



Universidade Federal  
de Campina Grande

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE — UFCG  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR — CCTA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE GESTÃO E SISTEMAS  
AGROINDUSTRIAIS — PPGSA

MATHEUS ALVES BEZERRA

**IMPACTOS PROVOCADOS PELA EXPANSÃO DA ENERGIA EÓLICA E SOLAR NA  
DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE UMA REGIÃO.**

POMBAL - PB  
2024

**MATHEUS ALVES BEZERRA**

**IMPACTOS PROVOCADOS PELA EXPANSÃO DA ENERGIA EÓLICA E SOLAR NA  
DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE UMA REGIÃO.**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Gestão e Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande.

ORIENTADORA: Prof. Dr.<sup>a</sup> Andrea Maria Brandão Mendes de Oliveira

POMBAL - PB  
2024

B574i Bezerra, Matheus Alves.  
Impactos provocados pela expansão da energia eólica e solar na disponibilidade hídrica de uma região / Matheus Alves Bezerra. – Pombal, 2024.  
67 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Gestão e Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2024.  
“Orientação: Profa. Dra. Andrea Maria Brandão Mendes de Oliveira”.  
Referências.

1. Impacto ambiental. 2. Disponibilidade hídrica. 3. Matriz energética. 4. Energia renovável. I. Oliveira, Andrea Maria Brandão Mendes de. II. Título.

CDU 504(043)

À minha mãe, Eunézia,  
que até o último de  
seus dias prezou pela nossa família  
e pela educação.

**MATHEUS ALVES BEZERRA**

**Impactos provocados pela expansão da energia eólica e solar na disponibilidade hídrica de uma região.**

Data da aprovação: 11 /09/2024

**BANCA EXAMINADORA:**

Documento assinado digitalmente  
 **ANDREA MARIA BRANDAO MENDES DE OLIVEIRA**  
Data: 31/10/2024 13:23:18-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Profa. Dra. Andrea Maria Brandão Mendes de Oliveira**  
**ORIENTADORA**

Documento assinado digitalmente  
 **SANDUEL OLIVEIRA DE ANDRADE**  
Data: 31/10/2024 13:51:29-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Prof. Dr. Sanduel Oliveira de Andrade**  
**EXAMINADOR INTERNO**

Documento assinado digitalmente  
 **SUELEN SILVA FIGUEIREDO ANDRADE**  
Data: 31/10/2024 16:07:43-0300  
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

---

**Profa. Dra. Suelen Silva Figueiredo Andrade**  
**EXAMINADORA EXTERNA**

## **AGRADECIMENTOS**

Neste momento de reflexão e gratidão, não posso deixar de expressar minha profunda apreciação pela bênção que é a minha família e a minha fé em Deus. São esses dois pilares que têm sido fundamentais em minha vida, sustentando-me nos momentos de alegria e nos desafios que enfrentamos.

Aos meus irmãos Waldick Bezerra de Brito Júnior e Rafael Alves Bezerra, sem cujo apoio e união, certamente, eu não teria motivação para continuar.

*“Considerai como crescem os lírios do campo: eles não trabalham, nem fiam. Eu, contudo, vos afirmo que nem Salomão, em toda a sua glória, se vestiu como qualquer deles.”*

*Mateus 6:26-30*

## **RESUMO**

### **IMPACTOS PROVOCADOS PELA EXPANSÃO DA ENERGIA EÓLICA E SOLAR NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE UMA REGIÃO.**

A preocupação com o meio ambiente, diante da realidade das alterações climáticas, torna-se evidente com o aumento da exploração de recursos naturais para as atividades econômicas e seus impactos à natureza. As autoridades e comunidade científica demonstram maior preocupação com os danos causados pela interferência antrópica na natureza, haja vista nossa matriz energética contar em sua maior parte com fontes de energia não renováveis e emissoras de gases poluentes. Diante dessa perspectiva é que surgem ideias, a exemplo da energia eólica e solar, voltadas ao campo do desenvolvimento sustentável com ênfase na produção de energia renovável e que não emitam gases poluentes. O fato de se tratar de energias renováveis que não emitem gases poluentes não significa que estas não produzam impactos ambientais. O objeto deste estudo trata da revisão sistemática e aprofundada sobre os impactos provocados pela expansão da energia eólica e solar na disponibilidade hídrica de uma região. Foram utilizados trabalhos disponíveis em repositórios nacionais e internacionais. Puderam-se constatar impactos de forma regular em pesquisas, que foram consideradas de forma conjunta e representaram riscos à disponibilidade hídrica.

**Palavras-chaves:** Disponibilidade hídrica, Matriz Energética, Energia Renovável.

## **ABSTRACT**

### **IMPACTS CAUSED BY THE EXPANSION OF WIND AND SOLAR ENERGY ON THE WATER AVAILABILITY OF A REGION.**

Concern for the environment, given the reality of climate change, becomes evident with the increase in the exploitation of natural resources for economic activities and their impacts on nature. Authorities and the scientific community show greater concern about the damage caused by human interference in nature, given that our energy matrix relies for the most part on non-renewable energy sources and emits polluting gases. Given this perspective, ideas emerge, such as wind and solar energy, aimed at the field of sustainable development with an emphasis on the production of renewable energy that does not emit polluting gases. The fact that these are renewable energies that do not emit polluting gases does not mean that they do not produce environmental impacts. The object of this study is a systematic and in-depth review of the impacts caused by the expansion of wind and solar energy on water availability in a region. Work available in national and international repositories was used. Impacts could be seen regularly in research, which were considered jointly and represented risks to water availability.

**Keywords: Water availability, Energy Matrix, Renewable Energy.**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura I:</b> Evolução da capacidade eólica instalada.....	22
---	----

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro I:</b> Radiação global média por região do Brasil em Kwh/m <sup>2</sup> .....	25
<b>Quadro II:</b> Dados disponíveis nos repositórios digitais nacionais.....	39
<b>Quadro III:</b> Dados disponíveis nos repositórios digitais internacionais.....	50

## LISTA DE SIGLAS

<b>ABEEólica</b>	Associação Brasileira de Energia Eólica
<b>ABSOLAR</b>	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
<b>CO2</b>	Dióxido de carbono
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>GW</b>	Gigawatts
<b>KWH/M²</b>	Quilowatt-hora por metro quadrado
<b>MW</b>	Megawatts
<b>NDC</b>	Contribuição nacionalmente determinada
<b>ONU</b>	Organização das nações unidas
<b>PROINFA</b>	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
<b>STE</b>	Síndrome da Turbina Eólica
<b>USSE</b>	Energia solar em escala de serviço útil

## SUMÁRIO

<b>Introdução .....</b>	<b>12</b>
<b>Introdução Geral e Fundamentação Teórica .....</b>	<b>14</b>
<b>Capítulo 1- Um breve histórico da Energia Eólica .....</b>	<b>15</b>
1.1 Um breve histórico da Energia fotovoltaica.....	16
1.2 Energia Eólica no Brasil .....	16
1.3 Energia fotovoltaica no Brasil.....	17
<b>Capítulo 2- Energias renováveis e impactos ambientais .....</b>	<b>18</b>
2.1 Energia Eólica e impacto ambiental .....	19
2.2 Energia fotovoltaica e impacto ambiental.....	20
<b>Capítulo 3- Semiárido e disponibilidade hídrica .....</b>	<b>21</b>
3.1 Impactos ambientais e disponibilidade hídrica .....	22
3.2 Mudanças climáticas e o semiárido Nordeste.....	23
<b>Capítulo 4- O potencial eólico e fotovoltaico no Nordeste brasileiro.....</b>	<b>24</b>
4.1 Sustentabilidade hídrica. ....	25
4.2 Exploração do modelo econômico capitalista sobre os recursos naturais e o ônus ambiental.....	26
4.3 Danos indiretos causados pela exploração de atividades econômicas ligadas à geração de energia renovável .....	28
<b>Capítulo 5- Conceito de eficiência energética ligada à redução de danos ambientais diretos e indiretos .....</b>	<b>29</b>
5.1 Eficiência energética e uso da água em usinas renováveis.....	30
<b>Capítulo 6- Energia eólica e a disponibilidade hídrica. ....</b>	<b>32</b>
6.1 Energia solar e a disponibilidade hídrica.....	33
<b>Capítulo 7- Custos e ônus ambiental: energias renováveis e fontes tradicionais .....</b>	<b>35</b>
<b>Capítulo 8- Materiais e métodos .....</b>	<b>38</b>
<b>Capítulo 9 - Resultados e discussões .....</b>	<b>39</b>
9.1 Impactos na quantidade, qualidade e no uso múltiplo de água disponível. ....	53
<b>Capítulo 10 - Considerações finais.....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>58</b>

## Introdução

A demanda por energias renováveis que não emitam gases poluentes está crescendo à medida que se tornam claros os impactos ambientais da exploração de recursos naturais e da atual matriz energética, predominantemente baseada em derivados de petróleo. Este modo de exploração de recursos e suas consequências vêm afetando a fauna, a flora, a qualidade das águas e, principalmente, a saúde e qualidade de vida das pessoas. No ano de 1972, no mês de julho, em Estocolmo, Suécia, foi realizada a primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente. Participaram conjuntamente a Organização das Nações Unidas – ONU, Nações e comunidade científica, visando debater sobre as mudanças climáticas. A conferência de Estocolmo foi um ponto inicial de mobilização da comunidade política e científica mundial em relação aos efeitos da exploração desenfreada da natureza e seus efeitos secundários. Outro fato foi que muitos princípios foram dela derivados, entre eles, o que estabelece: “Deve-se manter, e sempre que possível, restaurar ou melhorar a capacidade da terra em produzir recursos vitais renováveis.” (ONU, 1972).

Já em 1997, em Kyoto, Japão, foi realizada a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, que teve por resultado a elaboração de um acordo cujo objetivo era propor metas com finalidade de diminuir a emissão de gases do efeito estufa. Entre as metas estipuladas, havia também a proposta para reforma do setor energético e uso de fontes de energia renovável (ONU, 1997). Após esta conferência, as Nações signatárias buscaram alinhamento com as metas e, conseqüentemente, a adoção e desenvolvimento de tecnologias e práticas sustentáveis, a exemplo da adoção de fontes renováveis de energia, diversificação da matriz energética nacional para redução da emissão de carbono. Outro fato foi a realização da 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, que aconteceu em 2015, em Paris, na França, e teve como finalidade substituir o Protocolo de Kyoto a partir de 2020. O acordo foi assinado por 195 países e continha metas e limites para o aumento da temperatura da superfície terrestre, que não poderia subir mais 1,5°C em um período de 100 anos (ONU, 2015). Outra resultante da conferência foi que os países signatários do acordo estabeleceram metas de redução de emissão de gases poluentes intituladas de Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC), que entre outras contribuições, determinava que os países deveriam aumentar seu percentual de participação

de energia sustentável dentro da sua matriz energética. Com o Brasil não foi diferente, em sua NDC, uma das metas consiste em diminuir 43% sua emissão de carbono até o ano de 2030, e que, para alcançá-la, será necessário aumentar proporcionalmente a matriz energética sustentável. Para esse fim, torna-se imprescindível o desenvolvimento de pesquisa e tecnologia na área de energias renováveis, como a energia fotovoltaica e eólica.

## **Introdução Geral e Fundamentação Teórica**

A exploração de recursos naturais e escassos é a base, em muitos casos, da cadeia produtiva econômica. O manejo de recursos tem que levar em consideração o desenvolvimento sustentável e a busca por fontes de energias renováveis e menos poluentes (DA VEIGA, 2017). Com a energia eólica e solar não é diferente. Por muito tempo, acreditou-se que estas fontes de energia renovável eram plenamente limpas, no entanto, muitos estudos avançaram e demonstraram impactos socioambientais.

A classificação de uma matriz energética como renovável não significa dizer que ela é limpa ou não poluente. Todo o processo de fabricação de peças e estruturas, todo o transporte de maquinário, toda a instalação e operação dos dispositivos geram impactos que devem ser estudados para que possa tornar essas fontes energéticas mais eficientes e menos poluentes, a partir da geração de soluções viáveis.

Diante desta premissa, este trabalho tem como finalidade contextualizar a situação-problema que surgiu a partir da exploração de áreas para instalação de usinas eólicas e solares e seu consequente impacto ambiental decorrente e influência sobre a disponibilidade hídrica. O cenário atual de buscas por energias renováveis justifica essa perspectiva de estudos de impactos, especificamente, o de impacto sobre a qualidade e disponibilidade hídrica em virtude da instalação de estruturas eólicas e solares. Para tanto, será necessário entendermos como essa dinâmica de exploração acontece, para, então, logo após, justificarmos e determinarmos o objetivo desta pesquisa de modo que o leitor possa melhor entender a estrutura da dissertação.

O objetivo desta produção científica vai tratar da revisão sistemática e aprofundada da literatura sobre impactos provocados pela expansão da energia eólica e solar na disponibilidade hídrica de uma região.

E por fim, quanto à construção desse trabalho de pesquisa foi utilizada a metodologia de revisão integrativa de literatura, tendo em vista que a utilização dessa metodologia proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática (ERCOLE et al, 2014). Quanto à abordagem, optou-se pela qualitativa para a construção deste trabalho, haja vista que a análise de dados qualitativa, envolve descobrir e entender um cenário de forma geral, utilizando informações de forma geral (MINAYO, 2014). Ou seja, será possível estudar as diversas variantes que o método pode abranger.

## Capítulo 1- Um breve histórico da Energia Eólica.

Segundo Prochnow (2013), os moinhos de vento, de acordo com registos históricos, eram comuns na Babilônia, por volta de 2000 a.c. em projetos de irrigação e moagem de grãos. Trata-se de uma forma de moinho que possui um eixo vertical acionado por uma grande haste e que tinha a função, a partir da tração desse eixo, de moer grãos e bombear água. Outro exemplo do uso da energia cinética dos ventos foi o moinho de vento europeu que tinha a função de moagem de grãos e também a drenagem em regiões sujeitas às inundações, como é o caso da Holanda (CARVALHO, 2022). O fato é que este moinho, construído em alvenaria e madeira, tornou-se conhecido e virou símbolo nacional do país europeu.

A história tomou corpo quando alguém de fato associou um eixo tracionado por hélices a uma bobina e que, esta, por sua vez, em movimento de rotação dentro de um campo magnético, tornou a gerar uma corrente elétrica, consolidando o primeiro aerogerador, ou pelo menos, algo semelhante a isto. Na literatura, podem-se encontrar algumas referências sobre quem possivelmente tenha criado este aparelho: uma dessas referências foi no século XIX quando Charles F. Brush, um agricultor que pretendia eletrificar sua propriedade, montou em Cleveland, nos Estados Unidos da América, o primeiro dispositivo destinado à geração de energia elétrica a partir da energia cinética das correntes de ar. Consistia em um cata-vento que por suas hélices, tracionava um eixo e este, por sua vez, rotacionava um motor elétrico. Outro exemplo foi o caso do professor James Blyth que instalou uma torre de dez metros de altura no jardim em sua casa, com hélices e um eixo disposto da mesma forma que o caso anteriormente mencionado, e a energia elétrica gerada neste dispositivo era utilizada para iluminação de sua residência, em 1887, na Escócia (PRICE, 2005).

Existem muitas histórias e referências sobre os criadores deste dispositivo, no entanto, não há consolidado pela ciência quem de fato foi o primeiro a associar os cata-ventos a um motor elétrico e gerar energia. O que é possível afirmar é que esta tecnologia tem ajudado para geração de energia renovável na missão do desenvolvimento sustentável.

## **1.1 Um breve histórico da Energia fotovoltaica.**

O primeiro dispositivo prático para capturar e utilizar a energia solar foi o aquecedor solar de água, inventado em 1891 pelo americano Clarence Kemp (CARVALHO et al, 2018). Este dispositivo era composto por uma série de tubos de vidro que capturavam a luz solar e aqueciam a água dentro deles.

Durante as décadas seguintes, houve muitos avanços na tecnologia de energia solar, incluindo o desenvolvimento de células fotovoltaicas que convertem a luz solar diretamente em eletricidade. Em 1954, os cientistas Daryl Chapin, Calvin Fuller e Gerald Pearson, da Bell Labs, criaram a primeira célula solar de silício (MACHADO et al, 2015).

Desde então, a tecnologia de energia solar continuou a evoluir e melhorar e a eficiência das células solares aumentaram significativamente. Hoje em dia, a energia solar é uma das formas mais populares de energia renovável e é usada em uma variedade de aplicações, desde pequenos dispositivos eletrônicos até grandes usinas de energia solar.

## **1.2 Energia Eólica no Brasil**

O primeiro aerogerador foi instalado no Brasil em 1992, especificamente em Fernando de Noronha, Pernambuco. Já em 2002 foi criado o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, o PROINFA, que tinha como objetivo incentivar a instalação de tecnologias de energia renovável de modo a diversificar a matriz energética nacional. Desde então, a potência produtiva de energia eólica nacional passou de 22 MegaWatts (MW) em 2003, para 602 MegaWatts (MW) em 2009. Fomentada pelo governo e diante do entendimento internacional para desenvolvimento sustentável, esta tecnologia se ampliou e diversos parques eólicos foram construídos no Brasil, entre eles: Complexo eólico Rio do Vento, no estado do Rio Grande do Norte e que gera 1038 MegaWatts (MW) de potência, Parque Eólico de Paracuru, com potência gerada de 23,4 MegaWatts (MW), Parque eólico Delta 3, no estado do Maranhão, com potencial de 220,8 MegaWatts (MW), Complexo eólico Santa Luzia, na Paraíba, que gera 94,5 MegaWatts (MW) de potência elétrica e Complexo

Eólico Chafariz, também na Paraíba e que gera 471 MegaWatts (MW) de potência. Estima-se que o potencial energético em se tratando da matriz eólica no Brasil seja de 500 GigaWatts (GW) e que este tipo de fonte constitua cerca de 12% da matriz energética nacional, segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA, 2022).

### **1.3 Energia fotovoltaica no Brasil**

O governo brasileiro tem incentivado o uso de energia solar com políticas públicas, como o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica, que permite que consumidores gerem sua própria energia solar e recebam créditos na conta de luz. Além disso, o Brasil possui leilões de energia, que incluem a energia solar, permitindo que empresas gerem energia solar em grande escala

O uso da energia solar no Brasil tem crescido significativamente nos últimos anos. Em 2023, a energia solar representou cerca de 16% da matriz energética brasileira, mas a previsão é de que essa participação aumente nos próximos anos, segundo a Agência Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, (ABSOLAR, 2024).

Os benefícios da energia solar incluem a redução da dependência de fontes de energia fóssil, como o petróleo e o carvão, além de ajudar a diminuir a emissão de gases de efeito estufa. Além disso, a energia solar é uma fonte de energia renovável e pode ser utilizada de forma sustentável (VIANA et al, 2015).

## Capítulo 2- Energias renováveis e impactos ambientais

Embora as energias renováveis sejam geralmente consideradas uma alternativa mais limpa e sustentável em comparação com as fontes de energia não renováveis, elas não estão isentas de impactos ambientais negativos. É importante entender que, embora esses impactos sejam geralmente menores dos que os associados às fontes de energia convencionais, eles ainda existem, e devem ser considerados. Seguem alguns exemplos de impactos possíveis:

As Turbinas eólicas podem representar riscos para aves, morcegos e outros animais voadores. As pás das turbinas podem causar colisões fatais, e o ruído das turbinas pode afetar o comportamento de algumas espécies (AVERSA, 2018). O Uso de água na fabricação de componentes podem gerar impactos sobre o uso da terra e conseqüentemente sobre o lençol freático (SILVA, 2020). A fabricação de painéis solares e turbinas eólicas requerem recursos e materiais específicos, incluindo metais raros (OLIVEIRA, 2023);

A mineração de materiais para fabricação de painéis solares pode causar impactos ambientais significativos em algumas áreas (YABUTA, 2016); A fabricação de painéis solares envolve produtos químicos que podem representar riscos ambientais se não forem tratados adequadamente. (OLIVEIRA, 2017); Turbinas eólicas podem afetar paisagens e causar ruído em áreas próximas. Isso pode ser uma preocupação para as comunidades locais (STADLER, 2021).

A manutenção e funcionamento de parques eólicos podem gerar mudanças na economia local, pode afetar a saúde e qualidade de vida das comunidades adjacentes, além de gerar conflitos quanto à questão de participação pública e aceitação social (MENDES, 2016).

É importante destacar que a magnitude desses impactos varia dependendo da localização, do tamanho e da tecnologia específica usada em projetos de energias renováveis. Além disso, muitos desses impactos podem ser mitigados ou minimizados por meio de práticas de gestão adequadas, regulamentações ambientais e tecnologias mais avançadas.

## 2.1 Energia Eólica e impacto ambiental

Diante de uma perspectiva de renovação matricial energética, o alinhamento com o desenvolvimento sustentável é primordial neste caso. Entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas (ONU), agenda a ser cumprida até o ano de 2030, se encontra o desenvolvimento de energia limpa e sustentável. Tecnicamente existem opções para seguir este caminho, entre elas a eólica, objeto deste trabalho. No entanto, muitos estudos apontam possíveis impactos ambientais deste tipo de fonte:

Por usar o vento como fonte, esse tipo de produção de energia é geralmente percebido como limpo e isento de questionamentos quanto à sustentabilidade. Porém, se promovida sem atender a certos requisitos, pode gerar impactos, nem sempre tão visíveis, nos âmbitos ambiental e social (GORAYEB et al, 2019).

Os prejuízos socioambientais quando da instalação das estruturas de suporte aos aerogeradores têm sido objeto de estudo por muitos acadêmicos. Segundo também Gorayeb et al (2019), durante a fase de implantação e operação das usinas eólicas, é possível observar terraplenagem, aterros e cortes no terreno, abertura de vias de acesso para cada um dos aerogeradores, desmatamento, movimentação de grandes volumes de solo por tratores de esteira e pás mecânicas e o soterramento. O autor complementa ainda que os componentes morfológicos impactados pela implantação dos aerogeradores foram identificados e relacionados com interferências nos fluxos de matéria e energia, comprometendo também a reposição hídrica do lençol freático.

Outro problema ambiental trata-se dos ruídos aerodinâmicos e mecânicos gerados pelas torres. Esses interferem na rotina dos que moram próximo às estruturas (SIMÕES, 2015). A resolução nº 462 de 24 de julho de 2014 do CONAMA determina que:

Para os empreendimentos cujo limite do parque esteja posicionado a menos de 400m de distância de residências isoladas ou comunidades apresentar este estudo de forma a caracterizar os índices de ruídos e o efeito estroboscópio visando o conforto acústico e a preservação da saúde da comunidade. (CONAMA, 2014)

De acordo com Gomes (2017), é possível que a exposição diária aos ruídos gerados pelas hélices possam causar a Síndrome da Turbina Eólica – STE ou a Doença Vibro Acústica, que entre seus sintomas se incluem: dores de cabeça, náuseas e distúrbios do sono.

## 2.2 Energia fotovoltaica e impacto ambiental

A energia solar é considerada uma fonte de energia limpas e sustentável . Uma das alternativas indicadas para o desenvolvimento sustentável, principalmente porque não emite gases de efeito estufa, poluentes atmosféricos ou resíduos tóxicos (DE ALMEIDA et al, 2022).

No entanto, a produção de painéis solares envolve o uso de materiais como silício, vidro e alumínio, que requerem a extração de recursos naturais e energia para a fabricação. Além disso, a produção de células solares também pode gerar emissões de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono, durante o processo de produção, especialmente, do processo de purificação e refino do silício, elemento básico utilizado na fabricação de células fotovoltaicas.

O silício em si não é um material perigoso, porém, quando combinado com outros componentes químicos, pode se tornar extremamente tóxico. Todo o processo de extração e refino do silício requer um enorme gasto energético e elementos contaminadores são inevitavelmente liberados no meio ambiente. (MONTEIRO et al, 2016)

Outro impacto ambiental associado à energia solar é a mineração para extração do silício e outros componentes necessários. A combinação e o descarte desses materiais podem gerar riscos ao meio ambiente.

Em resumo, a energia solar tem impactos ambientais relativamente baixos quando comparada a outras fontes de energia. No entanto, é importante levar em consideração todo o ciclo de vida do produto, desde a extração de recursos naturais até a disposição final do painel solar, para entender melhor o impacto ambiental associado à energia solar.

### Capítulo 3- Semiárido e disponibilidade hídrica

A região do semiárido Nordestino é conhecida por suas condições climáticas adversas, com destaque para a pluviosidade irregular e a baixa disponibilidade hídrica.

A principal característica do clima no semiárido nordestino é a irregularidade na distribuição das chuvas ao longo do ano. A região é marcada por um regime de chuvas sazonal, com uma estação chuvosa e uma estação seca. A estação chuvosa dura em torno de 3 a 5 meses, porém, em média, a estação seca se prolonga por 7 a 9 meses. Durante a estação chuvosa, as precipitações podem ser intensas, mas a quantidade de água que cai pode não ser suficiente para atender às necessidades hídricas ao longo do ano (ZANELA, 2014).

A elevada disponibilidade de radiação solar, associada à irregularidade do regime pluviométrico, contribui para o aumento das taxas de evaporação, as quais variam de 1.200 a 3.200 mm ano. (DE MOURA et al, 2019)

Devido à elevada taxa de evaporação, a região enfrenta escassez de água durante a maior parte do ano. Rios e açudes podem secar ou reduzir drasticamente seu volume durante a estação seca.

A falta de água é um grande desafio para a população que depende dela para o consumo humano, a agricultura e a criação de animais. Muitas comunidades rurais sofrem com a falta de acesso à água potável, o que gera problemas de saúde e dificulta o desenvolvimento econômico.

A Segurança Hídrica de um Estado ou País é muito importante para o seu desenvolvimento social e econômico. Em regiões como a Nordeste do Brasil, a disponibilidade hídrica é reduzida por natureza, ocasionada pelo clima predominantemente semiárido, levando a episódios de escassez ou de crises na operação dos sistemas hidráulicos. (FIGUEREDO, 2020)

A convivência com o clima no semiárido nordestino exige soluções criativas e sustentáveis para garantir o acesso à água, a produção de alimentos e o desenvolvimento social e econômico da região. Projetos de convivência com o semiárido, políticas de recursos hídricos e investimentos em tecnologias apropriadas desempenham um papel crucial na busca por soluções para os desafios enfrentados por essa região, além do manejo adequado dos impactos ambientais provenientes de atividades econômicas para as quais a região tenha potencialidade para exploração.

### 3.1 Impactos ambientais e disponibilidade hídrica

A questão hídrica se refere à quantidade e qualidade da água disponível em determinado local e momento. É um recurso essencial para a vida humana e para os ecossistemas naturais, mas sua disponibilidade pode ser afetada por diversos fatores, incluindo os impactos ambientais.

As fontes de energia renovável, a exemplo da eólica e solar, embora emitam menos poluentes em relação às fontes de energia tradicionais, também podem impactar a disponibilidade e qualidade da água. Uma abordagem clara sobre essa questão é que instalação de usinas de energia eólica, por exemplo, em larga escala, também podem ter impactos negativos sobre a água, especialmente se essas usinas forem instaladas em regiões áridas ou semiáridas.

A instalação e permanência dos Complexos Eólicos nas comunidades costeiras apresentam influência direta na qualidade de vida da população, na cultura, na paisagem e na perspectiva de vida local. Identifica-se problemas ambientais por conta da instalação desses empreendimentos no campo de dunas, soterramento de lagoas interdunares, rebaixamento do lençol freático, destruição de sítios arqueológicos e mudança no deslocamento e fixação das dunas, interferência nas rotas de aves migratórias. (LEROY et al, 2013)

Se tratando da questão fotovoltaica, essa também não emite gases poluentes. No entanto, é importante ressaltar que a produção dos painéis solares envolve a utilização de recursos hídricos em seu processo de fabricação, principalmente para a limpeza (VIEIRA JUNIOR et al, 2021; BARBOSA FILHO et al 2015). Além disso, em grandes projetos de geração de energia solar, é necessário construir infraestruturas, como linhas de transmissão, que podem impactar a disponibilidade hídrica em sua área de influência.

O local com melhor recurso solar no Brasil (região Nordeste) também conta com uma baixa disponibilidade hídrica. Dessa forma, se mostra imprescindível que projetos solares em geral nessa região se tornem autossustentáveis em relação ao recurso água. (MEDONÇA, 2021)

Considerando o potencial do Nordeste brasileiro e o avanço da exploração da atividade econômica de geração de energia de fontes renováveis, é importante observar os impactos colaterais, principalmente sobre os recursos hídricos.

### 3.2 Mudanças climáticas e o semiárido Nordeste

As mudanças climáticas podem originar efeitos significativos sobre o semiárido nordestino, agravando os desafios já existentes na região. Alguns dos possíveis impactos das mudanças climáticas na área incluem o aumento da temperatura média, o que acentua a intensidade do calor durante a estação seca. (DOS SANTOS et al, 2023) Isso pode resultar em mais secas prolongadas, maior evaporação da água e condições mais áridas.

Outro impacto que pode acentuar nesse cenário são as mudanças nos padrões de chuva, as mudanças climáticas podem alterar os volumes de chuva no semiárido nordestino. (ARAÚJO et al, 2016), que pode trazer mais imprevisibilidade, com variações na intensidade e distribuição. Isso pode tornar a agricultura ainda mais desafiadora, pois os agricultores terão dificuldade em planejar o plantio e a colheita de culturas.

As mudanças climáticas alteram os valores de precipitação e aumentam a variabilidade dos eventos de precipitação, o que pode levar a enchentes e secas ainda mais intensas e frequentes. (ARAÚJO et al, 2016)

As mudanças climáticas podem agravar a escassez de água no semiárido, já que a evaporação acentua-se devido ao aumento das temperaturas. Isso reduz ainda mais a disponibilidade de água em rios, açudes e reservatórios, afetando o abastecimento de água para consumo humano, a irrigação agrícola e a criação de animais.

Pode ser apontado também o impacto na agricultura e na segurança alimentar, já que a agricultura é uma atividade fundamental na região, e as mudanças climáticas afetam negativamente a produção de alimentos.

A imprevisibilidade das chuvas, o aumento da temperatura e a maior ocorrência de secas podem levar à redução da produtividade agrícola, o que coloca em risco a segurança alimentar de milhões de pessoas que dependem da agricultura de subsistência.

Ademais, a análise sugere que o clima tem um impacto sistemático nas terras agrícolas por meio da temperatura e precipitação. Tais efeitos tendem a ser não lineares e variam de acordo com a estação do ano e região analisada. (SANTOS et al, 2020)

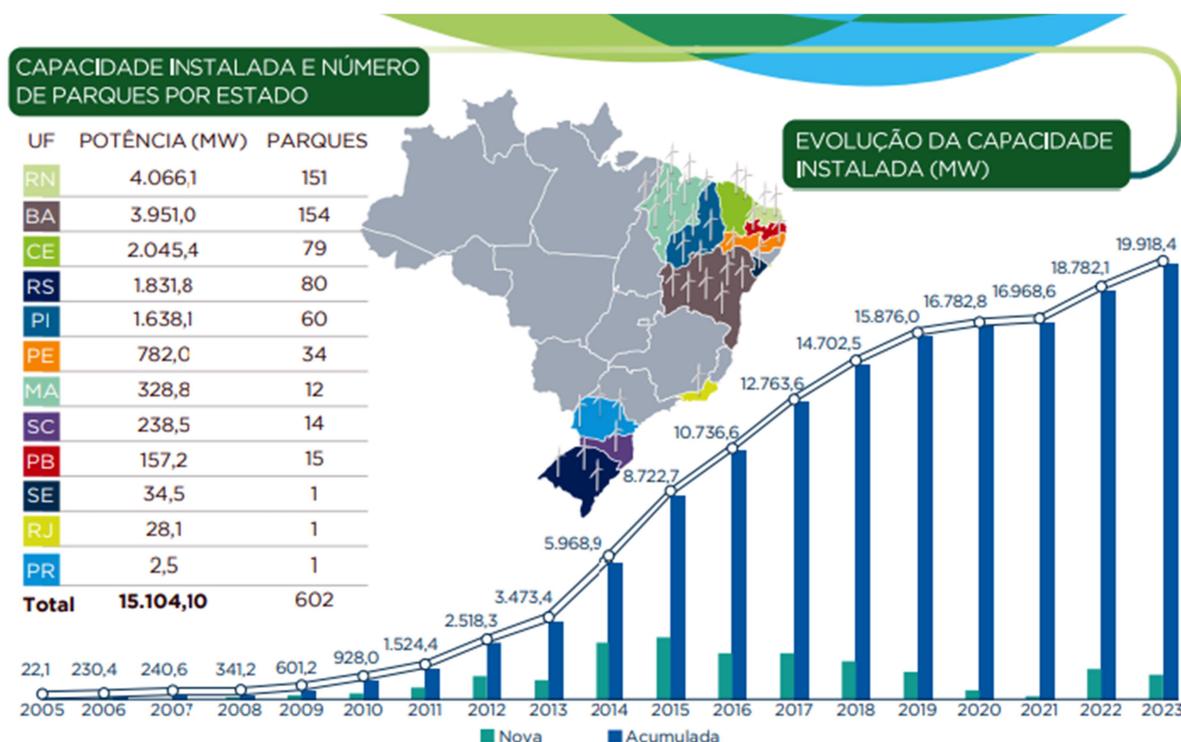
As mudanças climáticas podem gerar impactos socioeconômicos significativos na região. A falta de água, a perda de cultivos e a degradação ambiental podem levar ao deslocamento de populações, a conflitos pela água e a uma maior vulnerabilidade social. A pobreza e a desigualdade existentes na região são agravadas por esses impactos.

## Capítulo 4- O potencial eólico e fotovoltaico no Nordeste brasileiro

O nordeste brasileiro é uma região com um enorme potencial para a geração de energia eólica e solar. As condições climáticas e geográficas favoráveis tornam essa região uma das mais promissoras do Brasil e do mundo em termos de energia renovável.

A região nordeste possui ventos constantes e fortes, especialmente ao longo da costa, o que a torna uma das áreas mais propícias para a geração de energia eólica no Brasil. Os estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia e Piauí são os líderes na instalação de parques eólicos. A capacidade instalada tem crescido consideravelmente ao longo dos anos, impulsionada por incentivos governamentais e leilões de energia.

**Figura I – Evolução da capacidade eólica instalada**



Fonte: Aneel/ABEólica (2023).

A questão também envolve a exploração de atividade econômica crescente, de acordo com a figura supracitada, e a evolução quantitativa dos parques instalados na região nordeste, considerando esta região ser de grande potencial, o que pode gerar desafios devido aos efeitos secundários, principalmente, em se tratando de impactos ambientais em toda a região.

A região nordeste também apresenta altos níveis de radiação solar durante a maior

parte do ano. Isso a torna adequada para a geração de energia solar fotovoltaica. Os estados do nordeste, como Bahia, Pernambuco e Piauí, têm investido em usinas solares de grande porte e na instalação de sistemas fotovoltaicos distribuídos em residências, comércios e indústrias.

Por conseguinte, uma condição extra a ser levada em consideração no tocante aos destaques aqui elencados, diz respeito à diversificação energética. O aproveitamento do potencial eólico e solar do nordeste contribui significativamente para a diversificação da matriz energética brasileira, reduzindo a dependência de fontes de energia não renovável, como o petróleo e o gás natural. Isso não apenas ajuda na mitigação das emissões de gases do efeito estufa, mas também contribui para a segurança energética do país.

**Quadro I – Radiação global média por região do Brasil em kwh/m<sup>2</sup>**

Potencial anual médio de energia solar	
Região	Radiação Global Média (em kwh/m <sup>2</sup> )
Nordeste	5,9
Centro-Oeste	5,7
Sudeste	5,6
Norte	5,5
Sul	5,0

Fonte: BorealSolar (2016).

A região nordeste do Brasil tem a maior média anual de radiação solar. Esta condição ambiental favorece o desenvolvimento de atividades econômicas ligadas à questão fotovoltaica. A instalação de parques solares em larga escala na região poderá gerar impactos ambientais, quando da exploração da atividade econômica na região, haja vista sua potencialidade natural, caso não haja manejo ambiental adequado dos danos.

#### **4.1 Sustentabilidade hídrica.**

A política de sustentabilidade na questão hídrica é um conceito que se refere à gestão responsável e equitativa dos recursos hídricos, com o objetivo de atender às necessidades atuais e sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades. Envolve a proteção, conservação e uso eficiente da água, bem como a promoção de equidade no acesso à água para todos. Esse conceito é fundamental para

enfrentar desafios globais relacionados à água, como escassez, poluição e degradação dos ecossistemas aquáticos.

Entre alguns aspectos fundamentais do conceito de sustentabilidade hídrica, é possível citar o uso responsável dos recursos hídricos. A sustentabilidade hídrica implica usar os recursos hídricos de forma responsável, considerando a disponibilidade limitada da água e a necessidade de preservá-la para as futuras gerações. Isso requer a gestão cuidadosa dos recursos hídricos, incluindo a regulamentação do uso de água, a definição de limites de extração e a promoção do uso eficiente da água. A conservação da qualidade da água é outro aspecto importante.

Além da quantidade, a qualidade da água é fundamental para a sustentabilidade hídrica. Isso envolve a prevenção da poluição da água e a manutenção de padrões de qualidade adequados para o consumo humano, a vida aquática e os ecossistemas aquáticos. A poluição da água pode afetar diretamente a saúde humana e a biodiversidade.

A água é uma riqueza natural que garante a vida à humanidade na Terra. Historicamente, as comunidades se formaram perto ou nas nascentes dos rios, justamente para garantir a sua sobrevivência. Contudo, esse recurso natural é finito e por isso a utilização desse recurso deve ser de forma sustentável. Pode-se apontar como consequências da má utilização das águas, tanto superficiais como subterrâneas, o desaparecimento de um fluxo d'água (rio, lago, lagoa), o assoreamento, a poluição, a eutrofização, o desaparecimento dos seres vivos e micro-organismos, o consumo desordenado, entre outras. (NOSCHANG et al, 2018)

Considerando a importância do recurso para as atividades humanas, a sustentabilidade hídrica requer que o acesso à água seja equitativo, garantindo que todas as comunidades, independentemente de sua localização ou status econômico, tenham acesso adequado à água potável e a recursos hídricos para suas necessidades básicas. A equidade é um princípio-chave para garantir que ninguém seja deixado para trás.

#### **4.2 Exploração do modelo econômico capitalista sobre os recursos naturais e o ônus ambiental.**

A gestão para sustentabilidade hídrica é uma preocupação global e é essencial para garantir a disponibilidade de água limpa e acessível para todas as formas de vida na Terra, bem como para garantir o desenvolvimento sustentável das sociedades humanas. Trata-se de uma abordagem integrada que leva em consideração não apenas a água como um recurso, mas também o seu papel fundamental na manutenção dos ecossistemas e no bem-estar das comunidades. Portanto, é um conceito fundamental no contexto do desenvolvimento

sustentável.

A exploração do modelo econômico capitalista sobre os recursos naturais, renováveis ou não, tem sido uma preocupação crescente devido aos impactos ambientais significativos que essa exploração pode causar. A exploração desses recursos é uma parte fundamental do capitalismo, uma vez que impulsiona o crescimento econômico, a inovação e o desenvolvimento tecnológico e a geração de energia (RODRIGUES et al, 2019; WANDCHEER et al, 2017).. No entanto, essa exploração desenfreada poderá ocasionar o esgotamento de recursos, pois estes, em sua maioria, são recursos não renováveis, e, quando são usados, sem observar as fontes alternativas e métodos de sustentabilidade, poderá levar a uma dependência por matrizes energéticas finitas. À medida que a demanda por esses recursos continua a crescer, suas reservas diminuem, tornando-os mais escassos e caros. Isso pode levar a uma competição acirrada por esses recursos, conflitos geopolíticos e instabilidade econômica.

Esse modelo atual de desenvolvimento econômico baseado no capitalismo e que tem como característica a transformação das relações em mercadoria e com o objetivo o lucro, é incompatível com o desenvolvimento sustentável uma vez que este alcança uma dimensão holística na relação entre os seres humanos e entre a humanidade e a natureza não contemplada pelo capitalismo. (CARVALHO et al, 2015)

Também se pode citar a Poluição e Degradação Ambiental, a extração de recursos naturais não renováveis frequentemente resulta em poluição do ar, da água e do solo. Por exemplo, a mineração é uma atividade essencial da cadeia do Silício, necessária para fabricação de células fotovoltaicas, esta atividade pode liberar produtos químicos tóxicos e resíduos prejudiciais ao meio ambiente (YABUTA et al, 2016). Esses impactos ambientais têm sérias consequências para a biodiversidade, a qualidade do ar e da água e a saúde humana.

Outro ponto aqui elencado diz respeito ao deslocamento de comunidades quando da construção de parques eólicos ou solares, já que estas atividades requerem grandes áreas. Isso pode causar deslocamento forçado, perda de meios de subsistência e desagregação das estruturas sociais, levando a problemas sociais e conflitos. Por fim, as economias dependentes da exploração de recursos naturais podem ser vulneráveis a flutuações nos preços globais desses recursos. Isso pode levar a instabilidade econômica, desequilíbrios orçamentários e dificuldades na diversificação da economia.

### **4.3 Danos indiretos causados pela exploração de atividades econômicas ligadas à geração de energia renovável**

A exploração de atividades econômicas como a energia eólica e solar, geralmente é vista como uma alternativa sustentável em comparação com fontes de energia não renovável, como o carvão e o petróleo. No entanto, mesmo as energias renováveis não estão isentas de causar danos indiretos.

Os Impactos ambientais da fabricação e descarte de equipamentos junto à produção de painéis solares, turbinas eólicas, baterias e outros componentes de infraestrutura de energia renovável podem envolver a extração de matérias-primas, processos industriais intensivos em energia e produtos químicos. Além disso, o descarte inadequado desses componentes no final de sua vida útil pode contribuir para a poluição e o acúmulo de resíduos tóxicos.

É importante falar ainda sobre os impactos ambientais decorrentes da utilização desse tipo de energia. Apesar do processo de geração de energia por meio de sistemas fotovoltaicos ser um processo limpo, todo o processo de produção e refino do silício está atrelado a grandes impactos ambientais. O silício em si não é um material perigoso, porém, quando combinado com outros componentes químicos, pode se tornar extremamente tóxico. Todo o processo de extração e refino do silício requer um enorme gasto energético e elementos contaminadores são inevitavelmente liberados no meio ambiente. (MONTEIRO et al, 2016)

Algumas tecnologias de energia renovável, como as técnicas de processamento e produtos ligados à indústria do silício, dependem de materiais críticos, cuja extração e disponibilidade podem ser limitadas. Isso pode levar a flutuações no preço e na oferta desses materiais, com implicações para a estabilidade do suprimento de energia renovável.

A construção de instalações de energia renovável muitas vezes requer grandes extensões de terra. Isso pode resultar em desmatamento, degradação de habitats naturais, e, em alguns casos, o deslocamento de comunidades locais, além de a construção de instalações de energia renovável em áreas rurais pode competir com a agricultura e a utilização de terras para cultivo. Isso pode levar à conversão de terras agrícolas em áreas industriais.

## **Capítulo 5- Conceito de eficiência energética ligada à redução de danos ambientais diretos e indiretos**

A eficiência da fonte de geração de energia está intrinsecamente ligada à redução de danos ambientais negativos, tanto diretos como indiretos. A relação entre eficiência energética e danos ambientais pode ser resumida na seguinte ideia: quanto maior o dano ambiental associado à produção e uso de energia, menor será a eficiência do sistema energético.

Este conceito refere-se à relação entre a energia útil produzida e a energia total consumida. Quando um sistema de energia é ineficiente, ele desperdiça uma parte significativa da energia na forma de calor, ruído, vibrações, entre outros. Essa energia desperdiçada frequentemente está associada a recursos naturais, como combustíveis fósseis ou materiais de construção, até mesmo o dano ocasionado aos recursos hídricos (Diminuição da disponibilidade e qualidade). Quanto mais energia é desperdiçada, maior a pressão sobre esses recursos e maior o impacto ambiental direto.

A eficiência de um sistema pode ser definida como sendo a capacidade desse sistema de utilizar, da melhor maneira possível, os recursos disponíveis e de aproveitar, ao máximo, as condições ambientais para obter o desempenho ótimo em alguma dimensão.(MARIANO et al, 2007)

A ineficiência energética também leva ao desperdício de recursos naturais, uma vez que é necessário extrair, transportar e processar matérias-primas para atender à mesma demanda de energia. Além disso, a ineficiência gera mais resíduos, o que aumenta a pressão sobre os ecossistemas para absorver e lidar com esses resíduos. Esses impactos ambientais indiretos incluem a degradação do solo, contaminação da água e perda de biodiversidade. Quando os sistemas de energia são ineficientes, a demanda por fontes de energia adicionais aumenta. Isso pode levar à exploração de novas fontes de energia, incluindo aquelas que estão em áreas ecologicamente sensíveis, como reservas naturais, florestas e habitats de vida selvagem. A busca por novas fontes de energia muitas vezes resulta em danos ambientais diretos, como desmatamento, degradação do solo e poluição.

O desafio ambiental é tamanho que só melhorar os processos produtivos existentes não é suficiente. A eliminação ou diminuição da geração de resíduos nos processos produtivos é uma ação dentre inúmeras que uma organização deve integrar à sua estratégia para reforçar sua posição no mercado, promover a satisfação dos clientes e atingir seus objetivos de desempenho. (FONSECA et al, 2013)

O desperdício de recursos naturais tem sérios impactos negativos no meio ambiente e, em particular, na água. O uso excessivo e o desperdício contribuem para a escassez de água

em muitas regiões do mundo. Isso afeta a disponibilidade hídrica potável, a agricultura e a vida aquática em rios e lagos. O lançamento inadequado de resíduos industriais, poluentes agrícolas e produtos químicos tóxicos nos corpos d'água causa poluição da água, afetando a qualidade da água. O desperdício de recursos energéticos contribui para as mudanças climáticas, que, por sua vez, podem alterar os padrões de precipitação, causando secas e inundações que afetam diretamente o abastecimento de água.

### **5.1 Eficiência energética e uso da água em usinas renováveis**

O uso da água desempenha um papel importante na manutenção e regulação de usinas eólicas e solares, e essas atividades também podem ter impactos significativos sobre a disponibilidade hídrica e os lençóis freáticos.

As usinas eólicas são tipicamente mais eficientes em termos de uso da água em comparação com usinas de energia convencionais, como usinas de carvão ou gás. A água é necessária principalmente para manutenção e limpeza das turbinas eólicas, bem como para a produção dos materiais usados na construção das turbinas, no entanto, a instalação de parques eólicos em larga escala em uma região com potencial econômico para tal atividade, pode representar, em conjuntura, um grande dano ambiental regional:

[...] podemos citar, a impermeabilização e retenção da água superficial, o risco de desabastecimento de água em função da grande quantidade de água utilizada para a concretagem dos blocos de sustentação das torres eólicas, realização de obras de terraplanagem, o que pode alterar o nível hidrostático do lençol freático [...].(HOFSTAETTER, 2016)

Embora o consumo de água seja menor em comparação com usinas convencionais (Hidrelétrica e carvão), todavia, não significa necessariamente que esta fonte renovável não possa representar riscos e gerar danos ambientais que afetem a qualidade e disponibilidade hídrica.

As usinas de energia solar fotovoltaica também são geralmente de baixo consumo durante a operação, uma vez que não requerem água para gerar eletricidade diretamente, porém, a água é frequentemente usada na fabricação de painéis solares e na manutenção e limpeza dos sistemas.

O local com melhor recurso solar no Brasil (região Nordeste) também conta com uma baixa disponibilidade hídrica. Dessa forma, se mostra imprescindível que projetos solares em geral nessa região se tornem autossustentáveis em relação ao recurso água. (MENDONÇA et al, 2021)

A região Nordeste do Brasil, considerando sua condição hídrica sensível, quando da exploração de atividades econômicas para as quais tem potencialidade, a exemplo da geração de energia eólica e solar, poderá sofrer impactos ambientais relacionados justamente à questão hídrica.

## Capítulo 6- Energia eólica e a disponibilidade hídrica.

Para operação dos parques eólicos é necessária alteração do meio-ambiente em torno dele. Um exemplo é construção de vias de acesso às localidades dos aerogeradores, com finalidade de manutenção e instalação deles. Segundo Meireles (2011), para construção de vias de acesso, é realizada a introdução de material sedimentar para impermeabilização e compactação do solo. O referido autor realizou estudo na planície costeira dos municípios de Paracuru e São Gonçalo do Amarante, no estado do Ceará, e verificou que a interferência antrópica sobre a superfície influenciou a dinâmica ambiental dessas localidades:

Cortes e aterros nas dunas fixas e móveis foram observados em toda a área onde estão sendo implantadas as vias de acesso e canteiro de obras. Estas atividades promoveram um conjunto de alterações ambientais em ecossistemas de preservação permanente. Foram associados ao desmatamento e soterramento de dunas fixas, fragmentação das dunas móveis, com alterações na topografia e morfologia. Estas atividades provavelmente alteraram o nível hidrostático do lençol freático, influenciando no fluxo de água subterrânea e na composição e abrangência espacial das lagoas interdunares. Os cortes e aterros possivelmente serão submetidos a obras de engenharia para a estabilidade dos taludes e as vias certamente compactadas para possibilitar a continuidade do tráfego de caminhões (MEIRELES, 2011)

A associação entre a atividade eólica e a diminuição da disponibilidade hídrica nos lençóis freáticos se dá devido ao fato de esta operação dos parques necessitarem modificar a superfície na qual serão construídas as estruturas.

De acordo com Barbosa Filho (2013), para concepção de um parque é fundamental, após o estudo geológico, geotécnico, realizar a construção de vias, de modo a dar acesso à área e, para tanto, faz-se necessário movimentação de volumes de terra (Execução de cortes e aterros) e compactação dos solos para que os veículos possam trafegar, além da construção das estruturas de drenagem. Os procedimentos de cortes, aterros e compactação de solos ocorrem também na área onde serão erguidas as torres, além dos procedimentos para construção das fundações das torres.

O processo de manejo dos solos, com vistas a torna-lo trafegável e para realizar construções, envolve compactação mecânica dos grãos que o compõe, que contribui, progressivamente, para o rebaixamento do nível lençol freático devido à diminuição da penetração da água da chuva na camada superficial do solo, alterando as condições de recarga natural e, por sua vez, a disponibilidade hídrica.(MEIRELES, 2011).

Um contexto de exploração ambiental de espaços críticos para a reposição freática

pode influenciar a dinâmica das bacias hidrográficas, haja vista as estruturas eólicas serem construídas em localidades que tenham velocidade média de vento adequada e as bacias, por sua vez, são estruturas geológicas que estão dispostas topograficamente em uma região onde os fluxos de água superficiais e também subterrâneos convergem para um corpo comum, de uma porção de maior altitude (Interflúvios) para uma porção de menor altitude, respectivamente.

Na perspectiva de um estudo hidrológico, o conceito de bacia hidrográfica envolve explicitamente o conjunto de terras drenadas por um corpo d'água principal e seus afluentes e representa a unidade mais apropriada para o estudo qualitativo e quantitativo do recurso água e dos fluxos de sedimentos e nutrientes. (PIRES et al, 2002)

Os parques eólicos são geralmente instalados em locais elevados, como em cima de serras ou colinas, porque nessas áreas a velocidade do vento é geralmente mais forte e constante. Além disso, os obstáculos ao redor dessas áreas são menores, permitindo que o vento não seja obstruído ou desviado, o que resulta em uma maior produção de energia eólica.

As características físicas e hidrológicas são modificadas na medida em que a exploração do meio ambiente acontece, principalmente, quando se dá em localidades nas quais existe geografia para reposição freática, como é o caso das áreas de maior altitude das bacias hidrográficas.

Para Gomes et al (2019), os níveis e a direção das águas subterrâneas podem ser afetados, de acordo com estudo desenvolvido no município de Camocim, no litoral oeste do Ceará. Verificou-se em campo, através de perfurações de poços e amostragem de águas subterrâneas, que os níveis hidrostáticos foram reduzidos em virtude da atividade de construção e operação de parques eólicos.

### **6.1 Energia solar e a disponibilidade hídrica.**

Os parques de energia solar podem ter impactos diretos sobre a água e o lençol freático, embora esses impactos possam variar dependendo do local, do tipo de instalação e das práticas de gestão adotadas. Abaixo, estão elencados alguns dos principais impactos que podem ocorrer:

O Uso de água para limpeza dos painéis solares: Para garantir a eficiência dos painéis solares, é necessário que eles sejam limpos periodicamente. Em alguns casos, essa limpeza é feita com água, o que pode representar um consumo significativo desse recurso (RABAIA et al, 2021);

Os Impactos sobre a área de implantação: O consumo de água utilizado para a construção desse tipo de empreendimento e a dispersão de poluentes atmosféricos ao intervir em solos que outrora foram utilizados na agricultura intensiva (LIMA et al, 2022).

O principal impacto direto da usina solar na água é o consumo para a limpeza dos painéis solares. Os painéis precisam ser limpos regularmente para manter a eficiência energética, especialmente em áreas com alta incidência de poeira ou poluição. A quantidade de água necessária para a limpeza dos painéis solares pode variar de acordo com o tipo de tecnologia utilizada e o clima da região. No entanto, é importante que a gestão da água seja feita de forma sustentável, para evitar impactos negativos sobre os recursos hídricos. Além disso, algumas usinas solares podem usar água para resfriar os sistemas de geração de energia.

## Capítulo 7- Custos e ônus ambiental: energias renováveis e fontes tradicionais

Na comparação entre os custos das energias renováveis e as fontes tradicionais, é importante considerar uma variedade de fatores que vão além dos números iniciais. Enquanto as fontes tradicionais, a exemplo dos combustíveis fósseis, historicamente têm sido a escolha predominante devido à sua disponibilidade e baixo custo inicial, as energias renováveis estão se tornando cada vez mais competitivas. Embora o investimento inicial em infraestrutura para energias renováveis possa ser mais alto, os custos operacionais e de manutenção tendem a ser menores a longo prazo.

Para Souza et al (2020), comparativamente, o gasto com energia elétrica convencional, ao longo de 25 anos, poderia ser equivalente à aquisição de 10 sistemas solares fotovoltaicos. Além disso, se considerarmos o custo total de propriedade, que implica todos os custos associados à aquisição, uso e manutenção de um bem, incluindo armazenamento, mão-de-obra dos sistemas solares, a energia convencional pode representar de 4 a 5 vezes o custo do sistema solar fotovoltaico, seja ele adquirido à vista ou a prazo.

Um ponto importante a ser abordado é que o custo para aquisição de tecnologia para implantação fotovoltaica vem diminuindo

Excluindo a energia geotérmica e hidroelétrica, os custos da tecnologia das energias renováveis diminuíram significativamente desde 2010. Na Europa, o custo da eletricidade gerada por energia solar e eólica por quilowatt-hora em 2021 foi quatro a seis vezes inferior ao dos combustíveis fósseis em 2022. Entre Janeiro e Maio de 2022, só a geração eólica e solar na Europa evitou pelo menos 50 mil milhões de dólares em importações de combustíveis fósseis. Com a queda dos preços, o novo fornecimento de energia tem uma parte significativa do futuro para fornecer 65% da eletricidade total mundial até 2030 e descarbonizar 90% da indústria elétrica até 2050, reduzindo assim drasticamente as emissões de carbono e contribuindo para a mitigação das alterações climáticas.(OSMAN et al, 2023)

Outro fato é que um sistema baseado em fontes renováveis oferece uma estabilidade que falta nos sistemas dependentes de combustíveis fósseis. Esta estabilidade é fundamentalmente atribuída à natureza das fontes renováveis de energia, que são naturalmente abundantes e amplamente disponíveis. Ao contrário dos combustíveis fósseis, cujos preços são altamente voláteis e vulneráveis às flutuações do mercado global, as energias renováveis não estão sujeitas às mesmas pressões.

Primeiramente, as fontes renováveis, como solar, eólica e hidrelétrica, não estão vinculadas aos preços de commodities como petróleo, carvão e gás natural. Isso significa que

os custos de operação e manutenção de um sistema baseado em energias renováveis são mais previsíveis ao longo do tempo, pois não estão sujeitos às flutuações dos preços desses combustíveis.

As flutuações do preço do petróleo têm impacto relevante nas economias dos países em função da sua relevância na matriz energética mundial. Devido às suas particularidades, o seu preço é influenciado por eventos econômicos e geopolíticos, o que exacerba esta volatilidade, que parece ter aumentado permanentemente a partir da crise financeira de 2008. (FONSECA, 2023)

Além disso, os sistemas renováveis também oferecem uma proteção contra a volatilidade dos preços de carbono. Como os combustíveis fósseis são uma fonte significativa de emissões de CO<sub>2</sub>, os sistemas baseados neles estão sujeitos a regulamentações cada vez mais rigorosas relacionadas ao preço do carbono. Por outro lado, as energias renováveis são geralmente consideradas mais limpas em termos de emissões de carbono, o que as torna menos afetadas por esses custos adicionais.

Outra questão importante relacionada à produção de energia renovável, especificamente a solar é que embora seja uma fonte de energia renovável e limpa em termos de emissões durante sua operação, a fabricação dos componentes dos sistemas solares pode ter impactos ambientais significativos que precisam ser abordados.

Comparativamente, as fontes de energia não renováveis, como o petróleo e o carvão, também têm impactos ambientais consideráveis em todas as fases de sua vida útil, desde a extração até o transporte e a queima. Isso inclui danos ambientais locais, poluição do ar e emissões de gases de efeito estufa.

Entretanto, é importante reconhecer que os impactos ambientais específicos variam entre diferentes fontes de energia renovável e não renovável. Enquanto as energias renováveis geralmente têm um perfil ambiental mais favorável durante a operação, os desafios ambientais podem estar mais concentrados em outras fases do ciclo de vida, como a fabricação e o descarte dos componentes.

No entanto, os impactos ambientais associados à produção das placas fotovoltaicas e outros componentes dos sistemas solares devem ser gerenciados. A extração de materiais como o silício e o alumínio, bem como o processo de fabricação, consomem uma quantidade significativa de recursos naturais e energia. O transporte global desses materiais também pode gerar emissões de gases de efeito estufa. Portanto, é fundamental buscar formas de minimizar esses impactos, como o

desenvolvimento de técnicas de produção mais limpas e a redução das emissões no transporte.(NOGUEIRA et al, 2024)

Nesse sentido, a busca por formas de minimizar os impactos ambientais da produção de energia solar é essencial para garantir que seu benefício ambiental líquido seja positivo em comparação com as fontes de energia não renováveis. Isso pode incluir o desenvolvimento de técnicas de produção mais limpas, a redução do uso de materiais virgens, a reciclagem de componentes solares no final de sua vida útil e a redução das emissões associadas ao transporte global de materiais.

## Capítulo 8- Materiais e métodos

Este é um estudo de revisão integrativa da literatura, conforme definido por Ercole (2014): A utilização dessa metodologia proporciona a síntese de conhecimento e a incorporação da aplicabilidade de resultados de estudos significativos na prática. Esses estudos oferecem uma visão geral ou um relatório do estado da arte sobre um tópico, destacando novas ideias, métodos e subtemas que receberam diferentes níveis de atenção na literatura selecionada.

O trabalho foi desenvolvido com base em pesquisas sobre a região Nordeste do Brasil, focando em tipos dois tipos de fontes de energias renováveis, eólica e fotovoltaica, com um recorte temporal que vai de 2011 até o presente. A escolha do Nordeste se deu por causa do grande potencial energético para energias renováveis.

Para o levantamento de dados, foram consultadas diversas fontes de pesquisa, incluindo livros, anais e artigos científicos disponíveis em publicações indexadas junto ao Google Acadêmico, além de dados relacionados ao tema disponível em instituições públicas e privadas.

Os critérios de inclusão consideraram trabalhos científicos publicados e disponíveis integralmente em bases de dados indexadas no Google Acadêmico; artigos publicados no intervalo de 2011 a 2024; trabalhos científicos em português e que estivessem alinhados com o objetivo da pesquisa. Foram excluídos trabalhos que não atendiam a esses critérios. Foram considerados também, trabalhos disponíveis no Google Acadêmico produzido no exterior, com finalidade de elaborar um quadro de dados acessório.

A análise do material coletado envolveu a avaliação do conteúdo para garantir que cada texto estivesse relacionado ao objetivo do trabalho. Foram elaborados dois quadros com citações diretas sobre os impactos ambientais das fontes de energia solar e eólica e os dados desses impactos foram considerados de forma conjunta, quando da hipótese de expansão da exploração das atividades econômicas de energias renováveis, aproveitando o potencial do Nordeste brasileiro, e os impactos generalizados.

## Capítulo 9 - Resultados e discussões

Os objetos utilizados na construção deste trabalho foram analisados, permitindo-nos absorver as contribuições de diversos autores sobre a temática pesquisada.

Isso foi feito usando uma metodologia de revisão integrativa da literatura. Porque a utilização desta metodologia garante a síntese do conhecimento e a inclusão de resultados de pesquisas de importância. Quanto à abordagem para a organização deste trabalho, optamos por uma abordagem qualitativa.

A busca pelo banco de dados digital foi utilizada através dos acervos digitais disponíveis nas bibliotecas digitais e sites acadêmicos. O quadro abaixo mostrará algumas informações relacionadas como a ideia principal do material analisado que permite uma melhor compreensão do que está sendo discutido. Entre os trabalhos pesquisados, foram considerados trabalhos acadêmicos (Dissertações, Artigos Científicos, Livros, Capítulos de Livros, Monografias e Teses), entre publicações nacionais, dispostas no Quadro I, e internacionais, dispostas no Quadro II, a saber:

**Quadro II: DADOS DISPONÍVEIS NOS REPOSITÓRIOS DIGITAIS NACIONAIS**

TÍTULO	REFERÊNCIA	CITAÇÃO
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	MENDES, Jocicléa de Sousa. <b>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.</b> 2016. 160 f. Tese (Doutorado em Geografia)-Universidade	Os resultados da pesquisa retratam que os aspectos naturais da área tem seu destaque e estão totalmente conectados com o modo de vida da população. A área apresenta um cenário cênico composto por campo de dunas, lagoas interdunares, estuários e beach rocks. Elementos que apresentavam um

	Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.	equilíbrio natural, sendo utilizados pela população para a sobrevivência e lazer, por meio da extração de marisco, da pesca marítima e continental e do plantio nas planícies de aspersão eólica. A instalação do empreendimento provocou desmonte 128 de dunas (modificando a dinâmica natural e acelerando processos erosivos que são percebidos também no leito do rio), aterramento de lagoas comprometendo a pesca continental, etc
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DOS PARQUES EÓLICOS NA MODIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS LOCAIS EM ÁREAS PILOTO NO CEARÁ E NO RIO GRANDE DO NORTE	BRASILEIRO, Francisca Mairla Gomes. <b>Análise da influência dos parques eólicos na modificação das condições climáticas locais em áreas piloto no Ceará e no Rio Grande do Norte.</b> 2019. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.	O sensoriamento remoto se mostrou capaz de identificar as variações na temperatura de superfície e na cobertura vegetal, advindas, principalmente, das diferenciações nos usos do solo. A nível municipal, identificou-se que as temperaturas elevadas estão associadas às áreas com maior ocupação e solo exposto. As temperaturas mais amenas estão associadas às áreas com maior cobertura vegetal, apontando a capacidade

		que a vegetação apresenta na amenização das temperaturas, e em áreas referentes à existência de corpos hídricos.
ESTUDO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DE PARQUES EÓLICOS NO MUNICÍPIO DE TRAIRI NO CEARÁ	STADLER, Patrícia Sales. <b>Estudo dos impactos ambientais de parques eólicos no município de Trairi no Ceará.</b> 2021. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Energias Renováveis) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.	Apesar do caráter “limpo” da energia eólica, foram identificados os impactos ambientais que são associados a este tipo de empreendimento, percebidos, principalmente, em escala local onde são instalados. Dessa forma, destacaram-se os efeitos sobre o meio físico e biótico: degradação da flora local, alterações morfológicas e geotécnicas do solo, afugentamento e perda de habitat da fauna, colisão de aves e morcegos, emissão de ruídos durante a instalação empreendimentos, ruídos intermitentes durante operação dos aerogeradores, impacto visual na paisagem com a interferência dos grandes equipamentos, desconforto gerado pelas sombras oscilantes das pás, interferência eletromagnética em

		sinais de rádio, televisão e comunicação.
OSPARQUES EÓLICOS NA ZONA COSTEIRA DO CEARÁE OS IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS	DE MOURA-FÉ, Marcelo Martins; DE AGUIAR PINHEIRO, Mônica Virna. <b>Os parques eólicos na zona costeira do Ceará e os impactos ambientais associados.</b> Revista Geonorte, Manaus, v. 4, n. 13, p. 22-41, jul./dez. 2013.	Vale citar que durante o processo construtivo, para se realizar a umectação do solo a ser compactado, sobretudo, para a concretagem, é captada água do manancial subterrâneo, isto representa uma diminuição da disponibilidade do recurso hídrico para a região.
ENERGIA EÓLICA: ENTRE VENTOS, IMPACTOS E VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS NO RIO GRANDE DO NORTE	HOFSTAETTER, Moema. <b>Energia eólica: entre ventos, impactos e vulnerabilidades socioambientais no Rio Grande do Norte.</b> 2016. 160f. Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.	[...] trazemos (v) os efeitos sobre as águas e (vi) o lixo, mais especificamente os resíduos sólidos. Nesse bloco podemos citar, a impermeabilização e retenção da água superficial, o risco de desabastecimento de água em função da grande quantidade de água utilizada para a concretagem dos blocos de sustentação das torres eólicas, realização de obras de terraplanagem, o que pode alterar o nível hidrostático do lençol freático. [...]

<p>IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS NA GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA: SUPRESSÃO DE LAGOAS INTERDUNARES E INSEGURANÇA ALIMENTAR NA COMUNIDADE DE XAVIER, CAMOCIM, CEARÁ.</p>	<p>TAVARES, Gisleidy Uchôa. <b>Impactos socioambientais na geração de energia eólica: supressão de lagoas interdunares e insegurança alimentar na comunidade de Xavier</b>, Camocim, Ceará. 2018. 27f. Artigo.( Bacharelado em Geografia)- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.</p>	<p>Constatou-se que a partir da construção do Parque Eólico Formosa, e sobretudo, com o processo de abertura de vias de acesso para cada um dos pontos destinados à instalação dos geradores eólicos distribuídos sobre o campo de dunas para garantir acesso às turbinas, houve a fragmentação e o soterramento de algumas lagoas interdunares (Lagoa da Geladeira e Lagoa do Ferreira), levando à supressão e a redução do volume de água (Lagoa da Melancia e Lagoa da Vaca), diminuindo ou retirando totalmente as áreas de pesca do peixe de água doce.</p>
<p>DANOS SOCIOAMBIENTAIS ORIGINADOS PELAS USINAS EÓLICAS NOS CAMPOS DE DUNAS DO NORDESTE BRASILEIRO E CRITÉRIOS PARA DEFINIÇÃO DE ALTERNATIVAS LOCACIONAIS</p>	<p>MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade. <b>Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais.</b> Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-</p>	<p>Foi possível evidenciar que as usinas eólicas estão se avolumando de forma descontrolada, sem monitoramento integrado e definição dos impactos cumulativos. As intervenções foram realizadas em área de preservação permanente, abrangendo campo de dunas</p>

	brasileira de geografia, n. 11, 2011.	fixas e móveis, lagoas interdunares (sazonais), planície de aspersão eólica, manguezais e faixas de praia. Foram impactados ecossistemas associados às matas de duna e tabuleiro e possivelmente a dinâmica do lençol freático.
COMPLEXOS EÓLICOS E INJUSTIÇAS AMBIENTAIS: MAPEAMENTO PARTICIPATIVO E VISIBILIZAÇÃO DOS CONFLITOS PROVOCADOS PELA IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NO CEARÁ	DO NASCIMENTO, João Luís Joventino; DE ANDRADE MEIRELES, Antônio Jeovah. <b>Complexos eólicos e injustiças ambientais: mapeamento participativo e visibilização dos conflitos provocados pela implantação de parques eólicos no Ceará.</b> Revista Geografar, Curitiba, v.11, n. 1, p364-83, julho, 2016.	A instalação e permanência dos Complexos Eólicos nas comunidades costeiras apresentam influencia direta na qualidade de vida da população, na cultura, na paisagem e na perspectiva de vida local. Identifica-se problemas ambientais por conta da instalação desses empreendimentos no campo de dunas, soterramento de lagoas interdunares, rebaixamento do lençol freático, destruição de sítios arqueológicos e mudança no deslocamento e fixação das dunas, interferência nas rotas de aves migratórias.
PARQUES EÓLICOS, VULNERABILIDADE E QUALIDADE	SILVA, Raquel Morais. <b>Parques eólicos, vulnerabilidade e qualidade das águas</b>	Constatou-se que o parque eólico foi construído numa área de vulnerabilidade

<p>DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NAS ÁREAS DO ENTORNO DA COMUNIDADE DA PRAIA DE XAVIER, CAMOCIM – CE</p>	<p><b>subterrâneas nas áreas do entorno da comunidade da Praia de Xavier</b>, Camocim – CE. 2020. 108 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.</p>	<p>elevada que abrange a zona de recarga do aquífero, o que, juntamente com as demais intervenções das obras de engenharia, como pavimentação, compactação e impermeabilização no campo de dunas, reduz sensivelmente a renovação de suas reservas no período de chuvas, afetando também seu nível estático.</p>
<p>A LITERATURA CIENTÍFICA SOBRE OS IMPACTOS CAUSADOS PELA INSTALAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS: ANÁLISE CIENCIOMÉTRICA</p>	<p>ARAÚJO, A. A.; MOURA, G. J. B. de. <b>A Literatura Científica sobre os impactos causados pela instalação de Parques Eólicos: Análise Cienciométrica</b>. R. Technol. Soc., Curitiba, v. 13, n. 28, p. 207-223, mai./ago. 2017.</p>	<p>Quanto aos principais impactos negativos no meio físico destaca-se desmatamento da vegetação local, alteração da paisagem e alterações hidrostáticas do lençol freático, respectivamente.</p>
<p>EXPANSÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: IMPACTOS AMBIENTAIS E POLÍTICAS PÚBLICAS</p>	<p>BARBOSA FILHO, Wilson Pereira et al. Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas. <b>Revista Gestão &amp; Sustentabilidade Ambiental</b>, Florianópolis, v. 4, n. esp, p. 628-642, dez. 2015.</p>	<p>O impacto ambiental mais significativo do sistema fotovoltaico para geração de eletricidade é provocado durante sua fabricação e montagem. Contudo, há impactos relacionados a questões da área de implantação.</p>

<p>AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DO MÓDULO FOTOVOLTAICO : PRODUÇÃO E USO COMO FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA</p>	<p>OLIVEIRA, Adriana de Souza. <b>Avaliação de impactos ambientais do módulo fotovoltaico: produção e uso como fonte de energia elétrica.</b> 2017. xiv, 63 f., il. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas)—Universidade de Brasília, Brasília, 2017.</p>	<p>Nos Cenários 1 e 2, os indicadores de energia e água obtiveram maior consumo na extração, purificação do silício e na produção do módulo, onde os principais compostos de consumo foram o silício, o alumínio e o vidro.</p>
<p>ANÁLISE DOS PROCESSOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL EM USINAS FOTOVOLTAICAS NO NORDESTE DO BRASIL</p>	<p>LIMA, Paulo de Tarso Dantas; NETO, Manoel Mariano; ABRAHÃO, Raphael. <b>Análise dos processos de avaliação de impacto ambiental em usinas fotovoltaicas no Nordeste do Brasil.</b> Revista Brasileira de Geografia Física, v. 15, n. 03, p. 1260-1273, 2022.</p>	<p>Ainda foi possível identificar que alguns impactos referenciados na literatura internacional não foram previstos nas avaliações de impacto ambiental analisadas, como por exemplo, o consumo de água utilizado para implantação desse tipo de empreendimento e a dispersão de poluentes atmosféricos ao intervir em solos que outrora foram utilizados na agricultura intensiva. A ausência dessas previsões pode comprometer a tomada de decisão por parte dos órgãos reguladores e licenciadores desses empreendimentos.</p>
<p>IMPACTO AMBIENTAL DA</p>	<p>YABUTA, Yukio Ferreira et al. <b>Impacto</b></p>	<p>É importante falar ainda sobre os impactos</p>

<p>FABRICAÇÃO DO SILÍCIO FOTOVOLTAICO</p>	<p><b>ambiental da fabricação de silício fotovoltaico.</b> 2016. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.</p>	<p>ambientais decorrentes da utilização desse tipo de energia. Apesar do processo de geração de energia por meio de sistemas fotovoltaicos ser um processo limpo, todo o processo de produção e refino do silício está atrelado a grandes impactos ambientais. O silício em si não é um material perigoso, porém, quando combinado com outros componentes químicos, pode se tornar extremamente tóxico. Todo o processo de extração e refino do silício requer um enorme gasto energético e elementos contaminadores são inevitavelmente liberados no meio ambiente.</p>
<p>ENERGIAS RENOVÁVEIS: FONTE DE ENERGIA LIMPA?</p>	<p>FERNANDES, Juana Angélica et al. <b>Energias renováveis: fonte de energia limpa?.</b> In: XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, XI, 2020, Vitória.</p>	<p>Os impactos ambientais em projetos de energia fotovoltaica estão centrados principalmente na fase de fabricação de células solares, sendo necessários estudos direcionados, principalmente, na substituição ou eliminação de produtos que impulsionam estes impactos.</p>

<p>AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO USO DE ÁGUA EM PLANTAS FOTOVOLTAICAS NO BRASIL COM ESTUDO DE CASO.</p>	<p>MENDONÇA, Rodrigo Bogado Serrão et al. <b>Avaliação do impacto do uso de água em plantas fotovoltaicas no Brasil com estudo de caso.</b> 2021. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.</p>	<p>O local com melhor recurso solar no Brasil (região Nordeste) também conta com uma baixa disponibilidade hídrica. Dessa forma, se mostra imprescindível que projetos solares em geral nessa região se tornem autossustentáveis em relação ao recurso água.</p>
<p>IMPACTO DA LIMPEZA DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS PARA MELHOR PRODUTIVIDADE</p>	<p>VIEIRA JUNIOR, Afrânio Alves et al. <b>Impacto da limpeza de painéis fotovoltaicos para melhor produtividade.</b> 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2021.</p>	<p>A limpeza manual é considerada como um dos métodos mais eficazes existentes, a limpeza é feita com água da torneira e misturada com detergente essa solução é aplicada sobre os painéis e logo após é feita a escovação com esponjas, pano ou um material adequado que não agrida a superfície do painel.</p>
<p>AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE PAINÉIS FOTOVOLTAICOS ATRAVÉS DE ANÁLISE DE CICLO DE VIDA</p>	<p>PUPIN, Priscila Carvalho. <b>Avaliação dos impactos ambientais da produção de painéis fotovoltaicos através de análise de ciclo de vida.</b> 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) –</p>	<p>De acordo com a ACV dos painéis fotovoltaicos considerando desde a extração de sílica até a produção do painel em conjunto com um inversor de frequência, foi possível perceber que seu impacto final foi</p>

	Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019.	similar à média dos impactos gerados no Brasil em 2018 utilizando suas fontes energéticas atuais. Isso quer dizer que a substituição das fontes atuais no Brasil pela energia solar, não diminuiria os impactos causados pelo menos em relação ao potencial de aquecimento global, que se mostra um pouco abaixo atualmente do que a produção dos painéis seria capaz de causar na situação considerada.
--	---	--

**Fonte:** Bezerra (2024).

**Quadro III: DADOS DISPONÍVEIS NOS REPOSITÓRIOS DIGITAIS INTERNACIONAIS**

TÍTULO	REFERÊNCIA	CITAÇÃO
RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY REVIEWS	HERNANDEZ, Rebecca R. et al. <b>Environmental impacts of utility-scale solar energy.</b> Renewable and sustainable energy reviews, v. 29, p. 766-779, 2014.	[...] regiões já sob estresse hídrico, como regiões áridas e semiáridas, podem ser vulneráveis a mudanças na hidrologia local, como aqueles incorridos pelas atividades do USSE (Utility Scale Solar Energy). Em áreas com restrições de água, a implantação de projetos USSE (Utility Scale Solar Energy) também pode entrar em conflito com o uso da água por outras atividades humanas (por exemplo, uso doméstico, agricultura), pelo menos à escala local. [...]
ENVIRONMENTAL IMPACTS OF SOLAR ENERGY SYSTEMS: A REVIEW	RABAIA, Malek Kamal Hussien et al. <b>Environmental impacts of solar energy systems: A review.</b> Science of The Total Environment, v. 754, p. 141989, 2021.	[...] Limpeza de espelhos e painéis à água é altamente necessária para evitar qualquer perda de eficiência ou desempenho devido à deposição de poeira, que pode causar queda na geração de energia solar e de desempenho dos sistemas, pois bloqueia a radiação solar. [...]

<p>POTENTIAL ENVIRONMENTAL IMPACTS OF WIND ENERGY DEVELOPMENT: A GLOBAL PERSPECTIVE</p>	<p>NAZIR, Muhammad Shahzad et al. <b>Potential environmental impacts of wind energy development: A global perspective.</b> Current Opinion in Environmental Science &amp; Health, v. 13, p. 85-90, 2020.</p>	<p>Além disso, as águas residuais e o óleo no local da construção podem infiltrar-se no solo subterrâneo e causar sérios problemas ambientais. Áreas com potencial de geração de energia eólica têm frequentemente ecossistemas fracos e baixa biodiversidade. A construção e máquinas pesadas podem interferir no equilíbrio ecológico local, e a recuperação do ambiente pode levar muito tempo.</p>
<p>PERSPECTIVES ON ENVIRONMENTAL IMPACTS AND A LAND RECLAMATION STRATEGY FOR SOLAR AND WIND ENERGY SYSTEMS</p>	<p>DHAR, Amalesh et al. <b>Perspectives on environmental impacts and a land reclamation strategy for solar and wind energy systems.</b> Science of the total environment, v. 718, p. 134602, 2020.</p>	<p>Quando as massas de vento se movem através das pás de uma turbina eólica, frações significativas do impulso do vento são transferidas para a turbina que a converte em energia elétrica e o sistema existente o vento perde uma quantidade semelhante de impulso que perturba as trocas naturais de energia entre a superfície terrestre e as camadas atmosféricas próximas a ela. Tais mudanças podem alterar hidrometeorologia e pode ter um</p>

		efeito cascata na dinâmica atmosférica.
ENVIRONMENTAL ISSUES ASSOCIATED WITH WIND ENERGY E A REVIEW	DAI, Kaoshan et al. <b>Environmental issues associated with wind energy–A review.</b> <i>Renewable energy</i> , v. 75, p. 911-921, 2015.	Durante a construção de um parque eólico, algumas atividades como escavação de fundações e construção de estradas, pode afetar o biosistema local. Se as plantas superficiais forem removidas, o solo seria exposto a ventos fortes e chuvas, resultando na erosão do solo.  Águas residuais e óleo do canteiro de obras podem infiltrar-se no solo e levar a sérios problemas ambientais.
Exploring the environmental and economic impacts of wind energy: a cost-benefit perspective	ADEYEYE, Kehinde; IJUMBA, Nelson; COLTON, Jonathan. <b>Exploring the environmental and economic impacts of wind energy: A cost-benefit perspective.</b> <i>International Journal of Sustainable Development &amp; World Ecology</i> , v. 27, n. 8, p. 718-731, 2020.	Os parques eólicos podem influenciar os padrões climáticos nas suas imediações. Os parques eólicos podem influenciar o clima na sua região imediata.

Fonte: Bezerra (2024).

### 9.1 Impactos na quantidade, qualidade e no uso múltiplo de água disponível.

A expansão da energia eólica e solar pode afetar a quantidade de água disponível em uma região se forem instaladas de forma sistêmica e sem controle sobre os impactos. Para Meireles (2011) as usinas eólicas estão se avolumando de forma descontrolada, sem monitoramento integrado e definição dos impactos cumulativos.

Para Mendonça (2021) a região Nordeste do Brasil, que possui um dos melhores potenciais, enfrenta uma baixa disponibilidade hídrica. Portanto, é fundamental que os projetos solares nessa área se tornem autossustentáveis em relação ao uso da água.

Os impactos ambientais que serão listados anteriormente nos quadros I e II devem ser avaliados de forma conjunta, quando considerado que eles advêm da instalação e operação de parques eólicos e solares, tendo em vista que o Nordeste brasileiro tem alto potencial para instalação de múltiplas usinas.

Alguns exemplos, como a supressão de corpos hídricos e a interferência em atividades econômicas de comunidades representam um problema socioeconômico, além de afetar a vida da população local, modifica a quantidade de água disponível, considerando ainda, a alteração de estruturas naturais e o impacto sobre a fauna.

Constatou-se que a partir da construção do Parque Eólico Formosa, e sobretudo, com o processo de abertura de vias de acesso para cada um dos pontos destinados à instalação dos geradores eólicos distribuídos sobre o campo de dunas para garantir acesso às turbinas, houve a fragmentação e o soterramento de algumas lagoas interdunares (Lagoa da Geladeira e Lagoa do Ferreira), levando à supressão e a redução do volume de água (Lagoa da Melancia e Lagoa da Vaca), diminuindo ou retirando totalmente as áreas de pesca do peixe de água doce.(TAVARES et al, 2018)

Os impactos locais da construção são claros, principalmente, quando afetam o equilíbrio natural e a vida das comunidades adjacentes.

Para Brasileiro (2019) as diferenciações no uso dos solos para empreendimentos de energia eólica podem gerar variações na temperatura de superfície e na cobertura vegetal. As maiores variações de temperaturas foram associadas às áreas com ocupação e solo exposto. As temperaturas mais amenas foram associadas às áreas com maior cobertura vegetal, indicando a função que a vegetação apresenta na variação local das temperaturas e, possivelmente, na evaporação superficial.

A remoção da vegetação e a interferência nos solos são necessárias para a construção dos parques eólicos e solares.

Empreendimentos de usinas fotovoltaicas também podem afetar a quantidade da

água disponível. Um exemplo significativo é que a instalação pode exigir grandes áreas e elevado consumo de água durante esse processo, além interferirem no uso do solo:

Ainda foi possível identificar que alguns impactos referenciados na literatura internacional não foram previstos nas avaliações de impacto ambiental analisadas, como por exemplo, o consumo de água utilizado para implantação desse tipo de empreendimento e a dispersão de poluentes atmosféricos ao intervir em solos que outrora foram utilizados na agricultura intensiva. A ausência dessas previsões pode comprometer a tomada de decisão por parte dos órgãos reguladores e licenciadores desses empreendimentos. (LIMA et al, 2022)

Outra questão importante trata-se da manutenção durante a operação e a necessidade de recursos para limpeza.

Para Vieira Júnior et al (2021) a limpeza manual é um dos métodos mais eficazes disponíveis. Nessa técnica, utiliza-se água da torneira misturada com detergente, que é aplicada nos painéis. Em seguida, realiza-se a escovação com esponjas, panos ou outros materiais adequados que não danifiquem a superfície dos painéis. Este processo de higienização dos equipamentos é necessário para manter a eficiência adequada, no entanto, pode representar riscos quando considerados em grande escala, observando que o potencial da região Nordeste e a construção em larga escala para exploração da atividade econômica de energias renováveis possa gerar disputa pelo uso do recurso hídrico e, conseqüentemente, escassez.

Além da flora, a fauna também pode ser afetada pela construção e operação de parques eólicos e solares. É pertinente destacar que o equilíbrio ecológico também pode influenciar a quantidade e qualidade da água, observando também que a comunidade local, em alguns casos, depende da fauna para subsistência:

Apesar do caráter “limpo” da energia eólica, foram identificados os impactos ambientais que são associados a este tipo de empreendimento, percebidos, principalmente, em escala local onde são instalados. Dessa forma, destacaram-se os efeitos sobre o meio físico e biótico: degradação da flora local, alterações morfológicas e geotécnicas do solo, afugentamento e perda de habitat da fauna, colisão de aves e morcegos, emissão de ruídos durante a instalação empreendimentos, ruídos intermitentes durante operação dos aerogeradores, impacto visual na paisagem com a interferência dos grandes equipamentos, desconforto gerado pelas sombras oscilantes das pás, interferência eletromagnética em sinais de rádio, televisão e comunicação. (STADLER, 2021)

É importante observar que as alterações morfológicas e geotécnicas do solo podem interferir na permeabilidade natural e conseqüentemente, nas recargas dos aquíferos.

Outro ponto trata-se da geração de resíduos no local das usinas, tanto do momento da operação e manutenção, quanto no momento da construção, quando são necessárias

interferências físicas no local do empreendimento:

[...] trazemos (v) os efeitos sobre as águas e (vi) o lixo, mais especificamente os resíduos sólidos. Nesse bloco podemos citar, a impermeabilização e retenção da água superficial, o risco de desabastecimento de água em função da grande quantidade de água utilizada para a concretagem dos blocos de sustentação das torres eólicas, realização de obras de terraplanagem, o que pode alterar o nível hidrostático do lençol freático.[...] (HOFSTAETTER, 2016)

Para de Moura-Fé et al (2013), existe um momento importante durante o processo construtivo, quando se realiza a umectação do solo a ser compactado, sobretudo, para a concretagem, é necessária a captação da água do manancial subterrâneo, isto representa uma diminuição da disponibilidade do recurso hídrico.

A impermeabilização dos solos advinda dos processos de construção civil pode ser tornar um grande problema, tendo em vista que as condições naturais podem ser afetadas e pode haver alteração do nível do lençol freático no local.

A localização na qual um parque eólico ou solar é construído é de grande importância quando observamos os impactos ambientais. Um exemplo é quando esta localidade é zona de grande relevância para o meio ambiente:

Constatou-se que o parque eólico foi construído numa área de vulnerabilidade elevada que abrange a zona de recarga do aquífero, o que, juntamente com as demais intervenções das obras de engenharia, como pavimentação, compactação e impermeabilização no campo de dunas, reduz sensivelmente a renovação de suas reservas no período de chuvas, afetando também seu nível estático. (SILVA et al, 2020)

A expansão da energia eólica e solar também pode afetar a qualidade da água em uma região, especialmente se houver vazamentos ou derramamentos de substâncias químicas associadas às usinas (por exemplo, lubrificantes de turbinas eólicas). Essas substâncias podem contaminar a água e prejudicar a saúde humana e dos ecossistemas locais;

Além disso, as águas residuais e o óleo no local da construção podem infiltrar-se no solo subterrâneo e causar sérios problemas ambientais. Áreas com potencial de geração de energia eólica têm frequentemente ecossistemas fracos e baixa biodiversidade. A construção e máquinas pesadas podem interferir no equilíbrio ecológico local, e a recuperação do ambiente pode levar muito tempo. (NAZIR et al, 2020)

A expansão das fontes renováveis de energia também pode afetar os usos múltiplos da água, como a irrigação, a pesca e o abastecimento humano. Isso pode gerar conflitos entre diferentes usuários da água e afetar a segurança alimentar e hídrica da região;

Os resultados da pesquisa retratam que os aspectos naturais da área tem seu destaque e estão totalmente conectados com o modo de vida da população. A área apresenta um cenário cênico composto por campo de dunas, lagoas interdunares, estuário e beach rocks. Elementos que apresentavam um equilíbrio natural, sendo utilizados pela população para a sobrevivência e lazer, por meio da extração de marisco, da pesca marítima e continental e do plantio nas planícies de aspersão eólica. A instalação do empreendimento provocou desmonte 128 de dunas (modificando a dinâmica natural e acelerando processos erosivos que são percebidos também no leito do rio), aterramento de lagoas comprometendo a pesca continental, etc. (MENDES, 2016)

A pesquisa retrata como os aspectos naturais da região estão intrinsecamente ligados ao modo de vida da população local. Essa situação ressalta a importância de um planejamento sustentável que considere a conservação dos recursos naturais e o bem-estar da população.

É importante destacar a necessidade do manejo dos resíduos provenientes da manutenção, construção e operação dos sistemas e também de planos de gestão e fiscalização regional para mitigação de impactos ambientais e sociais. Estudos na área de reciclagem de componentes e de localidades de restrição para instalação de usinas podem ser de grande relevância.

A influência de implantação de parques eólicos e solares podem representar, quando avaliados de forma conjunta em uma região, danos nos aspectos quantitativos e qualitativos, o que pode ensejar, considerando a exploração em cadeia de áreas vulneráveis aos eventos climáticos e naturais, a exemplo do semiárido nordestino do Brasil, danos socioeconômicos em grande escala para uma região e, em especial, ao uso da água.

## Capítulo 10 - Considerações finais.

O crescimento da energia eólica e solar, particularmente na região Nordeste do Brasil, destaca a importância de um planejamento integrado e sustentável. A avaliação dos efeitos ambientais e sociais das usinas de energia renovável mostra que, mesmo sendo crucial a mudança para fontes de energia limpas para amenizar as alterações climáticas, essa mudança não pode comprometer a disponibilidade e a qualidade da água, recurso necessário para a existência humana e os ecossistemas.

As pesquisas citadas ressaltam que a construção de parques eólicos e solares pode resultar em impactos consideráveis, como a fragmentação de habitats, diminuição da disponibilidade de água e mudanças na biodiversidade local. Os danos sobre os recursos hídricos e o impacto nas atividades econômicas das comunidades são questões socioeconômicas que não podem ser negligenciadas. Adicionalmente, a demanda por extensas áreas para a implementação desses projetos e a utilização de água para sua manutenção podem intensificar a disputa por recursos hídricos limitados, agravando a já delicada situação hídrica do Nordeste.

É crucial que os projetos sejam apoiados por avaliações cuidadosas de impacto ambiental que levem em conta, não somente os efeitos imediatos, mas também os impactos acumulados e a interação entre os vários elementos ecológicos e sociais. A correta administração dos resíduos produzidos, a recuperação das áreas impactadas e a definição de áreas de restrição para novas construções são ações fundamentais para minimizar os prejuízos.

Em última análise, é essencial incorporar estratégias que favoreçam a autossustentabilidade dos projetos no que diz respeito ao uso da água e à preservação dos ecossistemas locais. É fundamental o diálogo entre os envolvidos, incluindo comunidades locais, entidades reguladoras e empresas do setor, para assegurar que o crescimento das energias renováveis contribua de maneira equilibrada para o desenvolvimento sustentável, considerando os limites ambientais e as demandas das comunidades impactadas.

## REFERÊNCIAS

- ABEEÓLICA. **Arquivos Agência ABEEólica**. 2022. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/category/noticias/agencia-abeeolica/>>. Acesso em: 25 nov. 2022.
- ABEEÓLICA. **Dados ABEEólica**. 2022. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/energia-eolica/dados-abeeolica/>>. Acesso em: 25 nov. 2022.
- ABEEÓLICA. **Dados Externos**. 2022. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/energia-eolica/dados-externos/>>. Acesso em: 25 nov. 2022.
- ABSOLAR. **Panorama da solar fotovoltaica no Brasil e no mundo. 2022**. disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 12 set. 2024. Acesso em: 26 nov. 2022.
- ABSOLAR. **2024: o ano da energia solar no Brasil**. 2024. disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/https-www-modaisemfoco-com-br-noticias-2024-o-ano-da-energia-solar-no-brasil/>> Acesso em: 15 de ago. 2024.
- AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA (IEA). **Renewable energy country profile: Brazil**. 2022. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/renewable-energy-country-profile-brazil>>. Acesso em: 3 mai. 2023.
- BRASIL, Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Geração Distribuída**. 2022. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>>. Acesso em: 3 mai. 2023.
- BRASIL, Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). **Leilões**. 2022. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/leiloes>>. Acesso em: 3 mai. 2023.
- BRASIL, CONAMA. **Resolução nº 462, de 24 de julho de 2014**. Disponível em: <[https://conama.mma.gov.br/?option=com\\_sisconama&task=arquivo.download&id=677](https://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=677)>. Acesso em: 3 mai. 2023
- ALENCAR, K. **Os impactos ambientais e sociais da produção de energia eólica**. 2022. Disponível em: <<https://agencia.ufc.br/os-impactos-ambientais-e-sociais-da-producao-de-energia-eolica/>>. Acesso em: 25 nov. 2022.
- ARAÚJO, A. A.; MOURA, G. J. B. de. **A Literatura Científica sobre os impactos causados pela instalação de Parques Eólicos: Análise Cienciométrica**. R. Technol. Soc., Curitiba, v. 13, n. 28, p. 207-223, mai./ago. 2017.
- ARAÚJO, Alana Ramos; BELCHIOR, Germana Parente Neiva; VIEGAS, T. E. S. **Os impactos das mudanças climáticas no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Fundação Sintaf, p. 1-382, 2016.
- AVERSA, Izabella de Camargo. **Avaliação de impacto ambiental aplicada a projetos de geração de energia eólica: o caso do estado do Ceará**. 2018. 253 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental)-Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

BARBOSA FILHO, W. P.; AZEVEDO, A. C. S. de. **Impactos ambientais em usinas eólicas**. In: IX Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural-AGRENER GD 2013, IX, 2013, Itajubá.

BARBOSA FILHO, Wilson Pereira et al. **Expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil: impactos ambientais e políticas públicas**. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 4, n. esp, p. 628-642, dez. 2015.

BARBOSA, A. C. L. **Avaliação Ambiental do uso da energia eólica para usuários de pequeno porte**. 2008. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

BARBOSA, R. P. **Avaliação de risco e impacto ambiental**. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2017. (Série Eixos).

BEZERRA, Nizomar Falcão. **Água no semi-árido nordestino. Experiências e desafios**. Água e Desenvolvimento Sustentável no Semiárido, p. 35-52, 2002.

BRASIL, BNDES. **Painel NDC - nossa contribuição para as metas de redução de emissões do Brasil**. 2022. Disponível em: <[https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/resultados/emissoes-evitadas!/ut/p/z1/04\\_iUIDg4tKPAFJABpSA0fpReYllmemJJZn5eYk5-hH6kVFm8eaB7s4ejiaGPhY-\\_pYGgeaepuYmxv5GjkbG-l76UfgVFGQHKgIAyCzcpq!!/](https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/desenvolvimento-sustentavel/resultados/emissoes-evitadas!/ut/p/z1/04_iUIDg4tKPAFJABpSA0fpReYllmemJJZn5eYk5-hH6kVFm8eaB7s4ejiaGPhY-_pYGgeaepuYmxv5GjkbG-l76UfgVFGQHKgIAyCzcpq!!/)>. Acesso em: 25 nov. 2022.

BOREALSOLAR. “**Potencial de energia solar: Quais as melhores regiões brasileiras para captação da luz solar**”. 2022. disponível em: <<https://borealsolar.com.br/blog/2016/10/26/potencial-de-energia-solar-quais-as-melhores-regioes-brasileiras-para-captacao-da-luz-solar/>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

BRASILEIRO, Francisca Mairla Gomes. **Análise da influência dos parques eólicos na modificação das condições climáticas locais em áreas piloto no Ceará e no Rio Grande do Norte**. 2019. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.

CAMPOS, P. **Moinhos, um símbolo da luta do país contra a água na Holanda**. 2022. Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/turismo/moinhos-um-simbolo-da-luta-do-pais-contra-a-agua-na-holanda-1.2016226>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

CARVALHO, N. L. de; KERSTING, C.; ROSA, G.; FRUET, L.; BARCELLOS, A. L. de. **Desenvolvimento sustentável x Desenvolvimento econômico**. Monografias Ambientais, v. 14, n. 3, p. 109–117, 2015.

CARVALHO, Andressa Pedrosa Alexandrino et al. **Estudo para possível implementação de energia fotovoltaica para alimentação do prédio de laboratórios da UFU campus Patos de Minas**. 2018. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

CARVALHO, Paulo. **O Uso da Energia: 4 Milhões a.c. aos Tempos Atuais**. 1ª edição. Lisboa: Lisbon, 2022.

CHAPMAN, S.; CRICHTON, F. **Wind Turbine Syndrome: A Communicated Disease**. Sydney, NSW, Australia: Sydney University Press, 2017.

CIRCULA CT. **Energia eólica: os ventos da mudança**. 2022. Disponível em: <<https://www.circulact.org/post/energia-e%C3%B3lica-os-ventos-da-mudan%C3%A7a>>. Acesso em: 2 maio. 2023.

CRESESB. **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica**. 2022. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

DA VEIGA, José Eli. **Sustentabilidade: a legitimação de um novo valor**. 1ª edição. São Paulo: Senac, 2017.

DE ALMEIDA, Josimar Ribeiro; DE FRANÇA BAHÉ, Jackeline Maria Cardoso; DO COUTO PEREIRA, Raphael. **Fontes de energia alternativas**. In: Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente: avanços, retrocessos e novas perspectivas-volume 2. Editora Científica Digital, 2022. p. 276-288.

DE CASTRO REIS, Dartisson et al. **Análise técnico-jurídica dos impactos ambientais presentes no processo de fabricação de painéis fotovoltaicos**. In: Anais V Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS. V, 2014, Recife.

DE MOURA, Magna Soelma Beserra; SOBRINHO, José Espínola; DA SILVA, Thieres George Freire. **Aspectos meteorológico do semiárido brasileiro**. 2019.

DE MOURA-FÉ, Marcelo Martins; DE AGUIAR PINHEIRO, Mônica Virna. **Os parques eólicos na zona costeira do Ceará e os impactos ambientais associados**. Revista Geonorte, Manaus, v. 4, n. 13, p. 22-41, jul./dez. 2013.

DEMARTELAERE, Andrea Celina Ferreira et al. **Revisão bibliográfica: impactos em áreas nativas da caatinga causadas pelas atividades econômicas e as técnicas de reflorestamento**. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 4, p. 25285-25306, 2022.

DO NASCIMENTO, João Luís Joventino; DE ANDRADE MEIRELES, Antônio Jeovah. **Complexos eólicos e injustiças ambientais: mapeamento participativo e visibilização dos conflitos provocados pela implantação de parques eólicos no Ceará**. Revista Geografar, Curitiba, v.11, n. 1, p364-83, julho, 2016.

DOS SANTOS, Yonara Claudia et al. **Enfrentamento aos riscos das mudanças climáticas no semiárido brasileiro: a adaptação climática como uma nova agenda governamental**. Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa, v. 22, n. 1, p. 46-66, 2023.

ECE. **Charles F. brush**. 2022. Disponível em: <<https://ece.engin.umich.edu/stories/charles-f-brush>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

ENERGY AGENCY (IRENA). **Water use and solar energy: a guide for decision-makers, International Renewable**. 2022. disponível em: <[https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA\\_Water\\_use\\_and\\_solar\\_energy\\_2017.pdf](https://www.irena.org//media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Oct/IRENA_Water_use_and_solar_energy_2017.pdf)>. Acesso em: 30 nov. 2022.

ERCOLE, Flávia Falci; DE MELO, Laís Samara; ALCOFORADO, Carla Lúcia Goulart Constant. **Revisão integrativa versus revisão sistemática**. REME-Revista Mineira de Enfermagem, v. 18, n. 1, 2014.

ESFERAENERGIA. **O que é e como funciona esse programa?** 2022. Disponível em: <<https://esferaenergia.com.br/blog/mercado-livre-de-energia/proinfa/>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

UFMG, Espaço do Conhecimento. **Energia acessível e limpa**. 2022. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/espacodoconhecimento/energia-acessivel-e-limpa/>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

FERNANDES, Juana Angélica et al. **Energias renováveis: fonte de energia limpa?**. In: XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, XI, 2020, Vitória.

FIGUEIREDO, Luciana Maria Matos. **O papel do Plano Nacional de Segurança Hídrica: a universalização do acesso a água no país, principalmente no Nordeste e Ceará**. 2020, 32 f, Artigo (Mestrado em Gestão e Políticas Públicas)-Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2020.

FIOCRUZ. **Moinhos: energia hidráulica ou eólica**. 2022. Disponível em: <<http://www.invivo.fiocruz.br/cienciaetecnologia/moinhos-energia-hidraulica-ou-eolica/>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

FONSECA, Reinaldo Aparecida et al. **Produção mais limpa: uma nova estratégia de produção**. In: Anais do X Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, p. 1-11, X, 2013, Resende.

FONSECA, Rodrigo Ferreira Saraiva da. **Avaliação de medidas de suavização intertemporal do impacto da volatilidade do preço do petróleo com base na predição do seu valor esperado**. 2023. 75 f. Dissertação (Mestrado em Economia e Finanças)- Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2023.

FUNDAÇÃO JOAQUIN NABUCO. **Nordeste gera 85% da energia eólica do Brasil**. 2022. disponível em: <<https://antigo.fundaj.gov.br/index.php/a-questao-energetica/10859-nordeste-gera-85-da-energia-eolica-do-brasil>> . Acesso em: 12 mar. 2024.

GOMES, Maria da Conceição Rabelo et al. **Análise dos Níveis de Alteração dos Aquíferos a partir da Instalação de Parques Eólicos sobre Dunas no Litoral do Ceará, Brasil**. Revista Ambiente & Água, v. 14, 2019.

GOMES<sup>1</sup>, Leonardo Rafael Teixeira Cotrim; ALVA, Juan Carlos Rossi. **Impactos ambientais gerados pelos ruídos emitidos pelos aerogeradores situados nas proximidades de morro do chapéu no estado da bahia.** In: XIX Semana de Mobilização científica da UCSAL, XIX, 2016, Salvador.

GOMES, Leonardo Rafael Teixeira Cotrim. **Avaliação de ruídos em aerogeradores situados no complexo eólico Serra Azul-BA.** 2017. 118 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Ambiental) – Universidade Católica de Salvador, Salvador, 2017.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. **Caminhos para uma Gestão participativa dos recursos energéticos de matriz renovável (Parques Eólicos) no Nordeste do Brasil.** Mercator, Fortaleza, v.15, n.1, p. 101-115, jan./mar. 2016.

GORAYEB, Adryane; BRANNSTROM, Christian; MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil.** Fortaleza: Edições UFC, 2019.

BRASIL, ANEEL. **Com acréscimo de 601,5 MW, maio tem a maior expansão da geração em 2022.** 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/com-acrescimo-de-601-5-mw-maio-tem-a-maior-expansao-da-geracao-em-2022>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

BRASIL, ANEEL. **Brasil sobe para a sexta posição em ranking internacional de capacidade de energia eólica onshore.** 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2022/04/brasil-sobe-para-a-sexta-posicao-em-ranking-internacional-de-capacidade-de-energia-eolica>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

HOFSTAETTER, Moema. **Energia eólica: entre ventos, impactos e vulnerabilidades socioambientais no Rio Grande do Norte.** 2016. 160f. Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

BRASIL, IBAMA. **Resolução 462, de 24 de julho de 2014 .** 2022. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=133565>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

JUSBRASIL. **Pequenos-apontamentos-sobre-a-energia-eolica-e-sua-repercussao-no-meio-ambiente-solucoes-e-problemas.** 2022. Disponível em: <<https://rogeriotadeuromano.jusbrasil.com.br/artigos/1200920167/pequenos-apontamentos-sobre-a-energia-eolica-e-sua-repercussao-no-meio-ambiente-solucoes-e-problemas>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

LEROY, Jean Pierre; MEIRELES, Jeovah. **Povos indígenas e comunidades tradicionais: os visados territórios dos invisíveis.** Porto, MF; Pacheco, T.; Leroy, JP Injustiça ambiental e saúde no Brasil: o mapa de conflitos. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, p. 115-122, 2013.

LIMA, Ariane Martins Caponi. **Energia solar fotovoltaica e a análise de sistema ambiental.** Gears n'bricks, v. 1, n. 1, 2020.

LIMA, Paulo de Tarso Dantas; NETO, Manoel Mariano; ABRAHÃO, Raphael. **Análise dos processos de avaliação de impacto ambiental em usinas fotovoltaicas no Nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 15, n. 03, p. 1260-1273, 2022.

MACHADO, Carolina T.; MIRANDA, Fabio S. **Energia Solar Fotovoltaica: uma breve revisão**. Revista virtual de química, v. 7, n. 1, p. 126-143, 2015.

MARENGO, José Antônio. **Água e mudanças climáticas**. Estudos avançados, v. 22, p. 83-96, 2008.

MARIANO, Enzo B. **Conceitos básicos de análise de eficiência produtiva**. In: XII Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP, XII, 2007, Rio de Janeiro.

MDPI. **"Water Use and Sustainability Analysis of Utility-Scale Photovoltaic (PV) Systems: Current Status and Future Prospects"**. 2022. disponível em: <<https://www.mdpi.com/1996-1073/9/5/349>> Acesso em: 30 nov. 2022.

MEIRELES, Antônio Jeovah de Andrade. **Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locais**. Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia, n. 11, 2011.

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.

MENDONÇA, Rodrigo Bogado Serrão et al. **Avaliação do impacto do uso de água em plantas fotovoltaicas no Brasil com estudo de caso**. 2021. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2021.

MONTEIRO, Mônica da Costa et al. **Células fotovoltaicas de silício cristalino: tecnologias e processos de fabricação**. 2016. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

MINAYO, Maria Cecília de Souza; GUERRIERO, Iara Coelho Zito. **Reflexividade como étnos da pesquisa qualitativa**. Ciência & Saúde Coletiva, v. 19, p. 1103-1112, 2014.

NASCIMENTO, H. **Os impactos ambientais e sociais da produção de energia eólica**. Disponível em: <<http://www.labocart.ufc.br/?p=650>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

US, National Renewable Energy Laboratory (NREL). **Water Use in Solar Power Generation"**. 2022. disponível em: <<https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/56496.pdf>> Acesso em: 28 nov. 2022.

NATIONALGEOGRAPHIC. **Coração como uma roda**. 2022. Disponível em: <<https://www.nationalgeographic.org/projects/out-of-edem-walk/articles/2017-10-heart-wheel/?language=pt>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

NAZIR, Muhammad Shahzad et al. **Potential environmental impacts of wind energy development: A global perspective**. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, v. 13, p. 85-90, 2020.

NEOENERGIA. **A história da energia eólica**. 2022. Disponível em: <<https://www.neoenergia.com/pt-br/sala-de-imprensa/noticias/Paginas/historia-da-energia-eolica.aspx>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

NOGUEIRA, Victória Alves; SCHETTINO, Stanley. **Uso de energia renovável de usinas fotovoltaicas (UFVs) no Brasil-aspectos técnicos e ambientais**. *Inovações em pesquisas agrárias e ambientais*, v. 2, p. 18.

NOSCHANG, Patrícia Grazziotin; SCHELEDER, Adriana Fasolo Pilati. **A (in)sustentabilidade hídrica global e o direito humano à água**. *Seqüência Estudos Jurídicos e Políticos*, Florianópolis, v. 39, n. 79, p. 119–138, 2018. DOI: 10.5007/2177-7055.2018v39n79p119. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/sequencia/article/view/2177-7055.2018v39n79p119>>. Acesso em: 20 set. 2024.

ONU. **Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável**. 2015. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel>>. Acesso em: 07 de mai. 2024.

OLIVEIRA, Adriana de Souza. **Avaliação de impactos ambientais do módulo fotovoltaico: produção e uso como fonte de energia elétrica**. 2017. 63 f, Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas)-Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

OLIVEIRA, Ledjane Maria Alves et al. **Estudo e caracterização química de resíduos fotovoltaicos obtidos por separação mecânica**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência de Materiais)- Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

OSMAN, Ahmed I. et al. **Cost, environmental impact, and resilience of renewable energy under a changing climate: a review**. *Environmental Chemistry Letters*, v. 21, n. 2, p. 741-764, 2023.

PIRES, José Salatiel Rodrigues; SANTOS, JE dos; DEL PRETTE, Marcos Estevan. **A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. Conceitos de bacias hidrográficas: teorias e aplicações**. Ilhéus: Editus, p. 17-35, 2002.

PORTAL SOLAR. **Energia solar no Brasil: uma análise completa do mercado**. 2022. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil/>>. Acesso em: 3 mai. 2023.

ONU, Protocolo de Kyoto. Em: **Cambio Climático. Glaciaciones y calentamiento global**. [s.l.] Editorial Utadeo, 2007. p. 233–264.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO, SEMIL. **Linha do tempo das principais conferências e eventos da área ambiental na esfera das Nações Unidas e os principais**

**documentos resultantes.** 2024. Disponível em: <<https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/2024/06/linha-do-tempo-das-principais-conferencias-e-eventos-da-area-ambiental-na-esfera-das-nacoes-unidas-e-os-principais-documentos-resultantes/>> . Acesso em: 6 jun. 2024.

PROCHNOW, Tania Renata et al. **Educação para a sustentabilidade: uma proposta de ensino utilizando a energia eólica como tema gerador nos anos iniciais.** In: I encontro de ciências em educação para a sustentabilidade. I, 2013, Canoas.

PRICE, Trevor J. **James Blyth—Britain's first modern wind power pioneer.** Wind engineering, v. 29, n. 3, p. 191-200, 2005.

PUPIN, Priscila Carvalho. **Avaliação dos impactos ambientais da produção de painéis fotovoltaicos através de análise de ciclo de vida.** 2019. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2019.

RABAIA, Malek Kamal Hussien et al. **Environmental impacts of solar energy systems: A review.** Science of The Total Environment, v. 754, p. 141989, 2021.

SCIENCEDIRECT. **Water Consumption of Concentrated Solar Power Plants: Overview and Perspective.** 2022. disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116307489>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

RESISTIR. **Síndrome da turbina eólica.** 2022. Disponível em: <[http://resistir.info/energia/sindrome\\_c\\_eolicas.html](http://resistir.info/energia/sindrome_c_eolicas.html)>. Acesso em: 25 nov. 2022.

REVISTAEA. **Projeto de energia eólica.** 2022. Disponível em: <<https://www.revistaea.org/pf.php?idartigo=2639>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

RODRIGUES, Suzi Carolina Moraes et al. **Os recursos naturais no processo de desenvolvimento econômico capitalista.** Semioses, v. 13, n. 4, p. 50-68, 2019.

SANTOS, Joelson Oliveira; DA SILVA ALVES, Janaina. **Mudanças climáticas, comércio intranacional e exportações agrícolas à luz do modelo gravitacional: estimativas para o Nordeste brasileiro.** DRd-Desenvolvimento Regional em debate, v. 10, p. 324-347, 2020.

SILVA, Flavio Rodrigues Vilas Boas. **Energia eólica: sistemas isolados em regiões rurais no Brasil.** 2023. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em engenharia de Materiais)-Uninter, Curitiba, 2023.

DA SILVA, Manuel Duarte. **Tipificação de fundações de torres eólicas em parques industriais, para diversos tipos de solos.** 2014. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2014.

SILVA, Raquel Moraes. **Parques eólicos, vulnerabilidade e qualidade das águas subterrâneas nas áreas do entorno da comunidade da Praia de Xavier, Camocim – CE.** 2020. 108 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

SIMÕES, Sara Cristina Domingos. **Caracterização do ruído produzido por um parque eólico: efeito sobre a população**. 2015. 119 f. Dissertação (Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho)- Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Ciências Empresariais, Setúbal, 2015.

SOUZA, Fabiana Frigo; MALDONADO, Thiago Vargas; DA SILVA JUNIOR, Sidinei Augusto. **Avaliação do Custo Total de Propriedade do uso de energia solar fotovoltaica e da energia elétrica convencional**. In: Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC, XV, 2020, São Leopoldo.

SOUZA, Marcela Tavares de; SILVA, Michelly Dias da; CARVALHO, Rachel de. **Revisão integrativa: o que é e como fazer**. Einstein (São Paulo), v. 8, p. 102-106, 2010.

STADLER, Patrícia Sales. **Estudo dos impactos ambientais de parques eólicos no município de Trairi no Ceará**. 2021. 71 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Energias Renováveis) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SUSTENTABILIDADE AGORA. **“Energias Renováveis, muito prazer!”**. 2021. disponível em: <<https://sustentabilidadeagora.com.br/energias-renovaveis-muito-prazer/>>. Acesso em: 10 mai. 2024

Tabassum-Abbasi, Premalatha, M., Abbasi, T., Abbasi, S.A., 2014. **Wind energy: Increasing deployment, rising environmental concerns**. Renew. Sust. Energ. Rev. 31, 270–288.

TAVARES, Gisleidya Uchôa. **Impactos socioambientais na geração de energia eólica: supressão de lagoas interdunares e insegurança alimentar na comunidade de Xavier, Camocim, Ceará**. 2018. 27f. Artigo.( Bacharelado em Geografia)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

UNIVERSITY OF EDINBURGH. **James Blyth (1839 - 1906)**. 2022. Disponível em:<<https://www.ed.ac.uk/alumni/services/notable-alumni/alumni-in-history/james-blyth>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

UOL. **Com mais de 700 parques eólicos ne sofre com danos ambientais silenciosos**. 2022. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/colunas/carlos-madeiro/2022/07/03/com-mais-de-700-parques-eolicos-ne-sofre-com-danos-ambientais-silenciosos.html>>. Acesso em: 25 nov. 2022.

US, Department of the Interior, Bureau of Land Management. **Impacts of Utility-Scale Solar Power Facilities on Water Resources**. 2022. disponível em: <[https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/documents/files/Solar\\_Water\\_Resource\\_Report\\_Final.pdf](https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/documents/files/Solar_Water_Resource_Report_Final.pdf)>. Acesso em: 13 mar. 2024.

VIANA, Maurício Boratto; TAVARES, Wagner Marques; LIMA, Paulo César Ribeiro. **Sustentabilidade e as principais fontes de energia**. Políticas setoriais e meio ambiente, p. 132, 2015.

VIEIRA JUNIOR, Afrânio Alves et al. **Impacto da limpeza de painéis fotovoltaicos para melhor produtividade**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação) - Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2021.

WANDCHEER, Clarissa Bueno; VENTURI, Thaís G. Pascoaloto. **O Desenvolvimento Sustentável e algumas considerações críticas ao modelo econômico capitalista**. Revista Novos Estudos Jurídicos, v. 22, n. 02, 2017.

YABUTA, Yukio Ferreira et al. **Impacto ambiental da fabricação de silício fotovoltaico**. 2016. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016.

ZANELLA, Maria Elisa. **Considerações sobre o clima e os recursos hídricos do semiárido nordestino**. Caderno Prudentino de Geografia, v. 1, n. 36, p. 126-142, 2014.

ZAPAROLLI, D. **Ventos promissores a caminho**. Fapesp, 2022. Disponível em: <<https://revistapesquisa.fapesp.br/ventos-promissores-a-caminho/>>. Acesso em: 25 nov. 2022.