrelétricas funcionam como uma grande bateria de armazenamento de energia. De forma análoga à bateria de um veículo, ela deve ser recarregada com frequência e na mesma proporção de seu consumo, e quando isso não acontece o sistema entra em desequilíbrio. Um dos maiores motivos que causam o desequilíbrio no sistema hidroelétrico é a escassez de chuvas, que afeta o nível dos reservatórios, impactando na vazão de água necessária para acionar as turbinas das usinas e, conseqüentemente, impactando negativamente na oferta de energia por meio da hidroeletricidade. Por isso, a escassez hídrica é um problema que prejudica tanto o meio am-

biente quanto a segurança energética de uma nação (CARVALHO; MACHADO, 2016).

A implantação de usinas com reservatório por represamento de rios e lagos é tema que divide opiniões entre especialistas no assunto. Um dos pontos de divergência está na grande extensão de áreas inundadas e na construção de barragens que afetam drasticamente a biodiversidade local e a vida de povos ribeirinhos. Um dos problemas enfrentados pelas comunidades que residem às margens destes rios é o valor proposto a título de indenização, tema que gerou nas décadas de 1970 e 1980 inúmeros conflitos entre as famílias prejudicadas pela construção das barragens e o governo (VAINER; VIEIRA, 2010). O prejuízo causado às comunidades ribeirinhas vai além da questão financeira, "(...) precisam ser considerados os fatores culturais e sociais da região afetada, pois é relevante a perda de sua identidade social, como a integração comunitária, a perda da cultura no local desenvolvido e as tradições criadas" (FARIA, 2021, p. 2).

Outro fator relevante que deve ser considerado são os impactos ambientais. Na maioria dos casos, o alagamento do entorno do rio provoca a destruição das matas ciliares, locais considerados como "verdadeiros refúgios da fauna silvestre e que muitas vezes são as únicas florestas que sobraram por conta da dificuldade de acesso para usos agrícolas ou exploração madeireira" (VAINER; VIEIRA, 2010, p. 17). Na visão de Lima e Souza (2014), não se pode desprezar as benesses que as usinas hidrelétricas proporcionam para sociedade. A segurança elétrica é indispensável para manutenção de importantes setores da economia e da sociedade, como um todo, além de ser considerada uma fonte renovável e ambientalmente sustentável, uma vez que não emite gases de efeito estufa. Segundo os autores, uma alternativa interessante para a redução dos impactos ambientais pelas hidrelétricas seria a construção de usinas do tipo "fio d'água", conforme pode ser visualizado na Figura 6 (FLICKR, 2008).



Figura 6 - Usina Hidrelétrica de Dardanelos, do tipo "fio d'água", na cidade de Aripuanã-MT

Nos últimos anos, o Brasil tem favorecido a construção de hidrelétricas “fio d’água”, caracterizadas pela menor capacidade de seus reservatórios. Entretanto, existe o risco de diminuição de vazão do rio, levando à possíveis desabastecimentos (ABBUD; TANCREDI, 2010).

### 2.2.2 Geração de energia elétrica por termoeletricidade

As Usinas Termelétricas (UTES) são empreendimentos que podem utilizar tanto combustíveis renováveis como não renováveis. De acordo com Viscondi et al. (2016):

A geração termelétrica consiste na conversão da energia química presente nos combustíveis, sejam eles líquidos, sólidos ou gasosos, em energia térmica, por meio do processo de combustão. Por sua vez, essa energia térmica (calor) é convertida em trabalho em máquinas térmicas que, por estarem conectadas ao gerador elétrico, geram eletricidade (VISCONDI et al. 2016, p. 9).

Dentre os recursos renováveis mais empregados estão a madeira, bagaço de cana-de-açúcar e resíduos vegetais. Já dentre os não renováveis mais utilizados nas termelétricas estão o carvão mineral, derivados de petróleo e o gás natural. Na Figura 7 (elaborado pelos autores com base nos dados da EPE, 2021). é possível identificar a participação dos principais combustíveis das termelétricas no Brasil:

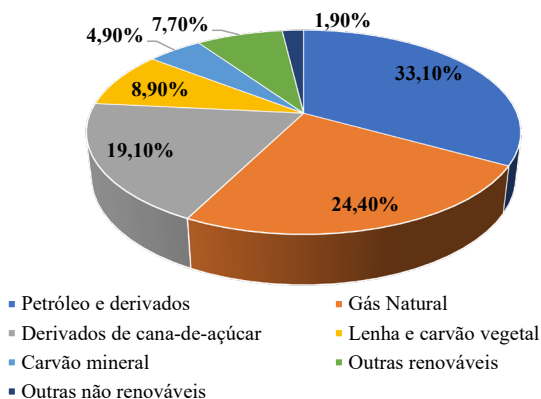


Figura 7 - Participação dos combustíveis utilizados nas termelétricas, no Brasil, em 2020

A crise elétrica entre os anos 2001 e 2022 forçou o país a transformar as termelétricas, que até então eram usinas auxiliares, em unidades principais de geração. A escassez hídrica forçou a inatividade de diversas hidrelétricas, o que resultou aumento do custo da energia no período. Além dos custos econômicos, outro problema que envolve a geração pelas termelétricas são as emissões. No mundo, as termelétricas operam principalmente com carvão mineral e gás natural. A questão chave do uso desses combustíveis é a emissão de GEE, conforme destacam Abbud e Trancredi (2010):

As ameaças identificadas ao meio ambiente são de natureza diversificada, como se sabe, mas vêm tomando dimensões cada vez maiores a preocupação com a emissão dos gases de efeito estufa (GEE), cuja redução foi elevada à categoria de verdadeiro imperativo mundial, na visão do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), e ocupou corações e mentes no mundo inteiro durante a COP 15. A aceleração do ritmo do aquecimento global é entendida, hoje, como uma grave ameaça ao futuro de toda a Humanidade (ABBUD; TANCREDI, 2010, p. 40).

No Brasil, no ano de 2020 a geração de energia elétrica por meio das termelétricas representou 24,9% (GOLDEMBERG; KISHINAMI, 2020). Esse percentual é significativo, considerando o contexto de renováveis que o Brasil tem à disposição para geração de energia elétrica. Portanto, as usinas termelétricas teriam uma função específica e estratégica de complementação, com o intuito de salvaguardar o sistema elétrico nacional de um possível “apagão” quando os reservatórios das hidrelétricas estivessem em níveis baixos (ROSA, 2007).

Lima e Souza (2014) destacam que o acionamento das termelétricas em períodos de escassez hídrica é uma solução para suprir a demanda. A questão que merece ser analisada é a continuidade de operação dessas usinas, mesmo em períodos de chuvas normais ou acima da média, condição que encarece o preço final da energia, justamente por utilizarem combustíveis fósseis que têm preço elevado. Entretanto, as termelétricas possuem a vantagem de instalação perto do mercado consumidor, reduzindo os custos de transmissão de eletricidade, o que não é possível com as hidrelétricas.

### 3. ASPECTOS METODOLÓGICOS

No que tange à finalidade da pesquisa, este trabalho é um estudo do tipo pesquisa básica estratégica. Conforme Gil (2010), a pesquisa básica estratégica tem por intuito construir novos conhecimentos que podem ser empregados em diversas áreas, com o intuito de trazer solu-

ções para problemas práticos. Quanto à abordagem, a pesquisa classifica-se como do tipo qualitativa. Este tipo de abordagem se fez necessária devido a característica da própria pesquisa em verificar as vantagens e desvantagens da geração de energia elétrica através dos sistemas solar e eólico. A abordagem qualitativa possibilitou identificar se essas alternativas podem ser potencializadas com o intuito de se evitar a falta de energia elétrica ocasionada pela escassez hídrica e ao mesmo tempo contribuírem com a sustentabilidade ambiental do planeta. Em relação aos objetivos, o estudo é de caráter exploratório. Sobre a pesquisa exploratória Gil (2010) esclarece:

As pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. De todos os tipos de pesquisa, estas são as que apresentam menor rigidez no planejamento. Habitualmente envolvem levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso. Procedimentos de amostragem e técnicas quantitativas de coleta de dados não são costumeiramente aplicados nestas pesquisas. Pesquisas exploratórias são desenvolvidas com o objetivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado fato. Este tipo de pesquisa é realizado especialmente quando o tema escolhido é pouco explorado e torna-se difícil sobre ele formular hipóteses precisas e operacionalizáveis (GIL, 2010, p. 27).

O caráter exploratório da pesquisa auxiliou na elucidação do problema de pesquisa. Quanto aos procedimentos, esta pesquisa é do tipo bibliográfica e documental, uma vez que se realizou levantamento de informações em livros, artigos científicos e documentos relacionados com a temática da geração de energia elétrica. Uma pesquisa, quando possui o perfil bibliográfico e documental, se torna o resultado de um exame ou investigação minuciosa em fontes científicas publicadas por meio de livros, artigos e documentos, e que deve ser realizada com a intenção de resolver um determinado problema recorrendo-se a procedimentos e métodos científicos (MARCONI; LAKATOS, 2010).

Com base na literatura estudada e em consulta aos órgãos oficiais, como a ANEEL, EPE e MME, foi possível definir se existe viabilidade produtiva e ambiental na geração de energia elétrica por usinas fotovoltaica e eólica, comparando com os sistemas hidrelétrico e termoeletrico. Assim, foi realizado uma comparação dos sistemas convencionais (hidro e termoeletricas) com os sistemas alternativos (fotovoltaico e eólica), analisando suas vantagens e desvantagens.



## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Vantagens e desvantagens das fontes alternativas para geração de energia elétrica

#### 4.1.1 Central Geradora Solar Fotovoltaica (UFV)

Os sistemas fotovoltaicos consistem no aproveitamento da energia dos raios solares para geração de energia elétrica. Segundo Dantas e Pompermayer (2018):

A busca por fontes de energia renováveis é um dos grandes desafios enfrentados pela humanidade nos últimos anos e vem ganhando mais importância com a intensificação do efeito estufa. Uma das formas mais promissoras de contornar esse problema é aproveitar a energia fornecida pelo Sol, fonte limpa e gratuita de energia (DANTAS; POMPERMAYER, 2018, p. 7).

As Centrais Geradoras Solar Fotovoltaica (UFV) são usinas que possuem a finalidade de transformar a energia advinda do Sol em energia elétrica, por meio do efeito fotovoltaico. A geração da energia é realizada por meio de módulos fotovoltaicos (placas e painéis solares), que podem ser instalados no solo ou telhados. Sua principal vantagem é o custo, que está em redução, e seu pequeno impacto direto no meio ambiente, diferentemente de outras fontes não renováveis (REZENDE, 2019). Existem também as chamadas usinas termosolares ou heliotérmicas, que produzem energia elétrica por meio de calor, com acionamento das turbinas. Nesse tipo de usina são instalados diversos espelhos (heliostatos ou coletores) que captam e redirecionam os raios solares para um único ponto, onde está localizado um recipiente com líquido. Os raios concentrados transformam o líquido em vapor, que aciona as turbinas, movendo os geradores que produzem eletricidade (PORTAL SOLAR, 2021).

Para Maia (2018), a energia solar fotovoltaica tem tido forte crescimento. Só entre 2010 e 2016 foram investidos mais de US\$ 2 trilhões em todo o mundo, com um crescimento total de 263 GW, alcançando o recorde de mais de 300 GW instalados. Entretanto, esta fonte ainda corresponde a 1,3% da energia elétrica gerada em todo o planeta. De acordo com a ANEEL (2022), em 2021 o Brasil possuía 4.357 usinas fotovoltaicas em operação, com capacidade para gerar 3,84 GW. Conforme a Agência, existiam 81 usinas em fase de instalação e 643 projetos de construção não iniciados, o que pode elevar a capacidade de geração para 24,8 GW até 2050.

O Parque Solar São Gonçalo é a maior usina fotovoltaica da América Latina e se encontra em solo brasileiro, na cidade de São Gonçalo, no Piauí, com capacidade de gerar 608 MW (em 2021). O Brasil

ainda possui o Complexo Solar Pirapora-MG (321 MW); o Parque Solar Nova Olínda, em Ribeira do Piauí (292 MW); o Complexo Solar Ituverava, em Tabocas do Brejo Velho-BA (292 MW), e o Parque Solar Lapa em Bom Jesus da Lapa-BA (168 MW). Essas cinco usinas juntas correspondem a mais de 68% da capacidade fotovoltaica no Brasil. Na Figura 8 (PORTAL SOLAR, 2021) é possível observar o Parque Solar São Gonçalo, que ocupa uma área de 250 hectares, com 800 mil painéis fotovoltaicos que são capazes de suprir a demanda elétrica de 270 mil residências.



Figura 8 - Vista aérea do Parque Solar São Gonçalo, no Piauí

Para Vieira e Santos (2012) os impactos causados pela instalação das usinas fotovoltaicas são mínimos se comparados às constantes emissões de gases e outros poluentes que por séculos têm fragilizado o meio ambiente. Na visão de Silva e Carmo (2017), o Brasil possui grandes oportunidades para desenvolver a indústria de energia fotovoltaica, bem como ampliar a participação dessa fonte na matriz elétrica brasileira. As alterações climáticas demonstram que alguma ação urgente deve ser pensada no tocante a geração de eletricidade e a geração por fontes renováveis é uma forma de suprir quando das crises hídricas cada vez mais frequentes. Os investimentos para esta modalidade de geração de energia elétrica devem ter como prioridade o barateamento, proporcionando acesso à população a esse tipo de energia. São necessários incentivos fiscais para que órgãos públicos e empresas privadas invistam em tecnologia de geração que preserve o meio ambiente (GOLDEMBERG e LUCON, 2012; DUPONT, GRASSI e ROMITTI, 2015).

No Brasil, a energia fotovoltaica tem ganhado destaque nas residências e propriedades rurais. De acordo com informações do Portal Solar (2021), em 2020 o Brasil alcançou 30 mil imóveis residenciais lo-

calizados na zona urbana usando energia fotovoltaica de forma plena ou parcial. Foi um crescimento de 45% em relação ao ano anterior, com uma capacidade total de 4.460 MW. No campo, aproximadamente 13% de todas as propriedades rurais no Brasil possuem a geração de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico, porém mais de 95% dessas são médias ou grandes propriedades rurais<sup>1</sup>.

No que tange a geração de energia elétrica por meio do sistema fotovoltaico residencial ou rural, a mesma pode ser classificada de duas maneiras: 1) Sistema *On-Grid*: modelo mais comum, em que o sistema fotovoltaico está conectado à rede elétrica; 2) Sistema *Off-Grid*: neste caso, o consumidor deve ter baterias para acumular a energia gerada, para evitar comprometimento do serviço elétrico (LAGRIMANTE et al., 2018). As células fotovoltaicas são fabricadas a partir de finas fatias de silício, o segundo elemento mais abundante na Terra. O sistema de energia fotovoltaica residencial pode ser bem compreendido conforme a Figura 9 (ENERGISA, 2019).

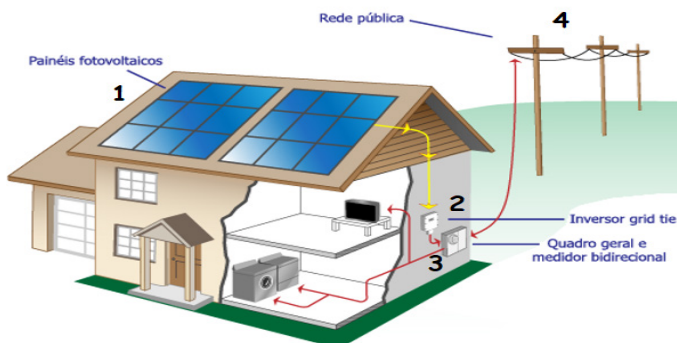


Figura 9 - Sistema de energia fotovoltaica para residências

Na figura, o dispositivo 2 é o inversor, que converte a eletricidade de corrente contínua em corrente alternada, e o dispositivo 3 controla o fluxo de eletricidade entre a residência e a rede elétrica (dispositivo 4). No sistema regulatório atual, no Brasil, o excesso de eletricidade não consumido é direcionado para a rede de distribuição elétrica da concessionária, gerando créditos (ENERGISA, 2019).

Como principais vantagens do sistema fotovoltaico, normalmente são citadas: a) o significativo potencial na maior parte do território nacional; b) o fato de ser alternativa tanto para a geração distribuída quanto em sistemas de grande porte e; c) a fácil instalação e as manutenções pouco frequentes e baratas. Em todo o mundo, no âmbito dos esforços para a redução das emissões de GEE na geração

<sup>1</sup> Média e grande propriedade rural considerando a extensão territorial, tendo por referência o módulo rural de cada região.

de eletricidade, há grandes perspectivas com a geração solar fotovoltaica.

Apesar de seus benefícios, há o entrave da intermitência. Por conta disso, a unidade consumidora deve estar interligada à rede elétrica externa, ou deve haver sistemas de armazenamento da eletricidade. Exceto casos específicos, o armazenamento em baterias ainda não é viável economicamente.

Há também a questão do novo marco regulatório relativo aos sistemas fotovoltaicos. A partir de janeiro de 2023 está em vigor a Lei nº 14.300, que define o marco legal para a microgeração e minigeração distribuída: o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). Segundo a Presidência da República (2022), para quem instalou o sistema até dezembro de 2022 há carência até 2045. Já para quem instalar sistemas a partir de 2023, haverá taxaço sobre a eletricidade injetada na rede da concessionária, em um montante de até 28%, com aumento escalonado até o percentual máximo, em 2029.

#### 4.1.2 Central Geradora Eólica (EOL)

O aproveitamento da energia eólica é bastante antigo, com a moagem de grãos ou o bombeamento de água, dentre outras aplicações. Consiste basicamente na conversão da energia cinética das massas de ar em movimento, ou seja, dos ventos. A conversão acontece transformando a energia cinética de translação em energia cinética de rotação, que aciona as turbinas eólicas (aerogeradores), e que por sua vez acionam os geradores de energia elétrica, conforme detalhado na Figura 10 (RODRIGUES, 2011).



Figura 10 - Esquema de uma turbina em um parque eólico *onshore* para geração de energia elétrica

As Centrais Geradora Eólicas (EOL's) correspondem ao parque de turbinas que permite gerar energia elétrica. São classificadas em usinas eólicas *onshore* e *offshore*. As EOL's *onshore* são as usinas eólicas nas quais as turbinas estão em terra firme. A principal vantagem está na instalação em bases fixas, no solo, e no menor gasto com manutenções, devido a fácil acessibilidade. Já as EOL's *offshore* são usinas eólicas instaladas no mar. Nesse caso, as principais vantagens são a maior velocidade do vento e a menor variabilidade (LEE; ZHAO, 2022).

De acordo com Carvalho e Machado (2016), para o parque já instalado no Brasil, majoritariamente no Nordeste, a geração eólica tem sido complementar às hidroelétricas, porque o regime de mais ventos coincide com o período de escassez hídrica, momento no qual os reservatórios estão com seus níveis mais baixos. Por conta disso, a geração eólica tem contribuído com a segurança energética, evidenciando a necessidade e a importância da diversificação da matriz elétrica no país.

Números da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2022) mostram que 93% de toda energia elétrica gerada pelas usinas eólicas são provenientes de sistemas *onshore*. Nesse tipo de sistema o Brasil ocupa a sexta posição, com um potencial de geração de 21,5 GW, atrás da China, com capacidade de geração de 310,6 GW, Estados Unidos, com 134,3 GW, Alemanha, com 56,8 GW, Índia, com 40 GW, e Espanha, com 28,3 GW. A energia eólica foi responsável por 11,8% da geração de energia elétrica no Brasil, em 2021. Na Tabela 1 (CCEE, 2022) é possível observar a geração por energia eólica, por estado, em 2021.

Tabela 1 - Geração de energia eólica no Brasil, em 2021, nos principais estados

Estados geradores	Geração em 2021 (TWh)
Rio Grande do Norte	21,23
Bahia	21,15
Piauí	9,10
Ceará	7,91
Rio Grande do Sul	5,63

Os estados do Nordeste são os que têm o maior potencial, principalmente próximo da costa. Ainda conforme dados da CCEE (2022), o país possui um potencial de ampliação da geração para mais de 95,5 GWh até 2030, o que equivale ao consumo médio de 36,2 milhões de residências, ou 108 milhões de habitantes. As principais vantagens dos sistemas eólicos são: a) no caso do Brasil, os menores

custos de geração elétrica; b) potencialmente, geração de renda e melhoria de vida para os proprietários de terras arrendadas; c) fonte de energia renovável, e geração sem emissões e; d) possibilita a manutenção de atividades como plantio e ou criação de animais nos locais de geração.

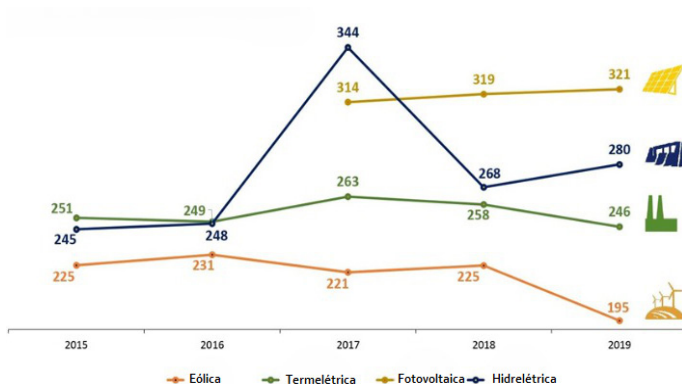


Figura 11 - Evolução dos custos de geração elétrica, por tipo de fonte (R\$/MWh), de 2015 a 2019

Como mostrado na Figura 11 (CCEE, 2022), a eólica é a que possui o menor custo de geração, com uma média de R\$ 219,40/MWh entre 2015 e 2019, e ainda há estimativas de redução no futuro (CCEE, 2022). Conforme Rodrigues (2011), a geração elétrica sem emissões é extremamente importante para a sustentabilidade do planeta, e nisso o Brasil está contribuindo.

Entretanto, as desvantagens estão na poluição visual e sonora que é gerada para quem reside próximo aos aerogeradores; e nos problemas relacionados com os impactos ao fluxo migratório de aves. O fato de haver maior potencial em áreas costeiras pode eventualmente acarretar impacto negativo ao turismo. Também, a irregularidade dos ventos pode trazer queda brusca na geração de energia elétrica.

## 5. CONCLUSÕES

As grandes hidroelétricas são e serão importantes na geração de energia elétrica, no Brasil. Suas vantagens estão na capacidade já instalada, na geração sem emissões diretas de GEE, e na flexibilidade operacional, com possível ajuste à demanda. Entretanto, as desvantagens estão nos grandes impactos ambientais e sociais quando da construção, e no alto valor do investimento. Outra desvantagem está na dependência do regime de chuvas, o que pode comprometer a se-

gurança energética do país. As PCH's podem ser consideradas boas alternativas, contornando algumas restrições, mas também são susceptíveis à eventual escassez hídrica.

As termelétricas têm sido a principal alternativa às hidrelétricas. No Brasil, operam com diferentes combustíveis (biomassa, gás natural, carvão e derivados de petróleo). Há vantagem na localização mais próxima ao mercado consumidor (o que reduz o custo de transmissão) e no menor investimento inicial. Todavia, há as emissões de GEE e de outros poluentes.

As fontes alternativas de geração de energia elétrica, como as Centrais Geradoras Solar Fotovoltaica (UFV) e as Centrais Geradoras Eólicas (EOL's), desempenham um papel fundamental na busca por soluções sustentáveis para suprir as demandas energéticas. A energia solar fotovoltaica é uma opção promissora e em constante crescimento, sem emissões diretas e renovável. No Brasil, existem algumas usinas fotovoltaicas de grande porte, destacando-se o Parque Solar São Gonçalo, que é a maior usina fotovoltaica da América Latina. Além disso, a energia solar também viabiliza a geração distribuída, proporcionando uma matriz elétrica mais diversificada.

A energia solar é a que mais cresce no país. De todos os sistemas elétricos, é o mais viável para ser instalado em residências e propriedades rurais, permitindo a geração elétrica de forma autônoma. A desvantagem está na intermitência.

As EOL's têm contribuído para a diversificação da matriz elétrica. No Brasil, as usinas eólicas *onshore* predominam, e sua geração tem complementado a geração hidrelétrica.

Assim como a solar fotovoltaica, em todo o mundo a energia eólica é vista como boa alternativa para a redução das emissões de GEE na geração de eletricidade. Seus custos são os mais baixos para a expansão da capacidade de geração. As desvantagens ficam por conta dos impactos visuais e dos problemas relacionados aos acidentes com pássaros. Uma alternativa é não construir parques eólicos que podem impactar importantes rotas de migração.

Apesar das vantagens oferecidas por essas fontes alternativas, ainda existem desafios a serem enfrentados, como a intermitência. O armazenamento de eletricidade em larga escala ainda não é viável economicamente. Além disso, no Brasil, o novo marco regulatório para a energia fotovoltaica pode impactar as recentes taxas de crescimento da capacidade instalada.

Diante das alterações climáticas e da necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa, as fontes alternativas de geração de eletricidade, como a solar fotovoltaica e a eólica, representam opções viáveis e sustentáveis para suprir a demanda. É importante que sejam promovidos investimentos e incentivos fiscais para o desenvolvimento dessas tecnologias, visando o barateamento e a ampliação

do acesso à energia limpa, contribuindo assim para a preservação do meio ambiente e a construção de um futuro mais sustentável.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBUD, O. A.; TANCREDI, M. Transformações recentes da matriz Brasileira de geração de energia elétrica - causa e impactos principais. Centro de Estudos da Consultoria do Senado. 2010. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/182500>. Acesso em: 19 de setembro de 2022.

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Geração distribuída: geração de energia fotovoltaica. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. Acesso em: nov. de 2022.

\_\_\_\_\_. Quantidade de empreendimentos de geração de energia em operação. 2022. Disponível em: <https://dadosabertos.aneel.gov.br/dataset/empreendimentos-em-operacao>. Acesso em: nov. de 2022.

ATKINS, P.; JONES, L. Princípios de química questionando a vida moderna e o meio ambiente. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. (2020). Boletim anual de geração eólica 2020. Disponível em: [https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/04/PT\\_Boletim-Anual-de-Geracao\\_2020.pdf](https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2022/04/PT_Boletim-Anual-de-Geracao_2020.pdf). Acesso em: out. de 2020.

BOFF, L. Sustentabilidade: o que é – o que não é. 5ª ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2012.

CARVALHO, R. N. F.; MACHADO, R. H. S. Planejamento e Operação do Sistema Elétrico Brasileiro. In: Energia Termelétrica: Gás Natural, Biomassa, Carvão, Nuclear. Rio de Janeiro: 2016. cap. 01.

CAUS, T. R.; MICHELS, A. Energia Hidrelétrica: Eficiência na geração. Monografia (Pós-graduação). Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos, EaD, RS. 2014.

CCEE. CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. Geração de energia elétrica. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/dados-geracao>. Acesso em: nov. de 2022.

DANTAS, S. G.; POMPERMAYER, F. M. Viabilidade econômica de sistemas fotovoltaico no Brasil e possíveis efeitos no setor elétrico. Texto para discussão. Ipea. Rio de Janeiro. 2018.



EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGRO-PECUÁRIAS. Água. Disponível em: < [ENERGISA. EMPRESA MATO-GROSSENSE DE ENERGIA ELÉTRICA. A energia fotovoltaica. Disponível em:< \[ENERZEE. Soluções energéticas. Disponível em: < \\[EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Matriz energética e elétrica, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: nov. de 2022.\\]\\(https://www.enerzee.com.br/#destaque>. Acesso em: out. 2022.</p></div><div data-bbox=\\)\]\(https://www.energisajuntos.com.br/>. Acesso em out. 2022.</p></div><div data-bbox=\)](https://www.embrapa.br/contando-ciencia/agua/-/asset_publisher/EljjNRSeHvoC/content/vamos-economizar-agua-/1355746?inheritRedirect=false#:~:~:-text=Enquanto%2097%25%20da%20%20C3%A1gua%20da,rios%20e%20lagos%20do%20planeta.>. Acesso em: nov. de 2022.</p></div><div data-bbox=)

\_\_\_\_\_. Produção de energia fotovoltaica no Brasil: o mercado fotovoltaico brasileiro está amadurecendo mais rápido que o esperado, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/epe-na-midia/o-mercado-fotovoltaico-brasileiro-esta-amadurecendo-mais-rapido-que-o-esperado>. Acesso em: nov. de 2022.

FARIA, A. Crise Hídrica: Mudanças climáticas, devastação ambiental, ineficiência energética, desperdício – muito além da “falta” de chuvas. Novembro de 2021. Disponível em: <https://ecoa.org.br/wp-content/uploads/2021/11/CriseHidricaFinalNov21.pdf>. Acesso em: ago. de 2022.

FLICKR. Vista aérea da usina hidrelétrica (UHE) Dardanelos na região do município de Aripuanã em Mato Grosso. Disponível em: <https://www.flickr.com/photos/pacgov/6002891470>. Acesso em: nov. de 2022.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOLDENBERG, J.; KISHINAMI, R. Usinas Termoelétricas e a Crise no Setor Elétrico Brasileiro pela COVID 19. Relatório técnico portfólio de energia. 2020. Disponível em: [https://idec.org.br/sites/default/files/relatorio\\_tecnico\\_portfolio\\_energia\\_final\\_web\\_2.pdf](https://idec.org.br/sites/default/files/relatorio_tecnico_portfolio_energia_final_web_2.pdf). Acesso em: out. de 2022.

GOLDENBERG, J.; LUCON, O. Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento. São Paulo: USP, 2012.

GOLDENBERG, J.; PRADO, L. T. S. Reforma e crise no setor elétrico no período FHC. Revista Tempo Social da Universidade de São Paulo (USP). vol. 15, São Paulo: USP, nov. de 2003.

HOLANDA, L. et al. Contribuições para o planejamento energético 2050. FGV Energia. 2015. Disponível em: <https://fgvenergia.fgv.br/artigos/planejamento-energetico-2050-contribuicoes-para-o-planejamento-energetico-2050>. Acesso em: ago. de 2022.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Obter informações sobre impactos da mudança do clima (AdptaBrasil). Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/obter-informacoes-sobre-impactos-da-mudanca-do-clima-adaptabrasil>. Acesso em: nov. de 2022.

ITAIPU BINACIONAL. Energia: geração. Disponível em: <https://www.itaipu.gov.br/energia/geracao>. Acesso em: set. de 2022.

LAGRIMANTE, D.; LANDIM, L. P.; CRUZ, V.; AMARANTE, M. Estudo da Aplicação de Energia Fotovoltaica. Pesquisa e Ação, v. 4, n. 1, mai. 2018. ISSN 2447 - 0627.

LEE, J.; ZHAO, F. GWEC. Global Wind Report. Global Wind Energy Council, New York: p. 75, 2022.

LIMA, M. T. S. L.; SOUZA, M. C. Discorrendo sobre o uso das termelétricas no Brasil. Ciência e Natura, v. 37 Ed. Especial UFVJM, 2014, p. 17–23.

MARCONI, M. de A.; LAKATOS, E. M. Fundamentos de metodologia Científica. 7. ed. Editora Atlas, 2010.

MME. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. MME e EPE lançam cartilha sobre a situação hídrica e o impacto na geração de energia elétrica, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-e-epe-lancam-cartilha-sobre-a-situacao-hidrica-e-o-impacto-na-geracao-de-energia-eletrica>. Acesso: nov. de 2022.

\_\_\_\_\_. Plano Nacional de Energia 2050. Brasília 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em: ago. de 2022.

ONS. OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Energia agora: reservatórios. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/energia-agora/reservatorios>. Acesso em: nov. de 2022.

PORTAL SOLAR. Simulador de energia fotovoltaica. Disponível em: < <https://www.portalsolar.com.br/>>. Acesso em: out. 2022.

\_\_\_\_\_. Usina Solar: todas as informações sobre a tecnologia no Brasil e no mundo. 2021. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/usina-solar.html>. Acesso em: nov. de 2022.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. Lei nº 14.300 – Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS). Disponível em: < <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14-300-de-6-de-janeiro-de-2022-372467821>>. Acesso em out. 2022.

REZENDE, J. O. A importância da energia solar para o desenvolvimento sustentável. Ponta Grossa: Editora Atenas, 2019.

RODRIGUES, P. R. Energias renováveis: energia eólica. Consórcio de Universidades Europeias e Latino-Americanas em Energias Renováveis – JELARE. Livro Digital. Editora Unisul, 2011.

ROSA, L. P. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. Estudos Avançados [online]. 2007, v. 21, n. 59 Epub 26 Out 2007. ISSN 1806-9592, pp. 39-58. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142007000100005>. Acesso em: out. de 2022.

SAUER, I. Um novo modelo para o setor elétrico brasileiro. Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia – PIPGE-IEE/USP, tese de doutorado, dez. São Paulo: USP, 2002.

SILVA, R. L.; CARMO, A. M. P. Bioenergia da Biomassa Residual: Potencial Energético da Combustão da Casca de Arroz em Dourados-MS e Região. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v.5, p. 91-105, 2016.

VAINER, C.; VIEIRA, F. B. Manual do atingido. Movimento dos atingidos por barragem - MAB. Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano e Regional/ Universidade Federal do Rio de Janeiro -IPPUR/UFRJ. 2010.

VECCHIA, R. Energia nuclear em fissão. Webartigos. 2011. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/energia-nuclear-em-fissao/62903>. Acesso em: jul. de 2022.

\_\_\_\_\_. O meio ambiente e as energias renováveis: instrumentos de liderança visionária para sociedade sustentável. Barueri, SP: Manole: Minha Editora, 2010.

VIEIRA, M.; SANTOS, A. O Meio Ambiente Sustentável e a Energia Solar. Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT, v.1, n. 1, 131 - 139, 2012.

## **CICLOS, TECNOLOGIA E UBERIZAÇÃO: A IMPOSIÇÃO DA FORMAÇÃO SOCIOECONÔMICA NO DESENVOLVIMENTO DO GNV EM SANTA CATARINA**

Leonardo Mosimann Estrella<sup>1</sup>  
Isa de Oliveira Rocha<sup>1</sup>

*<sup>1</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina*

DOI: 10.47168/rbe.v29i3.804

### **RESUMO**

Este artigo analisa os indicadores comerciais do GNV identificados nos ciclos de vida do produto em uma das unidades subnacionais do Brasil, considerando os fatores econômicos, sociais e tecnológicos que influenciam nos gargalos de crescimento deste segmento de mercado do gás natural. Para produzir os resultados, foram utilizadas teorias dos ciclos (econômicos longos e médios e de vida do produto), discussões teóricas-empíricas sobre o papel do trabalho informal como fenômeno social oriundo de nova tecnologia, além de realizar pesquisa com usuários do produto e com especialista técnico do setor de conversões de veículos. Como resultado tem-se que o GNV, no estado de Santa Catarina, é um produto que produz resposta comercial de forma diretamente associada ao fator competitividade na comparação com os concorrentes gasolina e etanol; sua base de crescimento, formada a partir do mercado de motoristas de aplicativos, é insustentável no médio e longo prazo; e a estagnação tecnológica e de oferta e promoção do produto contribuem para um ciclo descendente importante de consumo que pode levar ao desaparecimento do produto, considerando a aplicação em frotas leves.

Palavras-chave: GNV; Gás natural; Ciclo de vida do produto; Uberização; Tecnologia.

### **ABSTRACT**

This article analyzes the CNG commercial indicators identified in the product's life cycles in one of the subnational units in Brazil, considering the economic, social and technological factors that influence the growth bottlenecks in this natural gas market segment. To produce the results, theories of cycles (long and medium economic and product life cycles), theoretical-empirical discussions on the role of informal work as a social phenomenon arising from new technology were used, in addition to carrying out research with product users and technical specialist in the

vehicle conversion sector. As a result, CNG, in the Brazilian state of Santa Catarina, is a product that produces a commercial response directly associated with the competitiveness factor in comparison with gasoline and ethanol competitors; its growth base, formed from the app driver market, is unsustainable in the medium and long term; and technological stagnation and product supply and promotion contribute to an important downward cycle of consumption that could lead to the disappearance of the product, considering its application in single-family cars.

Keywords: CNG; Natural gas; Product life cycle; Uberization; Technology.

## 1. INTRODUÇÃO

A oferta de Gás Natural Veicular (GNV) ao mercado de veículos leves em Santa Catarina teve início em 2001, com o atendimento ao primeiro posto de abastecimento em Jaraguá do Sul, município da região Nordeste do Estado. Em 2002 são registrados os primeiros traços de volume distribuídos aos postos de combustíveis por conta do desenvolvimento do mercado através da adaptação dos veículos para uso do combustível, que exige a instalação de cilindros com compressor (Kit Gás ou Kit GNV). O mercado automotivo de gás natural se desenvolve como uma consequência do atendimento às indústrias localizadas na fachada Atlântica do território catarinense (ESTRELLA, 2023). Mais de duas décadas depois, em julho de 2023, a Companhia de Gás de Santa Catarina (SCGÁS), distribuidora local de gás natural e concessionária pública monopolista do serviço no Estado, atendia 130 postos de combustíveis através de rede de gasodutos e 10 por meio do modal GNC (Gás Natural Comprimido).

Este artigo (i) analisa o consumo e a oferta do produto no período de setembro de 2001 à março de 2023, identificando os principais fatores que influem nos resultados mercadológicos alcançados pelo GNV em Santa Catarina; e (ii) identifica as principais causas para que o produto se desenvolva de forma limitada, com projeção atual de queda ou desaparecimento. Para entender os resultados, pontua-se que os dados analisados mostram a existência de dois ciclos de consumo e a tendência e/ou necessidade de início de um novo e terceiro ciclo, necessário para o curto prazo. O primeiro ciclo se dá associado ao lançamento do produto em 2001, que levou ao aumento no consumo até uma posterior queda (2007), provocada pela entrada de veículos tipo *flex* no mercado. O segundo ciclo é caracterizado pela estabilização e crescimento de forma lenta, puxado, principalmente, pelo surgimento de uma nova classe de consumo denominada "motoristas de aplicativos". Em um período mais recente, o crescimento pode

ser explicado pela mudança na política de preços da Petrobras (principal supridor), com repasses em curto prazo e majoração dos preços dos combustíveis líquidos causados por fatores nacionais e internacionais e, ainda, pelos efeitos da pandemia da Covid-19 (ESTRELLA et al., 2022a). A forte perda de competitividade que o gás natural vivencia tem também causa na alteração do modelo de gestão comercial da SCGÁS, ação iniciada a partir de 2019 e intensificada a partir de 2022.

Os dois principais fatores que fizeram alterar as políticas comerciais da concessionária e, destacadamente, sua estratégia em preços foram: a entrada de governos na esfera estadual e federal que defenderam as bandeiras da privatização de serviços de utilidade pública, incluindo a venda de ativos do setor de gás natural nos três elos da cadeia (exploração e produção, transporte e distribuição) — essa realidade deu margem para que a acionista majoritária da SCGÁS (Centrais Elétricas de Santa Catarina S/A - Celesc) operasse a empresa, em consentimento com os demais sócios, dando foco em alcançar resultados econômicos e financeiros e não mais em ofertar competitividade ao mercado industrial; e a imposta venda da subsidiária Gaspetro, pertencente à estatal Petrobras então sócia de 27 companhias de gás natural, para uma empresa do Grupo Cosan (a Compass, que formou a Commit, junto com a japonesa Mitsui Gas). A nova gestão das distribuidoras locais de gás, com a nova sócia, reposiciona a estratégia comercial das empresas, que passam a priorizar o atendimento ao mercado residencial de baixo consumo, com maiores custos operacionais, onerando o sistema. Esta é uma realidade que historicamente se verifica no mercado metropolitano de São Paulo, com a Comgás (ESTRELLA, 2023).

Destaca-se que o estudo também considera o fenômeno social da “uberização da economia” e, para isso, utiliza dados de uma pesquisa realizada com motoristas de aplicativo em Santa Catarina, bem como estudos sobre o surgimento e aplicação de formas de trabalho sustentadas na informalidade da economia. A partir da análise dos fatores explicitados, identifica-se que, além da evolução tecnológica das gerações de Kit GNV e o tímido crescimento da oferta através de postos de combustíveis, o produto não se reposicionou historicamente no mercado, apresentando as mesmas fraquezas desde o início da sua oferta no território catarinense. Soma-se a esse contexto um importante agravante: a destacada perda de competitividade em determinados períodos e, de forma mais acentuada, de 2019 a 2022. Por fim, apresentam-se quais seriam os principais desafios futuros do produto e potenciais alternativas para enfrentar as perdas e limites de mercado, diante de uma tendência assumida como uma forte hipótese de desaparecimento do produto na aplicação em frotas leves de automóveis emplacados em Santa Catarina.

A importância de analisar o mercado de GNV, além do fato de

se comportar como um produto de nicho que depende do atributo econômica para o sucesso comercial, se justifica em cinco principais pontos: trata-se do único segmento de consumo de gás natural que possui usuários em todos os municípios de Santa Catarina (Figura 1) — em 31/12/2022 eram 115.602 veículos adaptados para GNV em Santa Catarina, segundo dados do Departamento Nacional de Trânsito (Denatran); sua aplicação contribui para enfrentar a realidade da imobilidade urbana e contribui com a melhoria da qualidade do ar e sonora das cidades (ESTRELLA et al. 2022b); com a ausência da mesma concentração industrial na fachada Atlântica catarinense constitui-se na principal alternativa de ancoragem de investimentos em redes de distribuição de gás natural às regiões desabastecidas, mais a Oeste, via redes locais e isoladas e/ou GNC, e no futuro, potencialmente através de Gás Natural Liquefeito (GNL<sup>1</sup>); historicamente o GNV é o segundo segmento de consumo de gás natural, atrás apenas dos diversos ramos industriais localizados no litoral do Estado; e, além da cadeia de gás natural, dos postos de comercialização e dos usuários, a importância do GNV também está também em outros elos da divisão do trabalho, como oficinas convertedoras, certificadoras e de manutenção, fornecedores de Kit Gas e, também, o próprio estado subnacional via departamentos, agências de fomento e órgãos de planejamento.

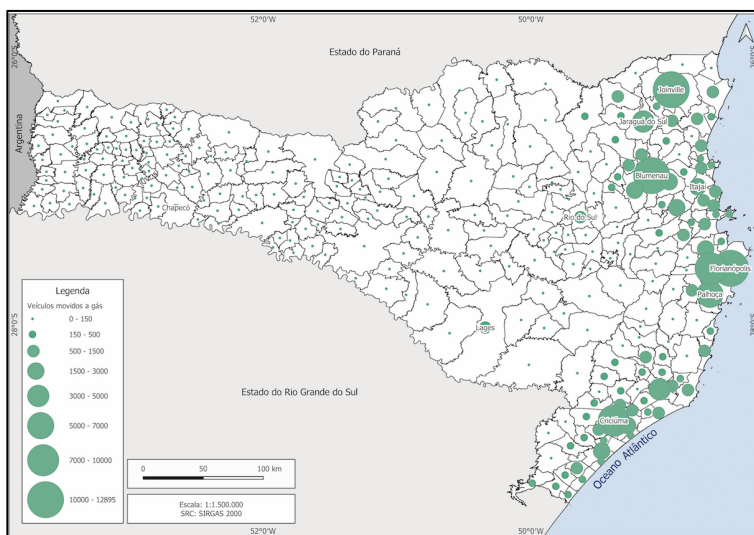


Figura 1 – Distribuição dos veículos movidos a GNV em SC, em 2021

1 A empresa estadunidense New Fortress Energy está implantando um terminal de regaseificação de gás natural na Baía da Babitonga, entre os portos de São Francisco do Sul e Itapoá, no Nordeste catarinense. Com isso, caso o empreendimento não se limite a conectar a FSRU (unidade flutuante de armazenamento e regaseificação) ao Gasoduto Bolívia-Brasil (Gasbol), a oferta de GNL pode ser uma possibilidade para o atendimento das regiões distantes das infraestruturas de transporte e distribuição que se concentram na região litorânea catarinense.

## 2. MÉTODO

A partir de pesquisa documental junto aos dados primários da Associação Brasileira de Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado (Abegás) e da SCGÁS, o estudo interpreta o resultado comercial do GNV no mercado catarinense, desde o início da operação da distribuidora local de gás natural nesse segmento. A análise considera quatro principais resultados quantitativos desse mercado: (a) volume histórico de vendas aos postos; (b) frota de veículos leves emplacados em Santa Catarina; (c) comportamento da oferta do produto por meio dos postos de combustíveis abastecidos pela concessionária estadual; e (d) competitividade frente à gasolina e ao etanol.

Através de pesquisa estruturada de caráter qualitativo realizada junto a motoristas (mais de 30 respostas de motoristas que rodavam com GNV em Santa Catarina no mês de janeiro de 2022), apresenta a percepção dos usuários sobre sua relação com as marcas de aplicativos de transportes de passageiros, os postos de combustíveis e o próprio produto. E, também, através de pesquisa semiestruturada com um especialista do setor de conversões de veículos, discorre sobre o papel das novas tecnologias de Kit GNV como um dos fatores influentes no processo de desenvolvimento desse mercado.

Os fundamentos teóricos principais para as interpretações deste artigo encontram-se na teoria dos ciclos econômicos longos, de Nikolai Dimitrievich Kondratiev, e médios, de Joseph-Clément Juglar; na interpretação de Joseph Alois Schumpeter sobre o papel do impulso da nova tecnologia para os ciclos ascendentes da economia global; e, em especial, da visão da formação socioeconômica da realidade brasileira nos pensamentos de Ignacio Rangel e Armen Mamigonian — a adoção de referencial teórico de formação socioeconômica e/ou sócio-espacial permite esclarecer os processos econômicos, históricos e geográficos (categorias de modo de produção e formação social), em múltiplas escalas, como debate Vieira (1992). Soma-se a estes aurores a teoria do ciclo de vida do produto criada por Theodore Levitt e as críticas à “uberização”, a partir de Tom Slee e Ricardo Luiz Coltro Antunes.

A primeira Revolução Industrial (RI), no fim do Século XVIII, inaugura os ritmos industriais de variadas durações, períodos ascendentes e descendentes, tendo como ciclos principais: decenais (Juglarianos); e os ciclos longos (Kondratiev) de cerca de 50 anos de duração. Os ciclos decenais foram analisados por Karl Marx e Frederich Engels entre 1848 e 1857, sistematizados por Juglar e assumidos por John Maynard Keynes como passíveis de administração, em especial por meio da influência do papel do Estado na economia. Já os ciclos longos, também estudados por Engels, quando analisou a longa depressão do Século XIX, foram sistematizados a partir de estatística por



Kondratiev entre 1918 e 1921 (MAMIGONIAN, 1999). Mas, não a ideias do Schumpeter dos primeiros dos tempos que assumia que a mudança tecnológica se constituída como um subproduto da atividade inovadora espontânea do empresariado. E sim, conforme Karl Marx, que via na técnica um caráter objetivo, decorrente da concorrência e que não se confunde com a superação da técnica, pois seu avanço e operação se subordinam à formação socioeconômica (MAMIGONIAN, 1996).

Nesta pesquisa, assume-se o GNV como um sistema submisso ao modo de produção capitalista e destacadamente dependente de setores com importante participação na abertura dos ciclos da economia, como se viu nas revoluções dos transportes<sup>1</sup> (fase expansiva), indústrias<sup>2</sup> (fase recessiva) e na própria formação urbana (organizações espaciais: localizações das indústrias na 1ª RI). No Brasil, o GNV surge como derivado do atendimento nos espaços urbanos às indústrias por meio de redes de gás natural e do próprio papel do petróleo na 2ª RI, conforme Mamigonian (1999). A verticalização como fenômeno urbano contribui com o aumento da participação do gás natural e, como consequência, na ampliação de atendimento de postos de GNV localizados fora das rodovias.

Como energia em rede, o gás natural desloca opções de combustíveis que exigem estocagem e distribuição prevalente pelo meio rodoviário e se comporta com uma melhor solução para atendimento de condomínios residenciais verticais, em especial os de muitos pavimentos, e de empreendimentos residenciais horizontais de alto padrão localizados em espaços que assumem o conceito bairros-cidades, principalmente em razão das suas propriedades físico-químicas e a sua forma de abastecimento (ESTRELLA, 2023). Nessa realidade, tem-se que o alto grau de avanço técnico e o preço baixo, atrativo pela capacidade de promover a destruição criadora, são as duas principais bases para o desencadeamento de novas ondas de investimentos em períodos recessivos (SCHUMPETER, 1923; RANGEL, 2012a) — o GNV surgiu justamente como nova tecnologia e, atualmente, é dependente do aparecimento de nova técnica para desencadear um necessário processo de desenvolvimento, visando sua utópica descaracterização como um produto de nicho que, no Brasil, sempre se posicionou de forma periférica à aplicação dos derivados do petróleo.

Além disso, a pesquisa aperfeiçoa a temática apresentada pelos estudos sobre o GNV no mercado catarinense de Estrella et al. (2022b), assunto que compôs mesa de debate no *Rio Oil and Gas*, principal evento nacional do setor de óleo e gás, realizado de 26 a 29 de setembro de 2022 na cidade do Rio de Janeiro. Avança-se no estudo incluindo a análise do componente competitividade na relação

1 Segundo (1848-1873) e Quarto (1948-1973) ciclos de Kondratiev.

2 Primeiro, (1815-1847), Terceiro (1873-1896) e Quinto (1973-...) ciclos de Kondratiev.

concorrencial com a gasolina e o etanol (base de dados histórica de preços da ANP) e o entendimento do mercado de abastecimento das partes insular e continental da capital catarinense (Florianópolis), além de ampliar a bibliografia referencial do estudo e atualizar seus dados.

### 3. CICLOS DE VIDA DO GNV EM SC

Levitt (1965) considera que quatro são os estágios principais que compõem o ciclo de vida dos produtos em modelos de consumo no mercado de varejo: (1) desenvolvimento; (2) crescimento; (3) maturidade; e (4) declínio, como podem ser vistos na Figura 2 (LEVITT, 1965). O economista alemão defende que nenhum produto se perpetua em longos períodos de constante crescimento e que cada fase do ciclo de vida exige uma estratégia, com diferentes fatores externos e internos fluindo em cada um desses períodos. Entende também que modificações das próprias características do produto se materializam ao longo de cada fase, que podem alongar ou retrair os períodos do ciclo, em especial entre o terceiro e quarto estágios.

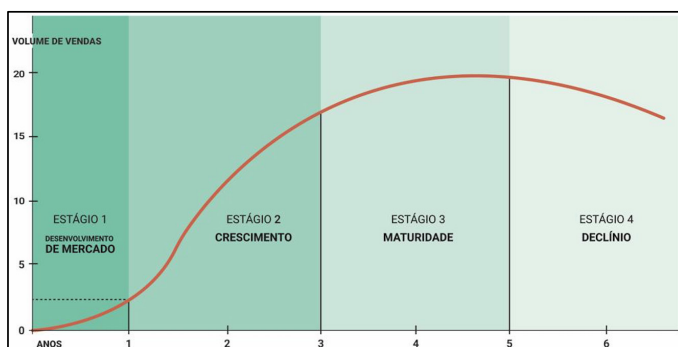


Figura 2 – Modelo de ciclo de vida do produto

Pontua-se que a estratégia adotada pela SCGÁS para o GNV no período se resumiu a ações comerciais e promocionais bastante limitadas. Além da tímida ampliação da oferta do produto aos postos, foram realizadas raras campanhas publicitárias de curta duração visando a promoção do uso do produto. No caso da oferta, a pesquisa mostra que em dado momento houve importante estagnação — e retração no caso do atendimento com GNC a regiões mais a Oeste — no número de postos, revelando períodos de desinvestimentos nesse mercado.

Após o início da distribuição do GNV em Santa Catarina, verifica-se que, de 2003 a 2007, o consumo do combustível cresceu de forma constante. Este fato está associado ao desenvolvimento da oferta pela concessionária estadual, através do crescimento do atendi-

tos aos postos e pelo fato de ser um produto entrante que historicamente apresentava resultados comerciais positivos em outros estados brasileiros, como Rio de Janeiro e São Paulo<sup>1</sup>. Neste período, entre os principais consumidores estavam taxistas e representantes comerciais, usuários que possuem a característica de rodar muitos quilômetros com seus veículos e que reconheciam no produto uma forma de diminuir custos de deslocamento como uma opção que poderia ser econômica frente à gasolina.

Através da Figura 3 (SCGÁS, 2023), que detalha o volume médio de distribuição do produto em Santa Catarina no recorte temporal do estudo (volume em m<sup>3</sup>/dia), nota-se que o GNV viveu um período de ascensão constante (seis anos), estabilização ou maturidade (mais seis anos) e de queda (quatro anos seguidos), no período de 2002 a 2015. Nos primeiros anos, observa-se o primeiro ciclo de vida do produto, ao constatar-se que, após os anos de queda (2012-2015), o GNV passa por um novo período de ascensão e o consequente início de um novo ciclo de vida, por meio de novos fatores, ligados especialmente ao contexto externo na formação do mercado de consumo.

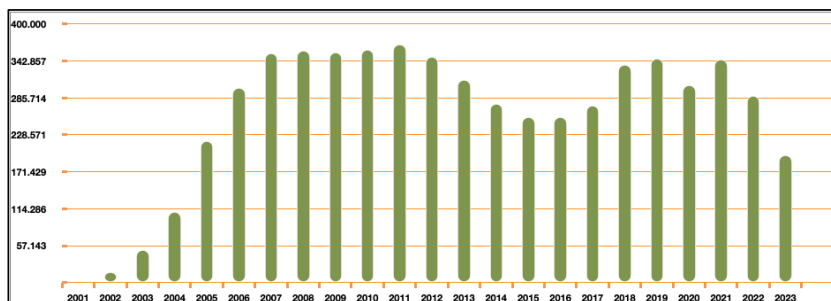


Figura 3 – Volume médio de GNV distribuído em SC (em m<sup>3</sup>/dia), entre 2001-2023

Considerando o comportamento comercial do GNV em Santa Catarina, cada fase do produto está evidenciada através das teorias cíclicas assumidas neste estudo, formando o primeiro ciclo de vida no período de 2002 a 2015. Destaca-se que a fase de lançamento não se materializa, na medida em que a oferta já existia no Brasil e em outros países, e pelo fato do GNV não ser produto exclusivo de uma empresa ou marca<sup>2</sup> — logo, o primeiro estágio é assumido como a fase de

1 Em 2020, os dois estados somavam 64,45% do share do GNV no Brasil, entre os 15 estados que possuíam o produto. O Rio de Janeiro representava 54,77% do volume consumido e 38,33% (611) dos postos de abastecimento; já São Paulo respondia por 9,68% do volume e 16,25% (259) dos postos.

2 No Brasil, o GNV é um produto distribuído aos postos por várias concessionárias públicas de distribuição de gás natural (24 empresas em 21 Estados), e comercializado aos usuários finais por diversos postos (eram 1.595 pontos de venda em dezembro de 2020, segundo dados Abegás) e diversas bandeiras (como Vibra, Ipiranga, Raízen, Alesat e Mime, além das bandeiras consideradas "brancas" ou sem marca).

desenvolvimento. O oferta e a implantação da nova infraestrutura de fornecimento de gás natural podem ser consideradas a pré-fase do primeiro ciclo de vida do produto, mesmo que atenda de forma conjunta diversos segmentos de mercado (industrial, comercial e residencial, além do próprio GNV). Destaca-se que este movimento tem início em 1994, com a celebração do contrato de concessão do serviço público de distribuição de gás natural em Santa Catarina; em 1995, com a assinatura do contrato de suprimento de longo prazo com a Petrobras; nas construções das redes de forma mais intensa na quarta parte da década de 1990; e, em 2000, com a partida da operação do sistema de distribuição.

O estágio de desenvolvimento (fase 1) do ciclo de vida do produto se dá no ano de 2001, com a ligação do primeiro posto de combustíveis à rede de gás natural da SCGÁS, enquanto a fase de crescimento (estágio 2) se revela de 2002 a 2007. O estágio 3 (maturidade) se estende por seis anos (2007 a 2012), como apontado acima, e a fase de declínio (estágio 4) ocorre de 2012 a 2015. Após este período, considerando que o combustível não deixa de ser ofertado ao mercado de consumo catarinense, há um crescimento da frota que utiliza o produto e uma retomada do crescimento das vendas; assume-se que em 2016 se inicia o segundo ciclo de vida do GNV.

Os pontos de comercialização do GNV em Santa Catarina não atendem apenas os veículos emplacados no Estado, mas também todos os usuários que buscam o produto quando passam pelo Estado (apenas um posto de combustível, localizado no município de São José, comercializou por um período de tempo o GNV de forma exclusiva). Como está presente em todas regiões brasileiras, com concentração da oferta em rodovias estaduais e federais, veículos emplacados em outros estados e em países vizinhos, como Argentina e Uruguai, também utilizam o produto no estado catarinense (ESTRELLA, 2023). Logo, a análise de consumo per capita e *share* da frota em Sabta Catarina tem essa obliquidade somada a dois tipos de realidades quantitativamente não disponíveis: veículos adaptados a GNV sucateados, ou que descartaram seus Kits Gas, não dando baixa na documentação junto ao Departamento Estadual de Trânsito de Santa Catarina (Detran/SC); e veículos que usam o GNV de forma irregular. Confirmando essa realidade, em 2019 a Associação Catarinense dos Organismos de Inspeção (Acoi/SC) projetava que 32% dos veículos a GNV estavam irregulares em Santa Catarina — esse dado foi divulgado como projeção de banco de dados de aplicativo da associação, abastecido em pesquisa de campo, que cadastrou placas de identificação de mais de 15.000 veículos no ato do abastecimento em postos do Estado.

Observa-se, a partir de 2016, uma reintrodução ou novo desenvolvimento do produto (estágio 1), com crescimento (estágio 2) até 2019 e um novo período de maturidade (estágio 3) nos anos de 2020 e

2021. Destaca-se ainda que a retomada no consumo (2018, 2019 e 2021) atinge patamar próximo ao período de maturidade revelado no ciclo de vida anterior (2007 a 2011), sem o superar indicando certo limite de consumo dentro da realidade de oferta. Em 2020, o consumo do produto é afetado pela Covid-19 em razão dos períodos de lock down vivenciados em Santa Catarina, com o desaquecimento da economia em períodos de crises globais na saúde, como nesse caso pandêmico, também contribuíram para o decréscimo nas vendas do GNV — no mês de março, quando foi identificada a pandemia no país, o volume caiu 26,97% na relação com o mês anterior e teve queda também no período março a agosto de 2020, recorte de tempo com maior estrangulamento, quando o consumo foi 19,18% abaixo do mesmo período em 2019, e 18,96% menor que em 2021 (SCGÁS, 2023).

A primeira característica que diferencia os dois ciclos está no fato de que cada estágio de desenvolvimento da segunda onda apresenta períodos de tempo mais curtos que os evidenciados no primeiro, conforme mostra a Tabela 1 (LEVITT, 1965; SCGÁS, 2023; ABEGÁS, 2022).

Tabela 1 - Estágios do GNV em Santa Catarina

Estágios	Ciclo de Vida (1)	Ciclo de Vida (2)
(1) Introdução/Desenvolvimento	2001-2002	2015-2016
(2) Crescimento	2002-2007	2016-2019
(3) Maturidade	2007-2012	2020-2021
(4) Declínio	2012-2015	2022-2023
Período Total (anos)	15	9

Para explicar a forte queda de consumo do GNV a partir de 2022, em fase de consolidação do seu declínio, introduz-se também dados comparativos de preços históricos do produto na relação com os combustíveis líquidos concorrentes e uma análise de competitividade histórica que considera a diferença de rendimento (preço *versus* deslocamento/autonomia) entre ambos.

### 3.1 Comportamento competitivo

No primeiro trimestre de 2023 em Santa Catarina, o resultado de vendas (volume distribuído) do GNV foi 44,67% inferior ao mesmo período do ano anterior. Além disso, no segundo semestre de 2022, as vendas caem 36,66% na comparação com os mesmos seis meses de 2021. No total do ano de 2022 foram comercializados -16,36% que em 2021 e -5,48% que em 2020 (VISION GAS, 2023). Importante destacar também que o resultado comercial do GNV em Santa Catarina no pri-

meiro semestre de 2023 revelou sua mais forte queda de consumo, chegando próximo de 46% na relação com 2022 e de 43% ao comparar com o realizado em 2021 nos primeiros seis meses deste anos.

Além disso, em 2020, o consumo havia diminuído em razão dos efeitos econômicos e sociais provocados pela pandemia da Covid-19, podendo ser admitido neste ano como uma excepcionalidade. Resta revelado com estes dados uma fase não episódica e precoce de queda da participação do produto no mercado em seu segundo ciclo de vida, permitindo apontar dois futuros caminhos potenciais: o desaparecimento do produto ou sua estagnação em patamares abaixo da média dos estágios de maturidade e/ou próximo dos estágios de desenvolvimento; ou a promoção de um novo estágio de crescimento, com o surgimento do terceiro ciclo de vida, impulsionado por fatores exógenos e/ou endógenos.

Destaca-se que a análise do comportamento GNV em Santa Catarina está concentrada no seu único representativo mercado de consumo, que se dá através de frotas de veículos leves (automóveis de taxistas, representantes comerciais, motoristas de aplicativos, famílias que rodam bastante e locadoras e frotistas de veículos). Outras aplicações potenciais, como em frotas de veículos pesados (caminhões e ônibus), veículos marítimos e empilhadeiras não se mostrava uma realidade no Estado, com também uma irrelevante participação no Brasil no período deste estudo.

A tendência de perenidade de consumo em patamares abaixo dos estágios de maturidade aponta para uma fase de declínio potencial, que coloca o produto em alto risco de sobrevivência no mercado catarinense e impõe a necessidade de um reposicionamento voltado à revisão das características de oferta e de procurar, neste caso, uma forma de incentivar uma terceira fase de crescimento. O resultado preliminar de 2023, que consolida a tendência verificada no segundo semestre de 2022, coloca o produto na faixa de consumo realizada entre 2004 e 2005, quando o GNV vivenciava sua fase de crescimento (estágio 2) na gênese do seu primeiro ciclo de vida.

Cabe enfatizar ainda que a fase de retomada do produto, no segundo ciclo de vida, se dá associada diretamente ao crescente número de motoristas de aplicativos que buscam a competitividade do GNV como uma aliada do trabalho informal. Neste ciclo, o estágio dois (crescimento) se mostra mais acelerado que no anterior, o que se justifica pelo fato de as fases de desenvolvimento e introdução já terem acontecido no primeiro ciclo de vida, uma vez que a frota de veículos adaptados<sup>1</sup> não sofre acentuado declínio em nenhum dos dois ciclos de vida, e em razão dos novos usuários possuírem um perfil de consumo

---

<sup>1</sup> Ver Figura 8 – a base de dados do Denatran e Detran não considera eventuais veículos desconvertidos (usuários que optaram retirar o Kit GNV), o que exige que a análise que considera quantitativo de frota assuma essa limitação.

per capita maior, pois por característica rodam mais com seus veículos. Logo, conclui-se que um novo ciclo de vida se dá como uma resposta mais rápida no quesito volume (considerando que há veículos sucateados e/ou que retiraram os Kits GNV na informalidade), quando se amplia o número de potenciais clientes ou uma nova categoria de consumidores passa a optar pelo GNV, como foi o caso identificado no segundo ciclo de vida (ESTRELLA et al. 2022b).

A Figura 4 (ANP, 2023) demonstra o comportamento de preços do GNV no Brasil e em Santa Catarina, em relação à gasolina e ao etanol, no período de análise do estudo — a comercialização do GNV é precificada em reais por metro cúbico e da gasolina e etanol em reais por litro. Há diferenças na autonomia desses combustíveis, premissas consideradas nas variáveis utilizadas para produzir a Figura 5. Além do constante crescimento de preços, atrelado aos preços das commodities, pode-se notar que, historicamente, os preços praticados em Santa Catarina superam a média brasileira; há um comportamento bastante similar, quase linear, na linha crescente e de diferença em preços — em razão da subordinação conjunta ao petróleo<sup>1</sup>; o GNV tem sua vantagem competitiva no atributo preço diminuída a partir de 2018, especialmente frente à gasolina; no caso de Santa Catarina, a partir de 2021, o GNV ultrapassa o preço do etanol na bomba e se aproxima da gasolina, o que ajuda a explicar os efeitos em vendas registrados a partir de julho de 2022 (Figura 4).

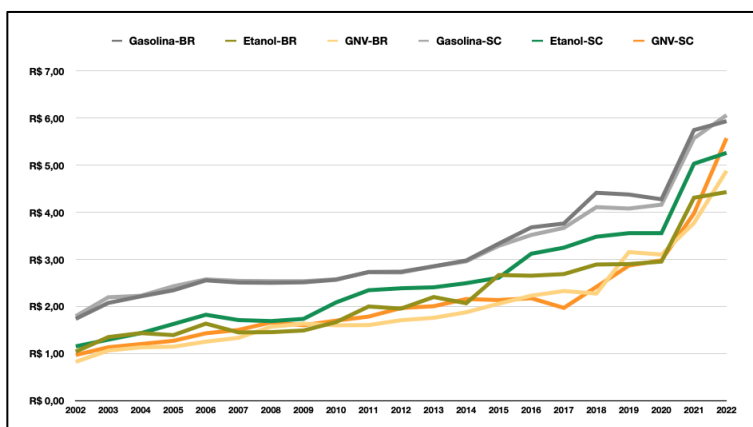


Figura 4 – Preço do GNV e de combustíveis líquidos entre 2002-2022

<sup>1</sup> Os preços dos três combustíveis são indexados pelo Preço de Paridade Internacional (PPI) adotado pela Petrobras (principal supridor desses insumos no Brasil) até 2022, e, por conseguinte, atrelados ao preço do petróleo. No período de 2019-2022 a estatal brasileira impõe volatilidade de preços da gasolina com efeitos de alta em prazos curtos — é um período que a Petrobras lucra bem acima da média histórica e distribui dividendos recordes, boa parte direcionada aos acionistas estrangeiros.

Os veículos a GNV também possuem características *flex*, pois o Kit Gas é instalado em automóveis movidos à gasolina ou gasolina e etanol — no Brasil, apenas o veículo Grand Siena da Fiat vem de fábrica convertido a GNV e contando com as três opções de combustíveis. Com isso, a opção de consumo pelos usuários se dá influenciada pelo preço verificado na bomba dos postos e a interpretação do quesito competitividade — nem sempre claramente percebida pelo usuário — a partir do critério de economia na relação entre os três combustíveis.

Destaca-se que a análise isolada do fator preço não é suficiente para concluir sobre a competitividade do GNV frente aos seus concorrentes líquidos. Por isso, aplicou-se para o cálculo da análise de competitividade percentual histórica a métrica usada pelas distribuidoras estaduais de gás natural e pela ABEGÁS, que assumem como premissa que o GNV possui uma autonomia de 14 km por metro cúbico de gás consumido, a gasolina 12 km por litro e o etanol 10 km por litro. Neste parâmetro, o automóvel seria um veículo leve, versão 1.0 e 16 válvulas, que rodaria no espaço urbano.

A partir desse cálculo, conforme Figura 5 (ANP, 2023), observa-se uma forte queda de competitividade do produto em 2018. Frente à gasolina, combustível de maior relevância competitiva para o GNV, o preço em Santa Catarina alcança um patamar próximo a apenas 20% de vantagem competitiva (linha cinza clara da Figura 5) considerando as autonomias. A gasolina é o combustível mais consumido no Brasil pelos veículos leves (ANP, 2023) e, logo, a segunda opção imediata de usuários que optam pelo Kit GNV. No caso do etanol, embora possua, assim como o GNV, certa associação ao conceito de sustentabilidade, este atributo não parece pautar os usuários de gás que focam a percepção de vantagem do produto no quesito economia.

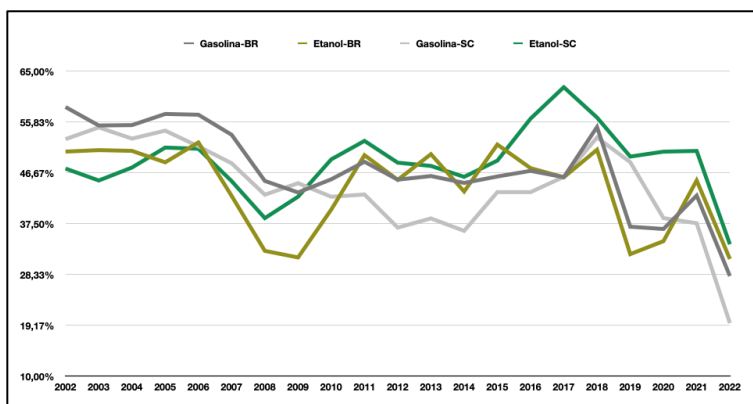


Figura 5 – Indicador da competitividade histórica do GNV em relação a outros combustíveis



Considerando os dois ciclos do GNV no Estado (Tabela 1), vê-se que o fim dos estágios de maturidade, dados em 2012 e em 2021, coincidem com a queda da competitividade na comparação com a gasolina. Os estágios de crescimento, iniciados em 2012 e 2016, estão associados à retomada da vantagem relativa.

Demonstra-se, conforme Figura 6 (DENATRAN, 2022), que o consumo de GNV está associado também ao comportamento de adesão dos usuários ao GNV. Houve período de nova ascensão no segundo ciclo do produto, de 2017 a 2021. Como não se teve acesso aos dados de conversões antes de 2007, assume-se que o período anterior seguiu a lógica de ascendência, estabilização e leve queda, de certa forma análoga (embora de forma mais achatada na linha do tempo) ao movimento do consumo do primeiro ciclo, destacado na Figura 4.

Enfatiza-se, por fim, que a Figura 6 indica que a frota de GNV no Estado se comporta de forma positiva quase em todo o período analisado e com um movimento melhor destacado que os indicadores volume de vendas (Figura 4) e pontos de oferta (Figura 8) — embora haja uma estagnação e queda do seu *share* na relação com frota total. Contudo, revela também outra importante realidade que destaca os limites de crescimento do produto: o GNV catarinense nunca deixou de se ser um produto de nicho, variando na participação sobre a frota total<sup>1</sup> entre 2,64% (2007) e 1,94% (2022) (IBGE, 2023; SCGÁS, 2023).

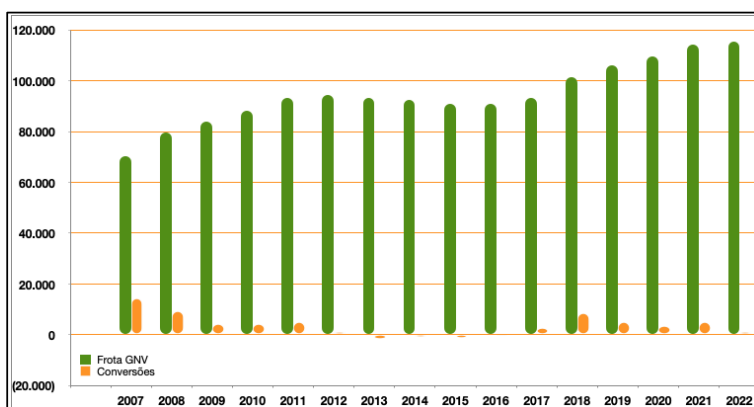


Figura 6 – Veículos movidos a GNV em Santa Catarina 2007-2022

De 2013 a 2016 a conversão de veículos a GNV é negativa (Figura 6), e a frota diminui, fase associada ao estágio de declínio do

<sup>1</sup> Percentuais históricos da participação do GNV na frota total de veículos leves Santa Catarina: 2,64% (2007), 2,75% (2008), 2,67% (2009), 2,59% (2010), 2,54% (2011), 2,40% (2012), 2,22% (2013), 2,08% (2014), 1,97% (2015), 1,90% (2016), 1,89% (2017), 1,97% (2018), 1,97% (2019), 1,96% (2020), 1,97% (2021) e 1,94% (2022).

primeiro ciclo, com posterior desenvolvimento do segundo ciclo, com a conversão de novos veículos e índices positivos já a partir de 2017. Há uma perspectiva futura de queda da frota e de retomada do período de “desconversão” já a partir de 2023 (primeiro semestre).

Em 2022, as conversões diminuíram bastante em relação à série histórica, -76,94% frente a 2021, -63,92% a 2020 e -75,65% a 2019. Subtraindo o período em que houve queda nas conversões, trata-se do pior resultado histórico de crescimento da frota de GNV em 12 anos em Santa Catarina, o que reforça a tendência de diminuição de usuários e o atual estágio de declínio do produto (SCGÁS, 2023).

#### 4. UBERIZAÇÃO COMO FENÔMENO DO SÉCULO XXI

O termo uberização faz referência à Uber, empresa que desenvolveu um aplicativo para promover o transporte através de “motoristas parceiros”, e que se popularizou em diversas regiões do mundo no início do século XXI. Este fenômeno ajuda a explicar formas atuais de organização do trabalho que estão associadas à utilização de novas tecnologias de comunicação e informação. Tais relações de trabalho revelam uma lógica de exploração por parte das grandes plataformas digitais, conforme colocam Antunes e Filgueiras (2020), o que mascara o assalariamento e aumenta, por consequência, a exploração, sujeição e precarização; e, além disso, inibem a regulação protetiva, a criação de vínculo solidário e a capacidade de organização coletiva. Em resumo, se compreende a uberização como uma forma de expressão dos modos do labor dilatado pelas plataformas digitais, compreendendo a individualização e inviabilização do trabalho sob uma aparência de prestação de serviços e movimento do empreendedorismo individual.

A realidade brasileira mostrou que a quantidade de trabalhadores que aderiu ao modo de trabalho das plataformas digitais, encabeçado por empresas como Uber e iFood (delivery de comida), crescia a cada ano na segunda e terceira décadas dos anos 2000. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD<sup>1</sup>), eram 3,8 milhões os brasileiros que tinham o trabalho por aplicativo como suas principais fontes de renda e, no final de 2020, quase 1,3 milhão de motoristas não tinham carteira de trabalho assinada. O crescimento desse modelo é resultado de décadas de transformações no mundo do trabalho, que possibilitaram o surgimento de termos como trabalhador *just-in-time* — no Brasil de 2021, 40% das pessoas estavam na informalidade do trabalho (ANTUNES, 2022). Trata-se de processo dado pe-

<sup>1</sup> Em termos comparativos, a PNAD considera que os trabalhadores de entrega e transporte por aplicativo representavam (2021) por volta de 6% daqueles que estão na categoria “conta própria” e que, somados à categoria empregado do setor privado sem carteira, resultariam em mais de 32 milhões de trabalhadores no Brasil nesses dois grupos — com carteira assinada, no final de 2022, eram cerca de 43 milhões de brasileiros e 9,3% de desempregados entre uma população economicamente ativa de 107 milhões de pessoas.

la negligência do papel do Estado — de forma mais enfática no período 2016-2022, com a reforma trabalhista — que permite a eliminação dos direitos trabalhistas, levando à opção pela informalidade e precariedade no trabalho (ABÍLIO, 2020). Nesse modelo, o trabalhador não tem mais limites de horas trabalhadas e não há controle de jornada. Logo, possui acentuado descontrole de direitos.

O trabalhador que opta por essa modalidade assume todos os custos e despesas derivadas e necessárias para o trabalho. No caso dos motoristas de aplicativo, os custos envolvem manutenção periódica, combustível e compra ou aluguel do veículo, além da alimentação, dependendo da carga horária “escolhida” pelo trabalhador. Diante desta realidade, as altas no preço da gasolina (Figura 5) provocaram a saída de cerca de 40% dos motoristas de aplicativo das plataformas no mercado catarinense, conforme apontava a Associação de Motoristas de Aplicativo de Santa Catarina (AMASC) — no ano de 2021, em Santa Catarina, eram mais de 80 mil motoristas trabalhando como motoristas de aplicativos, boa parte deles optantes pelo GNV (a AMASC estimou em 50% dos usuários, ou cerca de 40 mil motoristas). Além disso, segundo dados do Denatran, 114.262 usuários de carros emplacados no Estado possuíam Kits GNV instalados nos seus veículos. Enquanto o preço médio da gasolina aumentou, em média, mais de R\$ 2,00 em 2021, conforme dados da ANP (2023), a taxa recebida por cada motorista por corrida das plataformas teve um aumento de apenas R\$ 0,10 no mesmo período, segundo a Amasc. , segundo a Amasc.

Slee (2017) classifica a realidade explicitada acima como uma traição do modelo dos aplicativos, que surgiram baseados em apelo à construção de comunidades sustentáveis e conceitos de liberdade para a promoção do consumo por meios de conexões interpessoais. Contudo, na prática, se transformou em mais uma fonte de renda para investidores no ambiente desregulado do livre mercado, que concentra privilégios — no primeiro quadrimestre de 2023, o Governo Federal (2023-2026) brasileiro formou grupo de trabalho com objetivo de analisar a situação de trabalhadores de aplicativos que visava a criação de regulamentação das atividades de entrega e transporte de empresas como iFood, Uber, 99 e LalaMove, executadas por intermédio de plataformas tecnológicas (SOUSA, 2023), com foco na seguridade social.

Considerando esse contexto, foi feita pesquisa com 32<sup>1</sup> motoristas de aplicativo em Santa Catarina no período compreendido entre outubro de 2021 e janeiro de 2022, dos quais a maior parte (50%) tinha entre 36 e 50 anos, todos do sexo masculino (100%) e auto-considerados brancos (80%), conforme classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Entre os diferentes aplicativos de trans-

---

<sup>1</sup> Esse levantamento de opinião não teve a intenção de dar validade quantitativa à esta pesquisa específica, mas apenas sinalizar um realidade que pode ser verificada de forma qualitativa.

porte de passageiros existentes no Estado, o Uber foi majoritário na pesquisa, com 60% de associação. Também foi maioria entre os pesquisados (40%) aqueles que tem no serviço de transporte individual de passageiros a principal atividade de trabalho (Tabela 2).

Tabela 2 - Atividades de trabalho de motoristas de aplicativo

O serviço de transporte individual de passageiros é sua principal atividade?	Respostas
Sim, atuo apenas como motorista de aplicativo.	42%
Sim, mas tenho outra atividade que também gera renda.	38%
Não, tenho outra atividade mais rentável.	20%

No universo de pesquisados, percebe-se como o transporte de passageiros é parte integrante principal na renda de pelo menos 80% dos motoristas de aplicativos. Mesmo assim, apenas 30% deles estão satisfeitos com a remuneração do serviço, enquanto 70% se considera insatisfeito ou muito insatisfeito. Por conta da baixa remuneração da atividade, a escolha por um combustível econômico é fundamental. Assim, 80% dos pesquisados priorizam o uso do GNV em seus veículos e 75% o escolhem o produto em razão da economia ofertada. A Tabela 3 demonstra a percepção dos motoristas sobre a tarifa do combustível praticada pela SCGÁS nos pontos de venda e nos postos aos usuários, com quase 85% percebendo a forte perda competitiva do GNV, índice considerado importante para um produto que tem como principal argumento de venda o atributo economia.

Tabela 3 - Avaliação sobre a tarifa do GNV

Como você avalia a tarifa do GNV praticada atualmente?	Respostas
Está caro. Mas, ainda é mais vantajoso que gasolina e etanol.	70%
Está caro e é menos vantajoso que gasolina e etanol.	15%
Não se aplica, pois não utilizo o GNV	12%
Considero o custo adequado	3%

Destaca-se que a pesquisa foi realizada em período anterior às últimas variações mais fortes na tarifa do produto em Santa Catarina, dadas inicialmente em janeiro de 2021, quando houve importante aumento médio de 24,56% — outros significativos reajustes do GNV aconteceram também em julho de 2021 (35,86%), janeiro de 2022 (27,03%) e julho de 2022 (41,55%), afetando ainda mais a competitividade do produto, como expõe a Figura 6.

No Estado, a tarifa é reajustada, ordinariamente, duas vezes ao

ano, em janeiro e julho. Neste período (janeiro a julho de 2021), a competitividade do produto frente à gasolina, segundo opção de combustível dos motoristas (Tabela 3), se aproximava de 38%. Apenas 13% dos motoristas pesquisados afirmam que são fiéis ao produto e que não trocariam em nenhuma condição, enquanto 42% responderam que a fidelidade depende do preço em relação aos combustíveis concorrentes. Outros 33% afirmaram que só usam o produto quando o consideram mais vantajoso economicamente.

Diante deste estudo, assume-se que o crescimento do consumo de GNV em Santa Catarina, entre 2016 e 2019 (segundo ciclo de vida), está diretamente ligado à popularização de aplicativos de transporte individual de passageiros, como o Uber. Afinal, a maioria dos motoristas de aplicativo, que rodam grandes distâncias constantemente, utilizam GNV por ser um combustível mais econômico em boa partes dos estágios, levando a um pequeno crescimento da frota (Figura 6).

Um exemplo que apresenta como a uberização influenciou ações comerciais da SCGÁS se materializa na estratégia de oferta na parte insular de Florianópolis, área de gargalo histórico de abastecimento que possuía, até 2020, apenas dois postos de GNV concentrados na região central (Avenidas Mauro Ramos e Paulo Fontes) — como comparativo, a região continental era mais bem servida de opções de abastecimento, com cinco postos em Florianópolis e 15 no município de São José (Figura 7). Embora o caráter de segregação na distribuição sócio-espacial da área conurbada, o interesse turístico pelos balneários (SUGAI, 2022) levou à ampla ocupação do Norte e Leste na parte insular de Florianópolis. Em 2022, o Distrito dos Ingleses, no Norte, possuía uma população estimada de mais de 80 mil pessoas

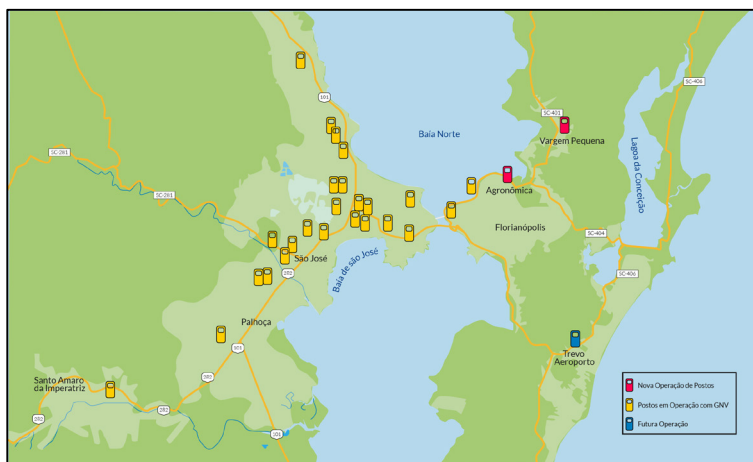


Figura 7 – Postos de GNV em Florianópolis, em 2022

A partir do crescimento do número de motoristas de aplicativo e o potencial aumento de consumo mediante a pressão dos próprios usuários, a SCGÁS passou a abastecer (pontos em vermelho da Figura 7) mais dois postos na Ilha a partir de 2021. Na Avenida Beira-Mar (bairro Agrônômica), o posto passa a atender ao fluxo de veículos que vai em direção às áreas Norte e Leste da cidade. O outro posto, operado pelo modal GNC, na Vargem Pequena (Rodovia José Carlos Daux, a SC-401, rodovia estadual com maior fluxo diário de veículos em Santa Catarina) foi solicitado pelos motoristas de aplicativo que atendem apenas a região Norte da cidade, visando evitar a necessidade de retornar à região central para abastecer seus carros com GNV. Além disso, a empresa de distribuição projeta outra operação de GNC (ponto em azul da Figura 7) em unidade próxima ao trevo que leva ao novo aeroporto internacional (bairro Carianos) e às praias da região Sul da Ilha. Trata-se de exemplo de desenvolvimento da oferta de GNV em espaço urbano, que foge à lógica prevalente da disponibilidade do produto em Santa Catarina, quando a maioria dos postos estão localizados em rodovias estaduais e federais e em vias expressas de acesso aos municípios.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mercado de GNV em Santa Catarina se revela restrito não conseguindo, em mais de duas décadas, manter um ciclo permanente de desenvolvimento. O desempenho do produto no período marca dois destacados e prematuros estágios de declínio (Figura 3; Tabela 1). Seu comportamento, similar à uma curva senoidal, esteve atrelado principalmente ao fator competitividade (Figuras 5 e 6; Tabela 4) e relevava limitação na manutenção de patamares de vendas quando a distância competitiva para a gasolina diminuía — todos os estágios de declínio dos dois ciclos de vida estudados estão associados a esse fator endógeno (tarifas praticadas pela SCGÁS e preços nas bombas dos postos do GNV versus o comportamento de preço da gasolina) e aos períodos de recessão econômica, evidenciados pelos ciclos juglarianos brasileiro (efeito exógeno).

Em relação à oferta do produto ao mercado, a Figura 8 (ANP, 2022; ABEGÁS, 2022) demonstra o longo período de 13 anos de estagnação (55% do tempo em análise), fase esta que coincide com a maturidade (estágio 3) e o declínio (estágio 4) do consumo no primeiro ciclo e em todo o período do segundo ciclo de vida do produto — ou seja, a ausência de efetivos investimentos pela concessionária, em especial no aumento da oferta de disponibilidade do produto, contribuiu para esse acesso restrito identificado pela dimensão deste mercado em diversos índices.

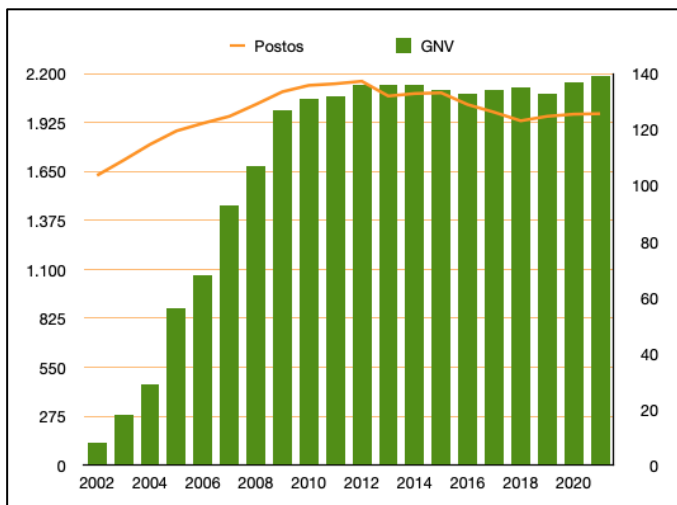


Figura 8 – Número de postos de combustíveis em SC entre 2001-2021

Essa realidade se associa a um importante dado levantando: em 2013, há a descontinuidade do abastecimento da região Oeste catarinense, que era atendida pelo modal GNC, em razão do impacto dos custos logísticos no preço final do produto. Este fato também foi influenciado pela inflexão do preço da gasolina (Figura 5), que achata a diferença competitiva frente ao GNV (2010-2014) e acaba por contribuir com a eliminação de rotas de abastecimento em rodovias importantes, como as BRs 116 e 282 — o insuficiente investimento em novos pontos de oferta se concentra em regiões já abastecidas do litoral, onde há maior concentração histórica de usuários (Figura 1).

Ao analisar os principais índices de desempenho do GNV no Estado<sup>1</sup>, a partir dos dados realizados em 2021, tem-se que o produto representou<sup>2</sup> apenas 0,16% do consumo total entre os três combustíveis que abastecem automóveis<sup>3</sup>; a frota de GNV era de 1,97% do total estadual de veículos leves; os postos que ofertavam o GNV somavam 7,04% do total e estavam presentes em 49 municípios (16,61%) dos 295 do Estado; e o índice de competitividade atingia um de seus piores patamares históricos, com 37,57% de vantagem frente à gasolina.

A Tabela 4 (ANP, 2023) reforça o que a Figura 5 aponta, revelando a forte perda competitiva com a gasolina nos estágios de declínio, em especial, em especial, no segundo ciclo de vida, tomando como base que a SCGÁS utiliza como parâmetro comercial os seguin-

1 Em 2021, em Santa Catarina, foram comercializados 2,839 bilhões de litros de gasolina, 644,6 milhões de litros de etanol e 4,144 milhões de metros cúbicos de GNV.

2 Equivalência: 1 m<sup>3</sup> de GNV = 1,16 litro de gasolina = 1,62 litro de etanol.

3 Em 2021, no Brasil, a gasolina representou 27,51% da produção e 32,04% das vendas entre os derivados do petróleo — só o óleo diesel (50,61%) supera a gasolina nas vendas nacionais.

tes percentuais para a viabilidade do produto: *Price* (relação de preços entre os combustíveis) Gasolina 70% (GNV) e 75% (GNC); e *Price Etanol* 90% (GNV e GNC). Destaca-se que em razão da realidade regulatória catarinense, que considera dois reajustes ordinários semestrais (repassa o custo de aquisição do gás somado ao custo de transporte) e um anual (reajuste da margem de distribuição) das tarifas de gás natural, o GNV na bomba dos postos mantém sazonalidade de preço similar à gasolina e o etanol. Pelo fato do preço ser de livre adoção pelos postos, se opta por acompanhar as oscilações de curto prazo dos combustíveis líquidos como prática de aumento das margens também para o GNV — essa é mais um aspecto que acaba por impactar uma vantagem do gás natural, que era a instabilidade de preços como acontece em outros segmentos (industrial, comercial e residencial).

Tabela 4 – Comportamento do price do GNV versus gasolina e etanol 2011-2022

Estágios	Anos	Price Gasolina	Price Etanol
Maturidade	2011	65,41%	76,10%
	2012	72,24%	82,39%
Declínio	2013	70,34%	83,33%
	2014	72,91%	86,48%
	2015	64,93%	81,79%
Crescimento	2017	53,65%	60,59%
	2018	58,75%	69,35%
	2019	70,27%	80,62%
Maturidade	2020	71,59%	79,21%
	2021	71,34%	79,01%
Declínio	2022	91,92%	105,95%

Outro dado agrava a realidade do produto em razão da sustentação do segundo ciclo de vida ter se dado a partir da informalidade do trabalho (fenômeno da uberização), revelado como um grupo de usuários não sustentável (pela exploração de classe) que coloca fatores de desenvolvimento limitados, pois os usuários não são propícios ao investimento no Kit Gas quando optam por veículos alugados ou mostram uma menor capacidade de investimento quando com veículos próprios<sup>1</sup> — como colocado, eram cerca de 80 mil os motoristas de

<sup>1</sup> Os preços dos Kits Gas de última geração (quinta e sexta gerações) variam entre R\$ 5 mil e 6 mil (instalados e legalizados). Além disso, cada inspeção anual soma cerca de R\$ 300,00. Há ainda uma inspeção especial a cada cinco anos para teste hidrostático, que avalia a integridade do cilindro, com preço médio de R\$ 350,00. Essa realidade de custos adicionais, com os períodos de queda da competitividade do GNV, impõe ao usuário optante pelo produto um prazo de cerca de dois anos para retorno do seu investimento — considerando um veículo que roda 200 km por dia, ao preço médio da gasolina e GNV realizados em Santa Catarina no ano de 2022.



aplicativos em 2021 que trabalhavam em Santa Catarina e, considerando o período de chegada do Uber (2016), pode-se estimar que foram cerca de 24 mil novos usuários (até 2022) que optaram pelo GNV. Ou seja, estima-se que cerca de 30% dos motoristas de aplicativo surgidos no Estado teriam optado pelo produto, índice bem acima do *share* do GNV em relação à frota total, mas ainda insuficiente para suportar uma constante fase ascendente de consumo, como apresentado.

O resultado levantado neste estudo encontra sinergia com o identificado em pesquisa de mercado (POSICIONE, 2011) que apontou, quando do primeiro ciclo de vida do produto, que o principal atributo percebido pelos usuários do GNV e membros de elos importantes da cadeia<sup>1</sup> era a economia. Essa questão reforça a necessidade da competitividade estar presente em cada estágio de desenvolvimento do produto.

Além disso, o combustível apresenta barreiras importantes ligadas a sua aplicação, visto que, embora as gerações de Kit GNV resolveram problemas importantes em relação à potência dos veículos (VOLPATO, 2022), a solução desde a introdução do produto em 2001 não se alterou de forma significativa. Entre os irrefutáveis pontos fracos identificados pelos usuários estão a limitação da autonomia de deslocamento ao se optar apenas pelo GNV; a ocupação de espaço no porta malas para instalação do Kit Gas; a percepção de que a instalação do equipamento altera o funcionamento do veículo; a cobertura limitada de atendimento; a exigência de vistorias constantes do automóvel e equipamento (POSICIONE, 2011); e, mais recentemente, a exigência de apresentação de selo para abastecimento<sup>2</sup> — essa realidade se impõe nos dois ciclos de vida estudados.

A evolução da tecnologia utilizada nos Kits GNV instalados nos veículos também foi uma condicionante que auxiliou o crescimento esporádico desse mercado. Em dezembro de 2021, a frota de Santa Catarina de cerca de 113 mil veículos consumiu, em média, 390.861 m<sup>3</sup>/dia de GNV, o maior valor da história até então. Em janeiro de 2022, o consumo cresceu 4,51% em relação ao mesmo mês do ano anterior mas, de antemão, sinalizava queda acumulada (13,28%) que viria a se ampliar ao longo do ano e, especialmente, no final de 2022 e início de 2023, como apresentado.

Na fase de maturidade do primeiro ciclo, com a chegada do carro *flex*<sup>3</sup>, produto concorrente e entrante, o período de ascensão do GNV sofre estagnação e tem início uma fase de declínio. Quatro fatores principais deste produto contribuem para esse período de crise de

1 Frentistas, donos de oficinas conversão, gerentes de pista de postos, donos de postos de combustíveis etc.

2 A Lei Estadual 16.402/2014 exige que para o abastecimento de GNV em Santa Catarina seja apresentado “Selo de Abastecimento de GNV” válido, conforme modelo definido pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

3 Com possibilidade de uso de gasolina e/ou etanol.

consumo: o primeiro é a percepção do usuário sobre o potencial de economia, ao tempo que passa a ter a opção de escolha sazonal por um dos dois combustíveis líquidos disponíveis; a garantia de fábrica do veículo *flex* com opções de três e cinco anos, inibindo a introdução do GNV nos novos veículos<sup>1</sup>; o investimento em comunicação em prol do etanol, que é um produto nacional, com caráter sustentável e ofertado em toda cadeia de postos; e a necessidade de adaptação tecnológica do Kit GNV aos novos veículos *flex*, que eram uma exclusividade brasileira (VOLPATO, 2022). Em pouco mais de dois anos foram desenvolvidos simuladores eletrônicos que permitissem adaptar a tecnologia de conversão dos veículos *flex* para GNV. Além disso, havia necessidade de se desenvolver mão de obra capacitada para instalar o produto nos veículos (VOLPATO, 2022).

A questão das gerações do Kit GNV é também um importante elemento para entender o produto. A partir da visão *schumpeteriana* (SCHUMPETER, 1923), entende-se que ciclos de crescimento são promovidos por rupturas de inovação (nova ou novíssimas técnicas) que permitem alterar um ciclo descendente. Mesmo que esta seja uma visão macroeconômica, sua analogia pode ser aderente ao GNV. O papel mais destacado da geração de kits se dá em dois principais momentos: na terceira geração (segunda metade da década de 1990) foi aplicada uma grande válvula para fazer o papel de carburador; na quinta geração (início dos anos 2000), surge o kit com injeção eletrônica, períodos de surgimento da nova tecnologia que coincidem com fases de crescimento do produto (volume e conversões) no mercado catarinense (VOLPATO, 2022).

Verifica-se também que a oferta limitada do GNV e o prevalente uso da gasolina se associa à uma realidade, trazida por Mamigonian (1996; 1999), de que a imposição dos oligopólios determina o processo de desenvolvimento tecnológico, o que inclui também novas aplicações energéticas e a tecnologia automotiva. Setores de pequenas e médias empresas possuem como alternativas à submissão aos grandes fornecedores ou à especialização tecnológica.

No caso do GNV a especialização tecnológica não foi realidade. No entanto, a submissão, no caso catarinense, se encontra embutida além do mercado concorrencial e se coloca na própria composição acionária da distribuidora estadual do serviço. Desde a sua fundação, a SCGÁS conta como suas sócias empresas que operam com produção, transporte e distribuição de derivados de petróleo, concorrentes diretos do gás natural. No período de 2000 a 2021, a Gaspetro (que pertencia à Petrobras), que detinha também a BR Distribuidora (empresa que sofreu duas etapas de privatização, uma em 2019 e outra em 2021, e que pertence atualmente à Vibra Energia), fazia a gestão da estratégia

---

1 A instalação do Kit GNV implica perda da garantia do veículo pelos fabricantes, pois interfere nas características originais do carro.

comercial da concessionária catarinense. A partir de 2022, o Grupo Cosan, que também controla a Raízen e outras dezenas de empresas no ramo energético, compra o capital da Gaspetro e passa a comandar a estratégia de mercado da estatal.

Para entender esses resultados, pontua-se que os dados analisados mostram a existência de dois ciclos de consumo bem marcados e a tendência e/ou necessidade de início de um terceiro ciclo ainda no curto prazo. Associando esta análise à teoria dos ciclos econômicos assumidos por Rangel (2012a; 2012b), é necessário destacar, por fim, três momentos que influem direta e indiretamente neste mercado: a crise de 2008, quando a economia global passa a ser afetada a partir da realidade estadunidense, mesmo que com efeitos mais atenuados no Brasil; a importante crise na política nacional de 2014 a 2016, com graves consequências econômicas, entre elas o surgimento do fenômeno da precarização do trabalho, introduzido em um governo transitório e que toma maior espaço de 2019 a 2022; e os efeitos da pandemia, que em determinados meses do ano de 2020 promoveu um processo de recuperação bastante lento para o produto GNV, influenciando na retomada de consumo evidenciada a partir de 2017. Ou seja, são três fases de crises cíclicas importantes no período de mais de 22 anos que se somam à longa fase (1973 até atualmente) recessiva do ciclo longo da economia mundial.

## 6. COMENTÁRIOS FINAIS

Conclui-se que o GNV catarinense pode ser caracterizado como um produto que sofre maior influência exógena, a partir do mercado, do que endógena, por meio dos investimentos e ações estratégicas da distribuidora local e dos demais elos da cadeia (ou forte influência da ausências de investimentos pela concessionária), que se revelaram tímidas no período de estudo. Logo, há um risco importante de dependência do produto (mercado de veículos leves) aos fatores externos. Esta realidade permite ligar um alerta para a sua viabilidade futura em razão da potencial entrada do veículo elétrico e da destacada fragilidade do fenômeno de uberização da economia, mesmo que se reconheça que há um enorme mercado de frotas de veículos pesados que ainda pode ser desenvolvido para o gás natural no país deslocando o diesel.

Destaca-se, ainda, que o produto GNV, subtraindo as pontuais evoluções das gerações dos Kits Gas, pouco se desenvolveu ou sofreu mudanças no período analisado. O produto entrega a mesma solução desde sua introdução em Santa Catarina. Assume-se que esta realidade não é sustentável pelo fato do produto viver uma destacada estagnação em diversos pontos das soluções apresentadas aos usuários,

por meio dos seus atributos, além de forte queda em seus resultados comerciais. O futuro aponta barreiras tecnológicas para a conversão de veículos leves na próxima década e uma potencial migração deste mercado para veículos pesados (caminhões e ônibus) — neste caso, a análise de competitividade frente ao diesel seria necessária.

Como potenciais estudos futuros entende-se que há a oportunidade de verificar se a realidade do GNV identificada em um unidade subnacional brasileira é evidenciada em outros estados, especialmente nos mercados maiores e/ou mais desenvolvidos, como Rio de Janeiro e São Paulo. Como também, pode-se pesquisar quais seriam as soluções tecnológicas disponíveis ou necessárias para os usuários do produto e quais os caminhos possíveis para o fortalecimento das diversas camadas da cadeia do produto, além de fatores estruturais como oferta e competitividade e o próprio papel da indústria automobilística.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEGÁS - Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado. Estatísticas de Consumo. Rio de Janeiro: ABEGÁS, 2022.

ABÍLIO, L. C. Uberização: a era do trabalhador just-in-time. Estudos Avançados, n. 34, v. 98, dez, 2020.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2022. Rio de Janeiro: ANP, 2022.

ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Brasil). Levantamento de Preços de Combustíveis. Rio de Janeiro: ANP, 2023.

ANTUNES, R. (org). Uberização, trabalho digital e indústria 4.0. 1 ed. São Paulo: Boitempo, 2020.

ANTUNES, R.; FILGUEIRAS, V. Plataformas digitais, uberização do trabalho e regulação no capitalismo contemporâneo. Contracampo, v. 39, n. 1, abr-jul, 2020.

ANTUNES, R. Capitalismo pandêmico. 1 ed. São Paulo: Boitempo, 2022.

ESTRELLA, L. M.; ROCHA, I. O.; MARTINS, P. O gás natural catarinense em sintonia com o terceiro ciclo do urbanismo. In: Rio Oil and Gas Expo Conference, n. 458. Rio de Janeiro: IBP, 2022a. Anais.

ESTRELLA, L. M.; KLEINEBING, F.; ROCHA, I. O. O novo ciclo de vida do GNV em Santa Catarina: antigos desafios e o contexto da uberização. In: Rio Oil and Gas Expo Conference, n. 459. Rio de Janeiro: IBP, 2022b. Anais.

ESTRELLA, L. M. Gás Natural em Santa Catarina: uma análise crítica da concessão do serviço. 1 ed. Florianópolis: Instituto Ignacio Rangel, 2023.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil). Pesquisa. Frota de Veículos: Santa Catarina. Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

LEVVIT, T. Exploit the product life cycle. Harvard Business Review, n. 43, 31 dec. 1965.

MAMIGONIAN, A. O pensamento de Ignácio Rangel. Geosul, v. 2, n. 3, jan-jul, 1987.

MAMIGONIAN, A. A geografia e a formação social como teoria e como método. In: SOUZA, Maria Adélia Aparecida de (org). O mundo do cidadão, um cidadão do mundo. São Paulo: Hucitec, 1996.

MAMIGONIAN, A. Kondratiev, ciclos médios e organização do espaço. Geosul, v. 14, n. 28, jul-dez, 1999.

POSICIONE - Pesquisa de Mercado. Pesquisa segmento automotivo de gás natural. Relatório. fev. 2011. 223 p.

RANGEL, I. M. Obras Reunidas. v. 1. 2 ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012a.

RANGEL, I. M. Obras Reunidas. v. 2. 2 ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2012b.

SCGÁS - Companhia de Gás de Santa Catarina. Relatório de vendas: GN Segmentos. Florianópolis: SCGÁS, abr. 2023.

SCHUMPETER, J. A. Business Cycles: a theoretical, historical, and Statistical analysis of the capitalist process. v. 1. 1. ed. New York: McGraw-Hill Book Company, 1923.

SLEE, T. Uberização: a nova onda do trabalho precarizado. 1 ed. São Paulo: Elefante, 2017.

SOUSA, A. Grupo para regulamentar trabalhos por aplicativo é regulamentado por Lula. Diário do Centro do Mundo, 1 maio. 2023. Política. Disponível em < <https://www.diariodocentrodomundo.com.br/grupo-para-regulamentar-trabalho-por-aplicativos-e-criado-pelo-governo-lula/>>.

SUGAI, Maria Inês. Segregação silenciosa: investimentos públicos e distribuição sócio-espacial na área conturbada de Florianópolis. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 244. 2002.

VIEIRA, Maria Graciana Espellet. Formação social brasileira e geografia: reflexões sobre um debate interrompido. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geociências do Centro de Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 144. 1992.

VISION GAS - Núcleo de Estudo, Pesquisa e Observatório de Gás Natural. Repositório. Florianópolis: NEPO, 2023.

VOLPATO, Layon. (2022). O mercado de Kits GNV em Santa Catarina. Entrevista concedida a Leonardo Mosimann Estrella. Google Meet, Florianópolis, abr. 2022.

## INTEGRAÇÃO BIM-BES PARA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA EDIFICAÇÃO ESCOLAR NO BRASIL

Luísa Lopes de Freitas Guilherme<sup>1</sup>  
Ana Carolina Fernandes Maciel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Uberlândia

DOI: 10.47168/rbe.v29i3.811

### RESUMO

O setor da construção civil impacta expressivamente o consumo energético mundial, de recursos naturais e as emissões de carbono na atmosfera. Enquanto as tecnologias têm se tornado cada vez mais eficazes, as alterações nos hábitos de consumo, aliado à redução nos investimentos e das políticas públicas, tornam a questão energética crítica no cenário mundial e brasileiro. O desenvolvimento de edificações com menor consumo energético se apresenta como desafio na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção Civil (AEC) diante dos novos padrões de consumo, assim como as avaliações energéticas, uma vez que para análises são interligados diferentes parâmetros como sistema de iluminação, ventilação natural, ar-condicionado (HVAC) e envoltórias. Sob essa perspectiva, a integração da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) com a metodologia BES (*Building Energy Simulation*) surge como potencializadora em estudos energéticos, uma vez que, a partir da modelagem parametrizada é possível estudar diferentes soluções projetuais, estimando as necessidades de uma edificação e auxiliando nos processos de certificação. Esta pesquisa objetivou avaliar a eficiência energética de uma edificação escolar utilizando a metodologia BIM aliada a metodologia BES, por meio de um estudo de caso na edificação intitulada Bloco 5T, localizada na Universidade Federal de Uberlândia, Brasil. As simulações energéticas foram realizadas a partir dos softwares Revit® e DesignBuilder® a fim de obter etiquetagem de acordo com as diretrizes do manual INI-C (INMETRO). Como resultado, conforme o INI-C, a classificação de eficiência energética do Bloco 5T foi Classe A, sendo 72% mais eficiente do que o limite inferior da etiqueta, conceituando assim como uma edificação eficiente energeticamente. Observou-se diversas lacunas de interoperabilidade entre os programas utilizados, ainda que a metodologia adotada tenha se demonstrado satisfatória para análises de eficiência energética.

Palavras-chave: Eficiência energética; BIM; BES; Simulação energética.

## ABSTRACT

The civil construction sector impacts significantly the world's energy consumption, natural resources and carbon emissions into the atmosphere. While technologies have become increasingly effective, changes in consumption habits, combined with a reduction in investments and public policies, make the energy issue critical in the world and in the Brazilian scene. The development of buildings with lower energy consumption is presented as a challenge in the Architecture, Engineering and Civil Construction (AEC) industry in face of new consumption patterns, as well as energy certifications, since different parameters are interconnected for analysis, such as the lighting system, natural ventilation, air conditioning (HVAC) and envelopes. From this perspective, the integration of BIM (Building Information Modeling) methodology with the BES (Building Energy Simulation) methodology emerges as a potentiator in energy studies, since, based on parameterized modeling, it is possible to study different design solutions, estimating the needs of a building and assisting in the certification processes. The purpose of this research was to evaluate the energy efficiency of a school building using BIM methodology combined with BES methodology, through a case study in the building entitled Bloco 5T, located at the Federal University of Uberlândia, Brazil. Energy simulations were carried out using Revit® and DesignBuilder® software to obtain labeling in accordance with the guidelines of the INI-C manual (INMETRO). As a result, according to INI-C, the energy efficiency rating of Block 5T was Class A, being 72% more efficient than the lower limit of the label, being considered as an energy efficient building. Several interoperability gaps were observed between the softwares used, even though the adopted methodology proved to be satisfactory for energy efficiency analyses.

Keywords: Energy efficiency; BIM; BES; Energy simulation.

## 1. INTRODUÇÃO

O consumo energético é um fator de relevância no estudo das edificações, uma vez que aproximadamente 40% da demanda energética na Europa ocorre em edificações, enquanto a demanda do setor industrial é de cerca de 30%. Ainda, em 2021 cerca de 37% das emissões de CO<sub>2</sub> na Europa ocorreram no segmento identificado como *buildings*. No Brasil, os setores industrial e residencial são os maiores consumidores de energia elétrica, correspondendo a 37,4% e 26,4%, respectivamente (BEN, 2022).

A crise energética provocada pela guerra entre a Ucrânia e a Federação Russa tornou o cenário mundial crítico, visto que aumentou



a insegurança de suprimento energético e inflacionou os preços de energia. A pandemia da COVID-19 reduziu o avanço dos esforços para eficiência energética, mas mesmo antes de seu início essas iniciativas já estavam enfraquecidas. As questões climáticas também favorecem o aumento do consumo de energia, visto que eventos extremos e dias mais quentes levam ao aumento do uso de sistemas HVAC (*Heat, Ventilation and Air-conditioned*). O investimento em eficiência energética ainda é a melhor alternativa para garantir o acesso a sistemas de climatização, aumentar a segurança energética e minimizar os efeitos das mudanças climáticas (IEA, 2023).

O setor industrial representa muito do consumo energético brasileiro e mundial, e nele a maior eficiência depende da melhoria de motores e máquinas (LAMBERTS et al., 2014). Já nos setores residencial, comercial e público, por sua vez, cabe a atuação do profissional projetista para aumentar a eficiência energética de edificações. Halawa et al. (2018) mencionam que por meio do estudo arquitetônico é possível potencializar o desempenho térmico e, conseqüentemente, energético da edificação, investigando seu *design* e as condições climáticas nas quais está inserida. Acrescido a isso, a maior parte dos custos envolvidos na ocupação e manutenção das edificações ao longo do ciclo de vida corresponde a aproximadamente três ou quatro vezes o custo inicial da construção, sendo que parte deste custo se relaciona com o consumo energético (DAVIS, 2013).

Sob essa perspectiva, o *Building Information Modeling* (BIM) surgiu como uma tecnologia revolucionária na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção Civil (AEC), por ser uma metodologia de melhoria da qualidade da edificação, que aliada ao *software Building Energy Simulation* (BES), torna possível simular e avaliar o desempenho térmico e energético, e ainda auxiliar na obtenção de certificados ambientais (PEREIRA et al., 2021). Além disso, a partir de uma modelagem paramétrica é possível analisar diferentes soluções, facilitando processos de *retrofit* que atendam aos critérios de sustentabilidade. Dessa forma, a partir de simulação é possível garantir o entendimento do desempenho energético da edificação e obter resultados da interação dos seus elementos aliados ao clima e a envoltória (SORGATO et al., 2014).

Com o aumento dos impactos ambientais devido ao uso dos recursos energéticos, diversas regulamentações foram estabelecidas a fim de que se reconheça a importância da eficiência energética, disseminando programas e ações. Entre essas, destaca-se o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), regulamentação internacional, e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), regulamentação brasileira.

O LEED é uma regulamentação internacional para certificação

ambiental, cujo objetivo é orientar e incentivar projetos e a operação de edificações com foco na sustentabilidade. É utilizada em mais de 160 países e possui quatro tipologias. Há pré-requisitos, isto é, ações obrigatórias para a certificação, sendo as ações focadas em melhoria de desempenho (GBC BRASIL, 2023).

No Brasil, em substituição e para aperfeiçoamento do antigo Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível da Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), publicou-se em 2018 a Instrução Normativa do INMETRO (INI-C), que estabelece critérios e métodos para a classificação quanto à eficiência energética de edificações comerciais, de serviços e públicas, a fim de se obter a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). O INI-C define a etiqueta da edificação considerando o grupo climático em que está localizada, bem como sua tipologia, sendo essas classificadas em: escritórios, educacionais, hospedagem, hospitalares, varejo-comércio, varejo-mercado, alimentação e gerais (INMETRO, 2021).

Esta pesquisa visou aplicar a integração BIM-BES em um estudo de caso, para verificar a classificação da eficiência energética de uma edificação pública e escolar: bloco 5T, localizado na Universidade Federal de Uberlândia, no campus Santa Mônica, seguindo as diretrizes propostas pela normativa INI-C vigente.

## 2. FLUXO BIM-BES PARA ANÁLISES ENERGÉTICAS

Foi realizada uma revisão da literatura a respeito da temática e nesta seção são apresentadas as considerações dos diferentes autores sobre a aplicação do fluxo BIM-BES para simulações energéticas. O BIM surgiu como uma metodologia de representação digital e parametrização das edificações, sendo também um ponto de comunicação entre as disciplinas de arquitetura, engenharia, construção e gerenciamento de informações ao longo de seu ciclo de vida (YANG et al., 2022). Nas últimas décadas a metodologia tem sido utilizada na construção civil, principalmente para o desenvolvimento de projetos, melhoria da comunicação entre os diferentes profissionais e para minimizar as dificuldades para se alcançar maior eficiência (PORSANI et al., 2021).

Para Porsani et al. (2021), o BIM se consolidou como um elo entre o ambiente digital e o ambiente físico, otimizando e controlando as informações desde a fase de projeto até a manutenção das edificações (LANGE, 2017). Também se tornou uma tecnologia de relevância para a avaliação de eficiência energética, visto que pode armazenar dados como consumo energético de sistemas, agenda de ocupação de equipamentos e ambientes, e melhorar a qualidade das edificações (PEREIRA et al., 2021).

Tendo em vista o potencial da metodologia na indústria AEC,

estudos foram desenvolvidos visando sua aplicação aliada a outras tecnologias, dentre as quais o BES, focado nas análises energéticas. Pan et al. (2017) afirmam que o processo de análise energética das edificações em *softwares* BES pode ser realizado mediante três perspectivas. A primeira é a perspectiva convencional, na qual o usuário importa um modelo 3D para um *software* de simulação de energia, em que as informações volumétricas e dados energéticos (zonas, sistema HVAC, tipo de ocupação, etc.) são inseridos nos *softwares* de análises, e na sequência são gerados os resultados da simulação.

A segunda perspectiva é utilizar *softwares* ditos *all-in-one*, como o DesignBuilder®. Nessa, o usuário pode definir a geometria, os dados energéticos de cada elemento e o espaço da edificação no *software* BES. E, por fim, a terceira perspectiva, escolhida para o estudo, é a da utilização de ferramentas com a metodologia BIM para criar a envoltória construtiva e o modelo analítico de energia e, por meio dos formatos de interoperabilidade, exportar para o *software* de simulação.

Nesse último caso o BIM facilitaria e agilizaria a criação dos modelos analíticos de energia, armazenando informações essenciais para a simulação (CHON et al., 2016) e permitindo a compreensão da interação de cada ambiente com o consumo energético. O BES é uma ferramenta inerente para identificar oportunidades de redução do consumo energético das edificações.

Segundo Pereira et al. (2021) os *softwares* BIM mais utilizados para estudos de análises termo energéticas por meio do fluxo BIM/BES são: o Revit, Archicad, Allplan e Edificius, ao passo que entre os *softwares* BES, para Ka'bi (2020) e Sanhudoa et al. (2018), os mais utilizados são o Ecotec, Energyplus, GBS, IES-ve, DesignBuilder, IDA-ICE, eQUEST, TRNSYS, Riuska e Vip-Energy.

Contudo, ainda há complicações de interoperabilidade entre aplicativos BIM e BES, dificultando a troca de informações para as análises de eficiência energética. Isto é, não existe uma troca de informações fluida, visto que há obstáculos e perda de informações essenciais dos dados de entrada na passagem entre aplicativos (BRACHT, 2021), sendo esse um dos principais fatores limitantes na consolidação do fluxo BIM-BES na indústria AEC (SHEHZAD et al., 2021).

A fim de reverter a restrição, foram desenvolvidos diferentes formatos para facilitar a troca de dados: Industry Foundation Class (IFC) e Green Building Extensible Markup Language (gbXML) são os principais padrões abertos (DIMITRIOU et al., 2016), além de outros padrões, como *hipertext markup language* (HTML), *extensible hypertext markup language* (XHTML), e o *building construction extensible markup language* (bcXML). O IFC é o principal protocolo usado e seu principal objetivo é permitir a troca de dados ao longo do ciclo de vida das edificações (BRACHT et al., 2021), contudo, tornou-se muito com-

plexo e abrangente. Os principais empecilhos desse formato, para Ying e Lee (2019), são não suportar certas transferências, bem como a perda de algumas informações essenciais para a avaliação da eficiência energética, tais como localização da edificação em estudo, zonas térmicas, dados climáticos e outros aspectos fundamentais.

Como alternativa, surgiu o Model View Definition (MVD) criado pela indústria buildingSMART® para suportar a definição de requisitos personalizados de troca de dados. Porém, a principal limitação desse formato é que os *softwares* BIM ainda não suportam MVD e versões mais recentes do IFC (BRACHT et al., 2021). Dessa forma, para troca de dados entre BIM e BES o mais recomendado é o gbXML na realização de análises e simulações.

O gbXML foi desenvolvido em 1999 pelo Green Building Studio (GBS) e tem por objetivo facilitar a exportação de dados entre BIM (Revit®) e aplicativos de análises energéticas (BES). Além disso, é uma linguagem computacional que permite o compartilhamento de informações entre *softwares* com poucas interferências e alterações, facilitando o uso de tecnologias de construção responsáveis ambientalmente (MOON et al., 2011). Esse formato é o mais utilizado nos estudos de desempenho térmico e energético, visto que vários *softwares* BIM e BES o reconhecem dentro de suas interfaces (DONG, 2007).

Dessa forma, tendo em vista as considerações dos diferentes autores sobre a potencialidade do fluxo BIM-BES para as análises energéticas, essas metodologias foram utilizadas neste estudo, tendo como representante BIM o *software* Revit, e representante BES o *software* DesignBuilder®. Ainda, foi utilizado o formato .gbXml para a troca de informações.

### 3. METODOLOGIA

Este estudo visou aplicar a integração BIM-BES em um estudo de caso, com a análise de eficiência energética de uma edificação escolar localizada na Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, e para isso, foram seguidas as diretrizes propostas pela instrução brasileira INI-C, do INMETRO.

Fez-se necessário, primeiramente, uma modelagem arquitetônica simplificada da edificação, em um *software* BIM, e como escolha foi utilizado o Autodesk Revit®. Na sequência, foram configurados os diferentes materiais que compõem a edificação, obtenção do arquivo climático, definição e configuração de cada espaço e zonas do sistema HVAC, agenda de ocupação e cargas internas.

Com base nas instruções presentes na normativa brasileira INI-C faz-se necessário a modelagem de uma edificação de referência, que deve possuir a mesma geometria da edificação na condição real,

entretanto, diferenciando-se na inserção de alguns parâmetros de entrada padronizados pela normativa, a fim de se obter uma edificação de classificação D.

Após a configuração, o modelo analítico foi gerado e exportado em .gbxml. Na sequência, o arquivo foi aberto no software BES e os parâmetros configurados no modelo BIM foram verificados integralmente antes de iniciar as simulações energéticas. As etapas adotadas nesta metodologia pode ser visualizada na Figura 1.

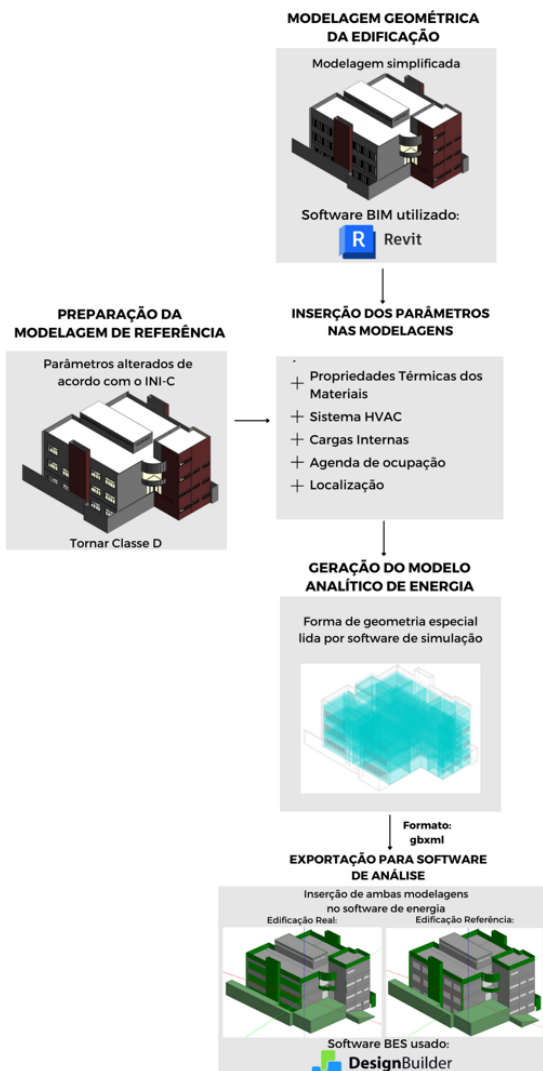


Figura 1 – Fluxograma da metodologia aplicada para a simulação dos modelos

### 3.1 Escolhas dos softwares

Os *softwares* escolhidos para desenvolver esta pesquisa foram o Autodesk Revit® e o DesignBuilder®. A escolha do *software* BIM Revit® decorreu da licença estudantil gratuita, e a do *software* BES DesignBuilder® devido aos resultados dos estudos realizados no grupo de pesquisa MOBI<sup>1</sup>, com objetivo na análise da transferência de dados em *software* BES por meio de um estudo de caso com três modelos distintos, sendo esses uma residência unifamiliar de 58m<sup>2</sup>, de geometria simples, e duas edificações escolares de geometria complexas.

Os resultados dos estudos de caso do Grupo MOBI demonstraram que a melhor interoperabilidade BIM-BES, nos diferentes quesitos analisados, foi com o Design Builder®, tendo sido analisados além deste o e-QUEST e o IES-VE. Com isso, foi escolhido o *software* de melhor integração BIM-BES, no qual foi possível simular e fazer as análises energéticas necessárias para esta pesquisa.

### 3.2 Estudo de caso

A edificação analisada, denominada Bloco 5T, consiste no Instituto de Laboratórios de Física e Química, localizado na Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, e conta com laboratórios, sala de professores e sala de técnicos para realização dos experimentos de Física e Química. A edificação contém área aproximada de 567 m<sup>2</sup> em três pavimentos, sendo esses: subsolo, térreo e primeiro pavimento. A modelagem arquitetônica é apresentada na Figura 2.

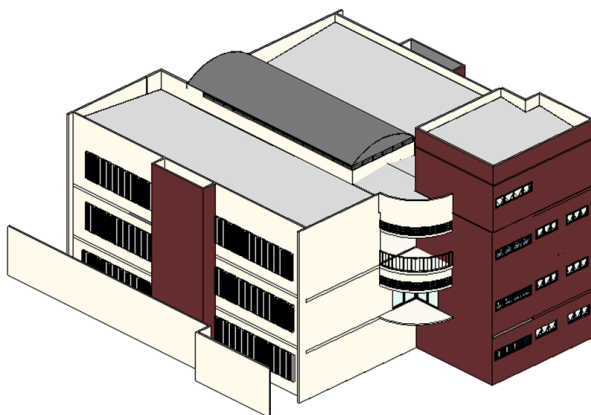


Figura 2 – Modelagem 3D arquitetônica do Bloco 5T localizado na Universidade Federal de Uberlândia

<sup>1</sup> Grupo MOBI – Grupo de pesquisa focado em Modelagem Baseado em Informação do Laboratório Informa 3D UFU.

### 3.3 Parâmetro de entrada

Os parâmetros de entrada são todas as variáveis inseridas no modelo, necessárias para a simulação energética nos *softwares* BES. Os dados inseridos seguem os mesmos critérios estabelecidos em um estudo prévio realizado pelo grupo MOBI UFU, cujo objetivo foi analisar a interoperabilidade entre *softwares* BIM e BES. Os parâmetros configurados foram: localização, propriedade térmica dos materiais, dados de uso e ocupação, ganhos de calor interno e sistema HVAC.

A localização foi georreferenciada no programa BIM, no *campus* Santa Mônica, Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, com latitude e longitude -18,42 e -48,28, respectivamente.

Como o objeto de estudo localiza-se no Brasil e, consequentemente, faz-se uso de técnicas construtivas brasileiras, os índices de propriedades térmicas de cada material e componente construtivo seguiram a normativa brasileira vigente, ABNT NBR 15220-2:2005, e são apresentados na Tabela 1. Nesta norma determinam-se todos os procedimentos para cálculo das propriedades térmicas dos elementos construtivos, bem como são apresentados parâmetros como densidade, condutividade térmica, calor específico, absorvância e emissividade de alguns materiais.

Tabela 1 - Camadas e propriedades térmicas dos materiais construtivos atribuídos no Revit®

Sistema	Material	Espessura	$\lambda$	c	$\rho$
		(mm)	(W/m/K)	(J/kg/C°)	(kg/m³)
Paredes <sup>1</sup>	Argamassa	25	1,15	1000	2000
	Bl.Cerâmico	90	0,9	920	1600
	Argamassa	25	1,15	1000	2000
Piso Subsolo <sup>2</sup>	Cerâmica	10	0,9	920	1600
	Contrapiso	20	1,15	1000	2200
	Camada reguladora	100	1,75	1000	2200
Laje Treliçada	Azulejo cerâmico <sup>4</sup>	varia	1,2	850	2000
	Camada reguladora	varia	1,75	1000	2200
	Capeamento de concreto	varia	1,75	1000	2200
	Enchimento de EPS	varia	0,04	1420	35
Esquadrias alumínio e vidro <sup>2</sup>	Vidro liso incolor	—	1	880	2500
Porta Madeira <sup>2</sup>	Madeira Compensada	—	230	880	2700
Cobertura <sup>2</sup>	Telha termoacústica	10	0,9	920	1300
Forro <sup>3</sup>	Poliestireno	20	0,035	1420	25
	Fibra mineral	16	0,053	960	183

Notas: <sup>1</sup> sistema construtivo equivalente a um bloco cerâmico de oito furos, conforme Weber et al. (2018)

<sup>2</sup> Conforme NBR 15220.2(2005)

<sup>3</sup> Conforme Weber et al. (2018)

Quanto ao uso e ocupação de cada ambiente, determinou-se a quantidade de alunos permitida pela universidade, na qual o bloco está localizado, em uma disciplina, que é de 40, sendo possível uma ampliação da turma em até 10% para adequar os repetentes. Assim, para as salas dos laboratórios de Física e Química adotou-se um valor máximo de 44 pessoas de acordo com os horários de aula do Instituto de Física e Química, considerando períodos matutino, vespertino e noturno. A partir disso, e seguindo as diretrizes da norma ASHRAE 55 (2020), foram definidas as porcentagens de ocupação (ver Figura 3, baseada em DesignBuilder, 2022).

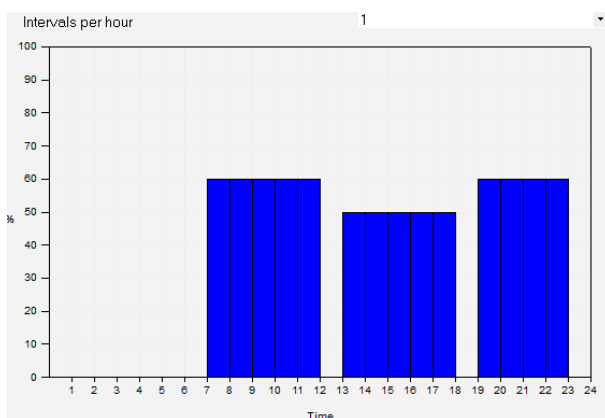


Figura 3 – Configuração de agenda de ocupação obtida no DesignBuilder

Para os demais espaços, como banheiros e átrio, mantiveram-se os valores padrão de número de pessoas para os respectivos espaços definidos pelo próprio programa, que segue os parâmetros da ASHRAE 90.1.

Quanto às cargas internas, os valores utilizados foram os da definição dos espaços do próprio programa, mas, devido às limitações dos *softwares* e da transferência de dados, esses valores já eram pré-configurados e não permitiam alterações. Dessa forma, configurou-se, dentro dos softwares, as situações “*Light office work/Standing/Walking*”, que corresponde as atividades mais semelhantes às salas de aula.

A partir de visitas in loco, verificou-se a potência das lâmpadas de cada ambiente, bem como a presença de equipamentos como ares-condicionados, computadores e impressoras. Nos ambientes que possuíam sistema HVAC foi checado o COP, isto é, o coeficiente de performance, de cada aparelho. Ainda, o sistema foi configurado no



Revit como gás dividido/compactado residencial 14 SEER/0.9 afue<5,5 t, visto que é a configuração que melhor representa o sistema utilizado no local, ar *split* com gás.

### 3.4 Método para determinação da eficiência energética

A classificação geral da edificação quanto a eficiência energética, conforme a INI-C, é baseada no consumo de energia primária. Esse é definido pelo consumo de energia elétrica estimado, multiplicado por um fator de conversão ( $F_{ce}$ ). Dessa forma, a partir dos resultados de simulação das edificações, os consumos de ambas (real e referência) são convertidos, conforme as Equações 1 e 2.

$$CEP,real = (CEE,real \cdot f_{CE}) + (CET,real \cdot FCT) - (GEE \cdot f_{CE}) \quad (1)$$

Sendo,

$CEP,real$  = consumo de energia primária da edificação real (kWh/ano)

$CET,real$  = consumo de energia térmica da edificação real (kWh/ano)

$GEE$  = energia gerada por fontes locais de energia renovável (kWh/ano)

$f_{CE}$  = fator de conversão de energia elétrica em primária

$$CEP,ref = (CEEref \cdot f_{CE}) \quad (2)$$

Sendo,

$CEP,ref$  = consumo de energia primária da edificação de referência (kWh/ano)

$CEE,ref$  = consumo de energia térmica da edificação de referência (kWh/ano)

$f_{CE}$  = fator de conversão de energia elétrica em primária

Por não possuir sistema de aquecimento e geração local de energia renovável na edificação, desconsiderou-se o cálculo das cargas térmicas e do consumo de energia elétrica renovável para este estudo.

Conforme a normativa INI-C, o fator de forma (FF) relaciona-se com as proporções da edificação e é calculado por meio da razão entre a área da envoltória e o volume total da edificação. Definido o FF e o grupo climático (GC10), verificado no Anexo G para diferentes cidades

brasileiras, obtém-se o coeficiente de redução do consumo de energia primária ( $CRC_{EPD-A}$ ) da classificação D para a classificação A pelas Tabelas do Anexo A do INI-C.

Dessa forma, a partir das equações apresentadas na Tabela 2, são sintetizados os parâmetros necessários para o cálculo dos consumos limites para cada etiqueta.

Tabela 2 - Resultados dos parâmetros necessários para a classificação da eficiência energética conforme o INI-C

Parâmetro	Real	Referência (D)	Unidade
FCE	1,6	1,6	Adimensional
$CRC_{EPD-A}$	50,925		kWh/ano
FF (fator de forma)	0,3828		Adimensional

Tendo calculado a variável ( $CRC_{EPD-A}$ ) e o parâmetro  $C_{EP,ref}$ , obtido pela Equação 2, é possível estimar o intervalo (i), por meio da Equação 3, sendo este utilizado na determinação dos limites superiores e inferiores de cada classe de eficiência energética, conforme Tabela 3 (INI-C, 2021).

$$i = \frac{C_{EP,REF} * C_{RCEPD} - A}{3} \tag{3}$$

Tabela 3 – Limites dos intervalos das classificações de eficiência energética

Classif. de eficiência	A	B	C	D	E
Limite superior	-	$> C_{EP,ref} - 3i$	$> C_{EP,ref} - 2i$	$> C_{EP,ref} - i$	$> C_{EP,ref}$
Limite inferior	$\leq C_{EP,ref} - 3i$	$\leq C_{EP,ref} - 2i$	$\leq C_{EP,ref} - i$	$\leq C_{EP,ref}$	-

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Atendendo as diretrizes do manual INI-C, dois modelos foram criados, configurados e simulados para comparação de consumos energéticos: Edificação Real (Figura 4, a esquerda) e Edificação de Referência (Figura 4, a direita).

A Edificação de Referência corresponde, conforme as diretrizes da INI-C, a edificação real com algumas características alteradas de acordo com a tipologia contida no anexo A, para tornar a classificação dessa em etiqueta D.

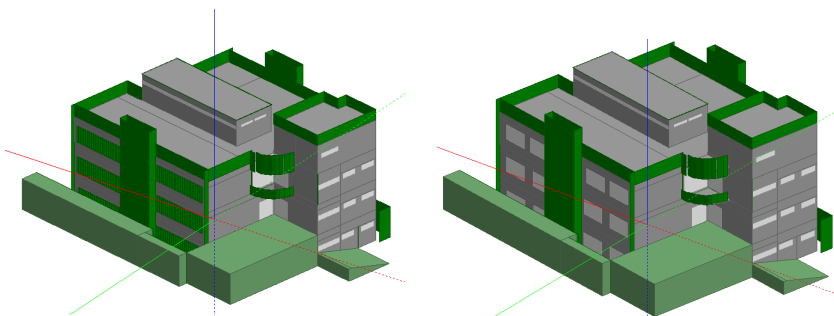


Figura 4 – Representação do Bloco 5T na condição real (a esquerda) e referência (a direita) no *software* DesignBuilder®

Na Tabela 4 são apresentados os resultados dos parâmetros necessários para determinação dos consumos limites de cada etiqueta.

Tabela 4 - Resultados dos parâmetros necessários para a classificação da eficiência energética conforme o INI-C

Parâmetro	Real	Referência (D)	Unidade
CEP (consumo de energia primária)	54.283,17	110.602,44	kWh/ano
CEE (Energia gerada por fontes locais renováveis)	-	-	kWh/ano
FCE	1,6	1,6	Adimensional
i (intervalo)	18.286,27		kWh/ano

Conforme os resultados obtidos nas simulações tem-se que o consumo de energia elétrica da Edificação Real é de 54.283,17 kWh/ano, enquanto o consumo da Edificação de Referência foi de 110.602,44 kWh/ano, correspondendo a 103% do consumo da Edificação Real.

A partir do consumo primário da Edificação de Referência e a redução do consumo de energia primária, resulta o intervalo (i) que, comparado ao consumo energético primário real, indica a classificação de eficiência energética, apresentada na Tabela 5. Com os cálculos a edificação real ficou com  $C_{EP\text{real}} = 86.853,07$  kWh/ano, enquanto a edificação referência ficou com  $C_{EP\text{referência}} = 176.963,90$  kWh/ano.

Tabela 5 - Limites superior e inferior de cada classe de eficiência

Classe da eficiência	Limite Superior (kWh/ano)	Limite Inferior (kWh/ano)
A	-	122.105,09
B	122.105,09	140.391,36
C	140.391,36	158.677,63
D	158.677,63	176.963,90
E	176.963,90	-

Dessa forma verificou-se que o consumo de energia da Edificação Real (86.853,07 kWh/ano) é 75% melhor que o limite inferior da etiqueta A, 122.105,09 kWh/ano, ou seja, a Edificação Real analisada, Bloco 5T, do Campus Santa Mônica, da Universidade Federal de Uberlândia, foi classificada como eficiência energética A, conforme parâmetros do INI-C.

## 5. CONCLUSÃO

Este estudo visou a análise da eficiência energética de uma edificação pública escolar utilizando a integração das metodologias BIM e BES, e como essa combinação pode auxiliar nas análises de sustentabilidade ambiental. Por meio de um estudo de caso no Bloco 5T na Universidade Federal de Uberlândia, Brasil, avaliou-se o desempenho energético a partir dos programas Revit® e DesignBuilder® para se obter a etiquetagem de acordo com as diretrizes do manual INI-C do INMETRO.

As considerações de diferentes autores revelaram a importância do estudo das edificações e dos parâmetros que contribuem para a melhoria da eficiência energética. A integração BIM-BES surge como possibilidade de realizar avaliações energéticas fidedignas, estimando as necessidades das edificações. Embora a combinação das metodologias seja benéfica, as falhas de interoperabilidade entre programas ainda não foram totalmente solucionadas, mesmo após diversas pesquisas nesse tópico ao longo dos últimos anos. Importante ressaltar que, apesar das lacunas encontradas neste quesito, é possível sanar as limitações de transferência entre os *softwares*.

Uma das soluções encontradas foi a simplificação da geometria para fins de transferência de dados, por meio do protocolo .gbxml. Quanto mais complexa for a geometria a ser analisada (presença de átrios, *sheds*, etc.), maior o nível de simplificação a ser adotado, isso porque a geometria complexa tende a ser desconstruída na transferência entre BIM e BES.

Entre os programas Revit® e DesignBuilder®, a transferência

da geometria simplificada e das propriedades térmicas pode ser classificada como bem-sucedida. Todos os parâmetros configurados foram comparados, verificados e validados. Para alguns dados foi necessária a reconfiguração dentro da plataforma BES, como sistema HVAC, cargas térmicas e localização, para que a simulação energética tivesse êxito. Desse modo, pode-se concluir que o fluxo BIM-BES ainda não é explorado em sua potencialidade na indústria AEC, sendo necessárias intervenções no aplicativo BES escolhido. Portanto, é relevante afirmar que melhorias, pelas desenvolvedoras, nos protocolos de interoperabilidade e mais estudos em torno da temática, a fim de solucionar de forma definitiva os desafios encontrados, são necessários, inclusive para que o tempo dispendido nessas correções seja reduzido, ou até mesmo eliminado.

Como resultado energético, o Bloco 5T apresentou, mesmo após 10 anos de sua inauguração, ótimo desempenho energético, sendo classificado com etiqueta A de eficiência energética, segundo as instruções do INI-C. A utilização de ar-condicionado classe A, lâmpadas LED em todos os ambientes e um estudo adequado da envoltória são indicativos deste resultado.

Frente às problemáticas energéticas e às questões climáticas, o BIM se apresentou como alternativa ideal na busca por soluções eficientes na indústria AEC, visto que, tanto nas etapas conceituais quanto no fim da vida útil das edificações, possui a capacidade de aferir e intervir nos níveis de eficiência energética. O mercado da construção civil visa projetos rápidos e com baixo custo, e por isso, muitas vezes as questões de desempenho energético não são levadas em consideração, resultando em desperdícios econômicos, consumo energético exacerbado, baixo desempenho térmico e desconforto do usuário, indo em oposição à construção de ambientes mais sustentáveis.

Conclui-se que é de extrema relevância mais investigações e estudos de casos que avaliem o potencial econômico e ambiental da utilização de modelagens energéticas, a fim de convencer não somente projetistas como também integrantes da indústria AEC, de forma ampla, a adotar o fluxo BIM-BES nas construções, manutenção e reformas das edificações. Com isso, a utilização combinada das duas metodologias será ampliada e consolidada, comprovando a proposição de soluções econômicas e corroborando na construção de edificações ambientalmente mais sustentáveis.

Apesar deste estudo ser uma análise de eficiência energética, a partir de um estudo de caso utilizando o fluxo BIM-BES, a metodologia empregada não se limita a esse tipo de estudo, sendo possível obter resultados de emissão de carbono, consumo de água quente, análise de desempenho térmico, entre outros. Portanto, recomenda-se, como sugestão para trabalhos futuros, a aplicação da metodologia em outros tipos de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRACHT, M. K.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. A metamodel for building information modeling-building energy modeling integration in early design stage. *Automation In Construction*, [S.L.], v. 121, p. 103422, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103422>.

BRASIL. MINISTÉRIO DA ECONOMIA. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, Qualidade e Tecnologia. Portaria Nº 42, de 24 de fevereiro de 2021. Brasília, DF, 24 fev. 2021. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002707.pdf>. Acesso em: 05 dez. 2022.

CHOI, J.; SHIN, J.; KIM, M.; KIM, I. Development of openBIM-based energy analysis software to improve the interoperability of energy performance assessment. *Automation In Construction*, [S.L.], v. 72, n. , p. 52-64, dez. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2016.07.004>.

DAVIS, D. *Modelled on Software Engineering: Flexible Parametric Models in the Practice of Architecture*. 2013. 243 f. Tese (Doutorado) - Curso de Filosofia, School Of Architecture And Design College Of Design And Social Context, Rmit University, Melbourne, 2013. Disponível em: [https://www.danieldavis.com/papers/danieldavis\\_thesis.pdf](https://www.danieldavis.com/papers/danieldavis_thesis.pdf). Acesso em: 4 jun. 2023

DIMITRIOU, V.; Firth, S. K.; Hassan, T. M.; Fouchal, F. BIM enabled building energy modelling: Development and verification of a GBXML to IDF conversion method. In *Proceedings of the 3rd IBPSA-England Conference BSO, Great North Museum, Newcastle, 12–14 September 2016*; p. 1126.

\_\_\_\_\_. NBR 15220-2. Desempenho Térmico de Edificações. Parte 2: Os métodos de cálculo das propriedades térmicas, como transmitância, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar dos elementos e componentes da edificação. ABNT, 2005. 23 p.

DONG, B., Lam, K. P., Huang, Y. C., Dobbs, G. M. 2007. A comparative study of the IFC and gbXML informational infrastructures for data exchange in computational design support environments. *Proceedings: Building Simulation 2007*. 1530-1537.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética] Balanço Energético Nacional (BEN) 2022: Ano base 2021, 2022. Disponível em < <https://www.epe.gov.br> >. Acesso em maio/2023.

GBC Brasil. Leadership in Energy and Environmental Design. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/>. Acesso em: 23 abr. 2023.

HALAWA, E.; GHAFARIANHOSEINI, A.; GHAFARIANHOSEINI, A.; TROMBLEY, J.; HASSAN, N.; BAIG, M.; YUSOFF, S. Y.; ISMAIL, M. A. A review on energy conscious designs of building façades in hot and humid climates: Lessons for (and from) Kuala Lumpur and Darwin. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82, p. 2147-2161. Elsevier Science Ltd, 2018.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA) (org.). Eficiência Energética: O primeiro combustível de um sistema de energia global sustentável. Disponível em: <https://www.iea.org/topics/energy-efficiency>. Acesso em: 05 maio 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). Energy Technology Perspectives 2019: catalysing energy technology transformations. *Catalysing Energy Technology Transformations*. Disponível em: <https://www.iea.org/topics/energy-technology-perspectives>. Acesso em: 02 jan. 2020.

KA'BI, A. H. Al. Comparison of energy simulation applications used in green building. *Annals Of Telecommunications*, [S.L.], v. 75, n. 7-8, p. 271-290, 2 jun. 2020. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s12243-020-00771-6>.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R.. Eficiência Energética na Arquitetura. 3. ed. São Paulo: Pw Editores, 2014. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia\\_energetica\\_na\\_arquitetura.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/apostilas/eficiencia_energetica_na_arquitetura.pdf). Acesso em: 23 abr. 2023.

LANGE, P.; Bähre, B.; Finetti-Imhof, C.; Klamma, R.; Koch, A.; Oppermann, L. Socio-technical Challenges in the Digital Gap between Building Information Modeling and Industry 4.0. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Socio-Technical Perspective in IS Development (STPIS@ CAiSE)*, Essen, Germany, 13 June 2017, pp. 33–46.)

MOON, H. J.; CHOI, M. S.; KIM, S. K.; RYU, S. H. Case studies for the evaluation of interoperability between a BIM based architectural model and building performance analysis programs. In: *CONFERENCE OF INTERNATIONAL BUILDING PERFORMANCE SIMULATION ASSOCIATION*, 12., 2011, Sidney. *Proceedings [...]*. Sidney: *Proceedings Of Building Simulation*, 2011. p. 14-16.

PAN, W.; QIN, H.; ZHAO, Y. Challenges for energy and carbon modeling of high-rise buildings: The case of public housing in Hong Kong. *Resources, Conservation and Recycling* 123, p. 208-218. Elsevier Science Ltd, 2017.

PEREIRA, V.; SANTOS, J.; LEITE, F.; ESCÓRCIO, P. Using BIM to improve building energy efficiency – A scientometric and systematic review. *Energy And Buildings*, [S.L.], v. 250, p. 111292, nov. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111292>.

PORSANI, G. B.; LERSUNDI, K. V.; GUTIÉRREZ, A. S.; BANDERA, C.F. Interoperability between Building Information Modelling (BIM) and Building Energy Model (BEM). *Applied Sciences*, [S.L.], v. 11, n. 5, p. 2167, 1 mar. 2021. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app11052167>.

SANHUDO, L.; RAMOS, N. M. M.; MARTINS, J. P.; ALMEIDA, R. M.s.F.; BARREIRA, E.; SIMÕES, M. L. CARDOSO, V. Building information modeling for energy retrofitting – A review. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, [S.L.], v. 89, p. 249-260, jun. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.064>.

SHEHZAD, H. M. F.; IBRAHIM, R. B.; YUSOF, A. F.; KHAIDZIR, Khairul Anwar Mohamed; IQBAL, Muhammad; RAZZAQ, Saad. The role of interoperability dimensions in building information modelling. *Computers In Industry*, [S.L.], v. 129, p. 103444, ago. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2021.103444>.

SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 83 Para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 83-101, out./dez. 2014.

WEBER, F. S. Desenvolvimento de um modelo equivalente de avaliação de propriedades térmicas para a elaboração de uma biblioteca de componentes construtivos brasileiros para o uso no programa EnergyPlus. 2018. 101 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

YANG, Y.; PAN, Y.; ZENG, F.; LIN, Z.; LI, C. A gbXML Reconstruction Workflow and Tool Development to Improve the Geometric Interoperability between BIM and BEM. *Buildings*, [S.L.], v. 12, n. 2, p. 221, 16 fev. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/buildings12020221>.

YING, H.; LEE, S. An algorithm to facet curved walls in IFC BIM for building energy analysis. *Automation In Construction*, [S.L.], v. 103, p. 80-103, jul. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.004>.





## Informações para Autores

Propostas de publicações em consonância com o disposto na missão da Revista Brasileira de Energia (RBE) poderão ser enviadas ao Comitê Editorial para análise, por meio de *link* específico existente no site da Sociedade Brasileira de Planejamento Energético ([www.sbpe.org.br](http://www.sbpe.org.br)).

A formatação final para publicação ficará por conta do departamento de diagramação da RBE; desta forma, os artigos deverão ser enviados em formatação simples, conforme o disposto a seguir:

- Os trabalhos devem ser editados e enviados em arquivo *Word*.
- Papel A4, margens 20 mm, fonte *Times New Roman* tamanho 12, espaçamento simples.
- Figuras com resolução mínima de 300 dpi.
- Para gráficos, usar mesmo padrão de cores e estilo.
- Equações em formato editável; não devem ser enviadas como figuras.
- Os nomes dos autores **NÃO** devem ser abreviados, e as respectivas informações como instituição e e-mail devem ser apresentadas **SO-MENTE** no sistema e **NÃO** devem constar no arquivo *Word*.
- Todos os itens devem ser numerados sequencialmente, exceto Resumo e *Abstract*. Não usar numeração automática do processador de texto. Serão aceitos no máximo 3 subníveis de numeração, a partir dos quais poderão ser usadas letras como único subnível adicional.
- Títulos de figuras e tabelas, abaixo e acima das mesmas, respectivamente, sem descrição de fonte, a qual deverá ser feita ao longo do texto, muito menos a existência do termo “autoria própria”.
- Referências a trabalhos deverão ser citadas no texto com nome do autor (ou autores) e ano de publicação, entre parêntesis [Ex.: (Autor 1, 1928); (Autor 1 e Autor 2, 1928)]. Na existência de mais de dois autores, escreve-se o nome do primeiro autor seguido da expressão et al. [Ex.: (Autor 1 et al, 1928)].

### Referências Bibliográficas:

- Somente deverão ser citados autores ou trabalhos que estejam incluídos na lista de referências bibliográficas, assim como todos os trabalhos listados nas referências bibliográficas deverão ter sido citados no texto.

