



CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENEU
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

Erik Araujo Alves

Maria Ivanilda Rabelo Martins

Vanderson Renato Pereira dos Santos

Cleiton Valentim de Oliveira

POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVÁVEL NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL
(RENEWABLE ENERGY POTENTIAL IN THE NORTHEAST REGION OF BRAZIL)

Fortaleza
2022

Ficha catalográfica da obra elaborada pelo autor através do programa de geração automática da Biblioteca da UniAteneu.

Alves, Erik Araújo .

POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVÁVEL NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL: (RENEWABLE ENERGY POTENTIAL IN THE NORTHEAST REGION OF BRAZIL) / Erik Araújo Alves, Maria Ivanilda Rabelo Martins, Vanderson Renato Pereira dos Santos, Cleiton Valentim de Oliveira. - 2022
36 f.

Trabalho de Conclusão de Curso de (Graduação) - Centro Universitário Ateneu. Curso de Engenharia Civil. Fortaleza, 2022.

Orientação: Allan Clemente de Souza.

1. Energias Renováveis. I. Martins, Maria Ivanilda Rabelo . II. Santos, Vanderson Renato Pereira dos . III. Oliveira, Cleiton Valentim de . IV. Souza, Allan Clemente de. V. Título.

POTENCIAL ENERGÉTICO RENOVÁVEL NA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL
(*RENEWABLE ENERGY POTENTIAL IN THE NORTHEAST REGION OF BRAZIL*)

Erik Araujo Alves¹

Maria Ivanilda Rabelo Martins²

Vanderson Renato Pereira dos Santos³

Cleiton Valentim de Oliveira⁴

Allan Clemente de Souza (Prof^o Orientador Doutorando em Engenharia Civil)⁵

RESUMO

A região Nordeste do Brasil apresenta um grande potencial energético em crescimento, caracterizado pela produção de fontes alternativas de energias limpas e renováveis. Tal fator apresenta um contraste com algumas regiões de extrema pobreza econômica, caracterizada pela escassez hídrica ou pela impossibilidade de instalação de novas usinas hidrelétricas no país. Essa opção na produção de outras fontes, pode ser uma alternativa energética favorável para atender, satisfatoriamente, à demanda atual em função do desenvolvimento econômico da população, do processo de urbanização das cidades e da automação dos processos fabris das indústrias. Essas fontes podem até substituir ou auxiliar no fornecimento da demanda energética atual, mediante a possível escassez de combustíveis fósseis, utilizados em demasia desde os primórdios. Essa necessidade faz com que se explorem novas fontes alternativas de energias sustentáveis, tais como: eólica, solar, hidrogênio verde e a biomassa. Os investimentos deverão ser atrelados ao conceito de crescimento e desenvolvimento econômico, socioambiental, de forma que sejam previstos grandes investimentos econômicos e tecnológicos em energias alternativas limpas e renováveis. A metodologia utilizada foi a da Revisão Sistematizada de Literatura (RSL), a qual consiste na análise de literaturas já publicadas disponíveis na área acadêmica, utilizando critérios e parâmetros de seleção para se obter o resultado com base nas referências dos autores estudados. A finalidade e resultado desse estudo é discorrer sobre os pontos positivos, pontos negativos e impactos gerados no âmbito socioambiental com a utilização dessas fontes de energias renováveis presentes no Nordeste brasileiro, mostrando a importância de se conhecer e investir no desenvolvimento dessas energias renováveis para alavancar o crescimento econômico, social e ambiental.

Palavras-chave: Energias Renováveis. Eólica. Solar. Hidrogênio Verde. Biomassa. Sustentável. Região Nordeste do Brasil.

¹Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: erikalvescsc@gmail.com

²Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: ivanilda.rabelo@gmail.com

³Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: vanderson.renato@hotmail.com

⁴Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: eng.cleitonvalentim@gmail.com

⁵Doutorando em Eng. Civil – Docente do Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: allan.souza@professor.uniateneu.edu.br

ABSTRACT

The Northeast region of Brazil has a great growing energy potential, characterized by the production of alternative sources of clean and renewable energy. This factor contrasts with some regions of extreme economic poverty, characterized by water scarcity or the impossibility of installing new hydroelectric plants in the country. This option in the production of other sources can be a favorable energy alternative to satisfactorily meet the current demand due to the economic development of the population, the urbanization process of cities and the automation of industrial manufacturing processes. These sources can even replace or assist in supplying the current energy demand, through the possible scarcity of fossil fuels, overused since the beginning. This need leads to the exploration of new alternative sources of sustainable energy, such as wind, solar, green hydrogen and biomass. Investments should be linked to the concept of economic, socio-environmental growth and development, so that large economic and technological investments are foreseen in clean and renewable alternative energies. The methodology used was the Systematized Literature Review (RSL), which consists of analyzing already published literature available in the academic area, using selection criteria and parameters to obtain the result based on the references of the authors studied. The purpose and result of this study is to discuss the positives, negatives and impacts generated in the socio-environmental scope with the use of these renewable energy sources present in the Brazilian Northeast, showing the importance of knowing and investing in the development of these renewable energies to leverage the economic, social and environmental growth.

Keywords: Renewable Energies. Sustainable. Wind. Solar, Green Hydrogen. Biomass. Northeast region of Brazil.

1 INTRODUÇÃO

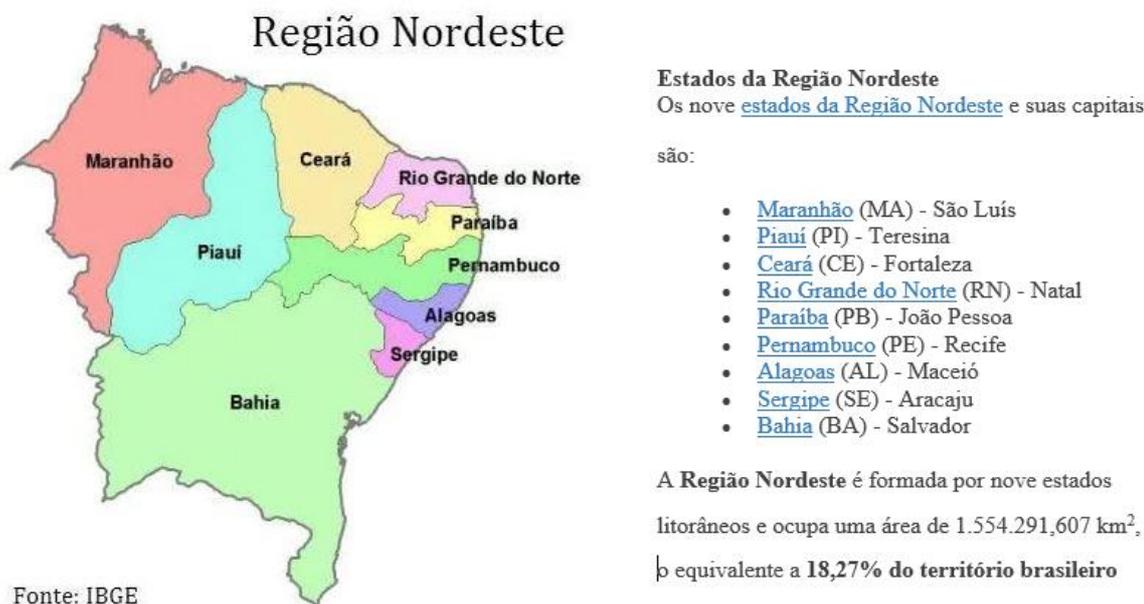
O emprego de energia elétrica é um importante fator de desenvolvimento socioeconômico, o qual contribui diretamente para a ascensão e o crescimento de um país, seja ele desenvolvido ou em desenvolvimento. É necessário, para que isso ocorra, que exista um equilíbrio eficiente na demanda (entre a oferta e a procura) dessa fonte de recurso, de forma que o investimento em energias renováveis seja, de fato, um grande agente mitigador da problemática ambiental em função do agravamento do efeito estufa causado pelo uso indiscriminado de combustíveis fósseis (BAZ *et al.*, 2021).

O Brasil é conhecido pela sua venerável capacidade de produção e abastecimento de energia com origem, principalmente, renovável, tendo como grande destaque a fonte hídrica, que representa 65,2% da oferta nacional. Outras fontes renováveis representam 84,8% da oferta interna de eletricidade nacional, como resultado do somatório dos montantes de produção nacional e importações (EPE, 2021).

A região Nordeste do Brasil, conforme Figura 1, é constituída por 09 estados, configurando-se como a região mais densamente populosa de terra seca do mundo,

caracterizada pelo clima semiárido, que desperta atenção pelo seu enorme potencial de desenvolvimento em energias renováveis, entre elas, a energia solar e a eólica. Apresenta no seu quadro histórico, vastos problemas socioeconômicos associados às questões climáticas, como as secas e os longos períodos de estiagem que culminam com a pouquíssima disponibilidade de água e os baixos níveis de desenvolvimento humano (MARENCO; CUNHA; ALVES, 2016; PEREIRA *et al.*, 2020).

Figura 1: Região Nordeste do Brasil



Fonte: Adaptado do site Toda Matéria (2021)⁶.

Embora apresente esse estresse hídrico, essa região semiárida é considerada a mais chuvosa do mundo, mesmo que em regimes variados, fazendo com que seja encarada como uma barreira para o desenvolvimento socioeconômico da região. No entanto, o estudo aponta que novos investimentos estão sendo realizados em infraestrutura e tecnologias por governos em todo mundo, em busca de solucionar e dirimir os problemas futuros (SANTOS; DE FARIAS, 2017; SILVA *et al.*, 2021).

Como as hidrelétricas ainda são consideradas a maior fonte de energia, isso acaba causando alguns problemas em reservatórios multiuso, como a falta de energia em tempos de níveis baixos dos reservatórios, contaminação da água, ou até mesmo a falta de água potável, quando a opção do uso da água para a geração de energia é priorizada, causando uma

⁶ TODA MATÉRIA. **Região Nordeste**. [S. l.]: Toda Matéria, 2021. Disponível em <https://www.todamateria.com.br/regiao-nordeste/amp/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

insegurança hídrica para a população. É muito preocupante a quase dependência das hidrelétricas como a principal fonte de energia, pois, com os problemas da estiagem, os níveis dos reservatórios estão quase sempre abaixo do ideal. Além disso, com o consumo sempre crescente, a conta acaba chegando ao consumidor final (NETO; DARUI; PIOTROWSKI, 2017).

Devido à impossibilidade de novas instalações de usinas hidrelétricas no país, justificam-se os necessários investimentos econômicos e tecnológicos em energias renováveis (ER) para suprir a alta demanda de consumo energético, mas com sustentabilidade (LUIS, S.; LUIS, S., 2018).

Diante dos problemas já citados, como a disponibilidade limitada de água e as mudanças climáticas que ocorrem no semiárido, faz-se necessária a inclusão de novas fontes de energias renováveis para expandir a matriz energética na região (MEDEIROS, 2021).

1.1 Justificativa

O presente estudo tem por objetivo apresentar comparações dos diferentes potenciais de fontes limpas e renováveis (entre elas: eólica, solar, biomassa e hidrogênio verde) como fontes alternativas de energia como forma de mitigar os problemas enfrentados pela matriz energética atual (hidrelétricas).

A pesquisa foi desenvolvida para demonstrar a importância do conhecimento e o investimento no desenvolvimento de energias renováveis para o crescimento econômico, social e ambiental, a fim de que possamos ter um equilíbrio entre a demanda e a oferta dessa fonte energética. É preciso que sejam repensadas e planejadas de forma eficiente se considerarmos o fato de que ocorre um crescimento populacional nos centros urbanos, aliado aos fatores climáticos que são os principais elementos geradores da crise hídrica e ineficiência da matriz energética em suprir a todos.

1.2 Problemática

Diante do que foi exposto até o momento, o trabalho suscita o seguinte questionamento: O uso de outras fontes de energia alternativas renováveis pode auxiliar a mitigar os problemas enfrentados pela matriz energética atual (hidrelétricas), promovendo, assim, o desaceleramento no uso dos combustíveis fósseis (não renováveis) que causam danos ao meio ambiente?

Para chegarmos a uma conclusão plausível em relação a essa questão de pesquisa, foi necessário evidenciar, por meio do destaque dos pontos positivos e negativos, a necessidade de investimento na produção e na distribuição de fontes alternativas limpas e renováveis para substituir ou complementar a matriz energética atual.

1.3 Objetivos

1.3.1 Gerais:

- ✓ Apresentar as diferentes fontes de energias renováveis e o potencial no Nordeste brasileiro nessa matriz energética.

1.3.2 Específicos:

- ✓ Realizar análise de artigos existentes disponíveis na área acadêmica, já publicados, que abordam a necessidade de investimento na produção de energias limpas e renováveis (entre elas: eólica, solar, biomassa e hidrogênio verde);
- ✓ Relacionar as diferentes fontes de energias renováveis selecionadas e identificar as características dessas fontes alternativas de energia, relacionando-as aos aspectos positivos e aos aspectos negativos, bem como analisando quais impactos elas geram no âmbito socioambiental.

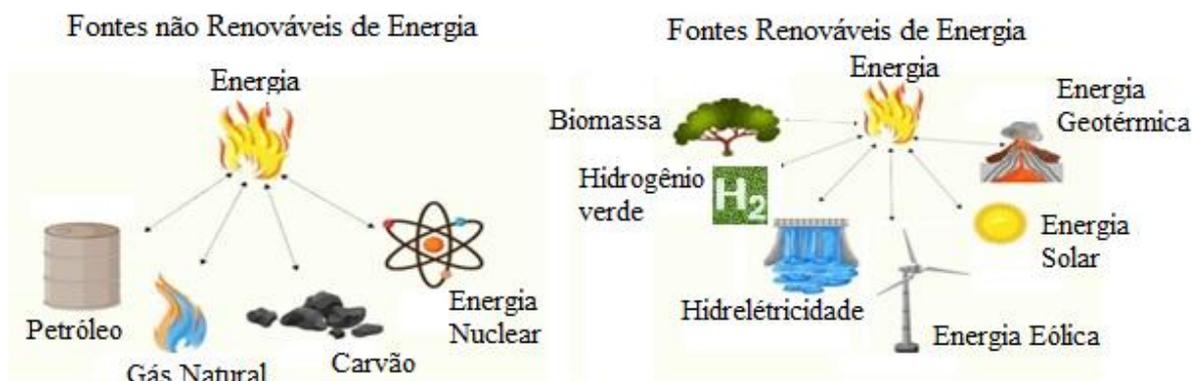
2 REFERENCIAL TEÓRICO

O conhecimento de fontes de energias não-renováveis e de fontes limpas e renováveis, como a eólica, a solar a biomassa e o hidrogênio verde, conforme exemplificado na Figura 2, traz uma grande vantagem no avanço das soluções para a insuficiência do uso extensivo dos combustíveis fósseis. Nessa esteira, a região Nordeste apresenta destaque de crescimento sustentável, utilizando o potencial energético das energias renováveis, como a eólica e a solar, podendo torná-la uma das maiores regiões de exportação de energia do mundo (SÁNCHEZ *et al.*, 2018).

O crescimento econômico e a urbanização são aspectos essenciais que estimulam o acréscimo da demanda de energia a longo prazo. Ademais, a aplicabilidade do uso de energias

renováveis, em alguns países da União Europeia, denota uma transição do uso de energia convencional obtida com o uso de combustível fóssil para outras energias mais sustentáveis (SHAHBAZ *et al.*, 2021), gerando uma redução de 55% nos gases de efeito estufa até 2013 e neutralidade climática até 2050 (DRELA, 2021; KAZI *et al.*, 2021).

Figura 2: Fontes de energias não renováveis e renováveis



Fonte: Adaptado do site Escola Educação (2021)⁷.

A finalidade do uso das fontes de energias renováveis é servir de alternativa ao uso dos combustíveis fósseis (não renováveis) que causam danos ao meio ambiente, conforme apresentado na Figura 2. Essa transição energética é a realidade do momento, contribuindo para a eficiência da energia e o crescimento do desenvolvimento sustentável (DRELA, 2021; KAZI *et al.*, 2021).

2.1 Energia eólica

A energia eólica é conhecida pela transformação da energia útil do vento para a produção de eletricidade, caracterizada por ter emissão quase zero de poluentes ao meio ambiente. Isso revela um potencial para a produção de energia eólica se tornar uma das grandes alternativas de energia em meio à escassez hídrica no Nordeste (OEBELS.; PACCA, 2013). Essa alternativa se torna viável em função da capacidade eólica do Nordeste apresentar um proeminente regime de seus ventos, cujo potencial é duas vezes maior se comparado à média

⁷ ESCOLA EDUCACAO. **Figura renovável x não renovável**. [S. l.]: Escola Educação, 2021. Disponível em: <https://escolaeducacao.com.br/plano-de-aula-sobre-energias/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

mundial, e tem uma oscilação de velocidade muito pequena (NADALETI; DOS SANTOS; LOURENÇO, 2019).

O vento na região é outro fator importante, pois poucas regiões no mundo têm o regime de ventos que existe no Nordeste, podendo propiciar uma grande alternativa de fonte de energia por meio das usinas eólicas (SANDOVALA, 2019).

A Figura 3 exemplifica a criação de uma infraestrutura para a construção e distribuição dessa energia, como exemplo: abertura de estradas de acesso.

Figura 3: Parque eólico localizado em Cumaru em São Miguel do Gostoso, no Rio Grande do Norte/CE



Fonte: Adaptado do site G1 Globo (2022)⁸.

Além dos baixíssimos impactos ambientais, outro ponto positivo da produção de energia eólica é o baixo custo de operação, algo que é de suma importância, pois os altos investimentos, geralmente, impedem o desenvolvimento das energias renováveis. Com isso, as vantagens do investimento na produção de energia eólica têm um grande papel no crescimento do mercado de trabalho, pois a construção de parques eólicos gera renda e empregos temporários, além de melhoria na infraestrutura e na geração e consumo de uma energia limpa (GONÇALVES; RODRIGUES; CHAGAS, 2020).

⁸ G1 GLOBO. **Parque eólico localizado em Cumaru em São Miguel do Gostoso, no Rio Grande do Norte/CE.** [S. l.]: G1 Globo, 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/rn/rio-grande-do-norte/noticia/2022/03/11/rn-tem-crescimento-de-19percent-na-instalacao-de-usinas-do-setor-eletrico-em-2021.ghtml>. Acesso em: 11 jun. 2022.

Na Figura 4 podemos visualizar também a infraestrutura realizada para a construção e distribuição dessa energia, como exemplo: abertura de estradas de acesso.

Figura 4: Parque eólico de Guanambi, localizado na Bahia/CE



Fonte: Adaptado do site Ciclovivo (2020)⁹.

Com a expansão da energia eólica no Brasil, houve inúmeras vantagens no que tange à sustentabilidade, com a produção de energia sem envolver emissões de gases que geram o efeito estufa, além da diversificação da matriz energética. Diante desse cenário, houve grande interesse por parte de empresas multinacionais em instalar fábricas e/ou linhas de montagens de equipamentos voltados para esse tipo de energia, gerando a necessidade de mão de obra especializada, o que proporcionará, assim, oportunidades de mais empregos e mais incentivos ao meio acadêmico (universidades e faculdades técnicas), para preparar cursos voltados para profissionais da área de forma a atender essa demanda de profissionais especialistas em energia eólica (PEREIRA *et al.*, 2012),

Os obstáculos gerados nas fases de construção e operação de parques eólicos não são considerados como desvantagens se analisarmos que as contribuições negativas dessas fases são insignificantes em termos de emissões de CO₂ (Dióxido de Carbono, também conhecido como Gás Carbônico), de forma que o Brasil se beneficia em função do percentual dessas emissões de CO₂, já que os impactos positivos não são só do ponto de vista ambiental, mas

⁹ CICLOVIVO. **Parque eólico de Guanambi, localizado na Bahia/CE.** [S. l.]: Ciclovivo, 24 jun. 2020. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/planeta/energia/bahia-energia-eolica-pais-lideranca/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

também do ponto de vista sustentável, pois implicam na crescente dimensão econômica e social, fazendo com que a indústria de energia eólica seja considerada uma “indústria verde” (OEBELS; PACCA, 2013).

Em 2020, a Associação Brasileira de Energia Eólica constatou que o Brasil terminou o ano com 17,75 GW de potência eólica instalada, sendo um acréscimo de 14,89% em relação ao ano anterior, constando, assim, 66 novos parques eólicos instalados, 18 localizados no Rio Grande do Norte, 23 na Bahia, 15 no Piauí e 10 no Ceará (ABEEÓLICA, 2020).

2.2 Energia solar

A energia solar é considerada a mais abundante do planeta entre as demais formas de energias renováveis e seu uso pode ser feito para várias finalidades, seja de uso residencial ou industrial, principalmente na iluminação, dentre outras finalidades (PEREIRA *et al.*, 2012), fazendo com que a região do semiárido brasileiro, em relação à radiação anual, se compare às melhores regiões do mundo, potencializando o melhor território para a expansão da energia solar (PEREIRA *et al.*, 2020).

A Figura 5, exemplifica a instalação de painéis solares fotovoltaicos que foram montados sobre o telhado residencial para produção de energia, na área urbana.

Figura 5: Painel solar instalado sobre telhado residencial



Fonte: Adaptado do site Via Energy (2020)¹⁰.

As Figuras 6 e 7 exemplificam a instalação dos parques solares, mostrando a infraestrutura implantada no entorno deles.

¹⁰ VIA ENERGY. **Painel solar instalado sobre telhado residencial.** [S. l.]: Via Energy, 2020. Disponível em: <https://viaenergy.com.br/energia-solar-residencial-por-que-implanta-la/>. Acesso em 11 jun. 2022.

Figura 6: Maior complexo de energia solar do mundo será construído no Rio Grande do Norte



Fonte: Adaptado do site Mundo Conectado (2021)¹¹.

Figura 7: Usina de energia fotovoltaica no Piauí/CE



Fonte: Adaptado do site Piauí Hoje (2019)¹².

A energia solar fotovoltaica é predominantemente importante quando se considera o contexto nacional, uma aliada para combater as mudanças climáticas causadas por fontes não renováveis. Para isso, são necessários maiores investimentos na exploração do semiárido com

¹¹ MUNDO CONECTADO. **Maior complexo de energia solar do mundo será construído no Rio Grande do Norte.** [S. l.]: Mundo Conectado, 2021. Disponível em: <https://mundoconectado.com.br/noticias/v/20556/maior-complexo-de-energia-solar-do-mundo-sera-construido-no-rio-grande-do-norte>. Acesso em: 11 jun. 2022.

¹² BRANDÃO, Luiz. **Usina de energia fotovoltaica no Piauí.** [S. l.]: Piauí Hoje, 2018. Disponível em: <https://piauihoje.com/noticias/ciencia-tecnologia/piaui-instala-a-maior-usina-de-energia-fotovoltaica-da-america-latina-85983.html>. Acesso em: 11 jun. 2022.

relação a esse grande potencial, sinalizando que existem perspectivas de expansão futuras no setor (FICHTER *et al.*, 2017; PEREIRA *et al.*, 2020).

Cumprir destacar que o desenvolvimento e a implementação de energia solar (térmica e fotovoltaica) ocorreram de forma rápida em 2020, resultando numa produção 3,5 vezes maior de energia fotovoltaica se comparada à produção que ocorreu em 2019 (PEREIRA *et al.*, 2020).

A alta irradiação solar da região Nordeste supera até países com grandes investimentos na tecnologia de energia solar, contribuindo, dessa forma, para o crescimento das usinas termossolares (que funciona com um processo de duas etapas: concentração de energia térmica por meio de campo solar e geração de energia elétrica num processo quase convencional) e instalação dos painéis fotovoltaicos (seja a nível de uso residencial ou industrial), fazendo com que contribuam cada vez mais com o crescimento dessa região (SANDOVALA, 2019).

Dentre as vantagens relacionadas pela geração de energia solar, temos: a diversificação da matriz energética e a necessidade de redução dos combustíveis fósseis em detrimento da estabilização da taxa de emissão de carbono na atmosfera. As desvantagens referem-se à intermitência da irradiação solar, a dependência das condições climáticas que podem servir de barreiras para a elevação da produção da energia solar no mercado brasileiro (LIMA *et al.*, 2019).

2.3 Biomassa

A geração de energias obtidas por meio de usinas termelétricas à biomassa registrou, em junho de 2019, uma capacidade instalada no Brasil de 14,8 GW, utilizando as fontes de energia geradas por meio do bagaço de cana-de-açúcar, do biogás, do capim-elefante, do carvão, da casca de arroz, do etanol, da explosão a gás de forno a partir da biomassa, da lenha, do licor preto, de óleos vegetais e de resíduos florestais. Desse total de 14,8GW produzido, a região Nordeste apresenta uma carga instalada de 1,7 GW, gerada por meio da biomassa, utilizando um percentual de 53% de bagaço de cana, 41% de licor negro e os 6% restantes constituídos por capim-elefante, dos resíduos florestais e do carvão (MEDEIROS *et al.*, 2021).

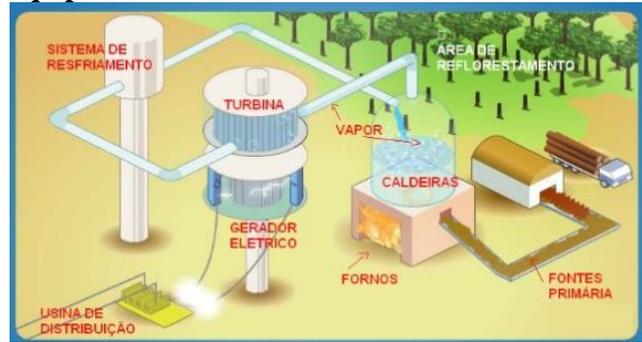
As Figuras 8 e 9 exemplificam as matérias-primas e o esquema de operação e equipamentos de fabricação da biomassa.

Figura 8: Matérias-primas da produção de Biomassa Energética



Fonte: Adaptado do site Energes (2020)¹³.

Figura 9: Esquema de operação de fabricação e equipamentos da biomassa



Fonte: Adaptado do site CBIE (2019)¹⁴.

Na maior parte dos países da América do Sul, a geração de biomassa ocorre sem a necessidade de desmatamento, preservando, assim, o meio ambiente. O produto vem da produção de óleos vegetais que produzem biodiesel bastante utilizado no transporte urbano, ferroviário, rodoviário e aquaviário, em função da produção excessiva de biomassa como fonte de geração de energia (PEREIRA *et al.*, 2012).

2.4 Hidrogênio verde

A matriz energética atual é produzida pela hidrelétrica (renovável) ou pelo uso de combustíveis fósseis (não renováveis) que não atendem aos procedimentos ambientais e ainda geram vários efeitos negativos ao meio ambiente, entre eles, temos a poluição ambiental e o efeito estufa, promovendo, assim, instabilidade no planeta. No entanto, o hidrogênio verde está em destaque como agente transformador de energia e que se enquadra dentro dos conceitos de sustentabilidade, os quais são associados às energias renováveis, permitindo o armazenamento de energia excedente e garantindo maior equilíbrio de operação do sistema elétrico e do fornecimento de energia (JOVAN; DOLANC; PREGELJ, 2021).

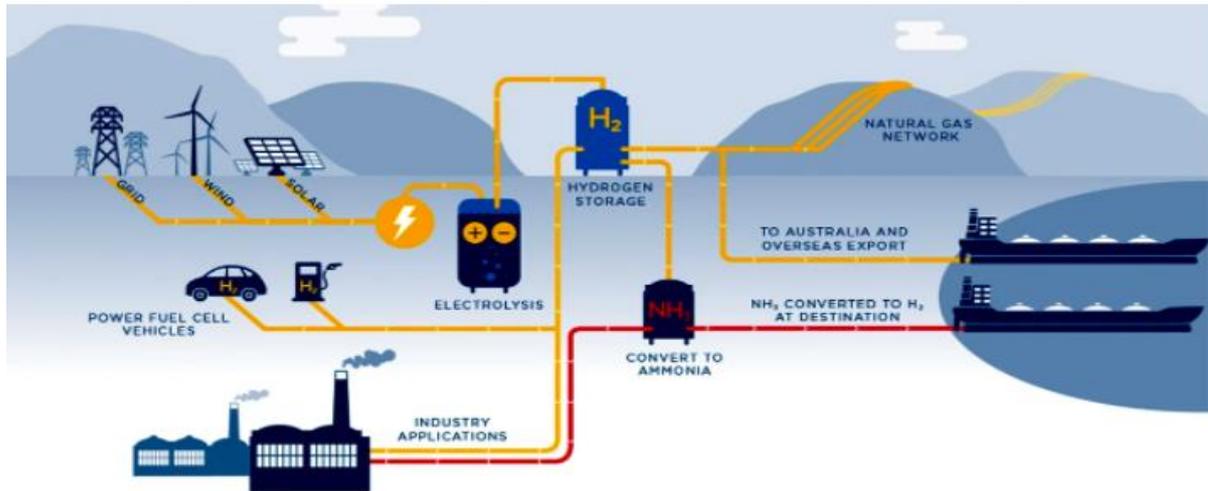
Estudos apontam que o uso do vento (energia eólica), no Ceará, contribuirá para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) da região, classificando o estado como um grande exportador, e que a produção e o armazenamento de hidrogênio é possível, pois as hidrelétricas

¹³ ENERGES. **A linguagem da energia: matérias-primas da produção de biomassa energética.** [S. l.]: Energes, 2020. Disponível em: <https://energes.com.br/10-perguntas-sobre-a-biomassa/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

¹⁴ CBIE. **Como a biomassa se transforma em energia elétrica.** [S. l.]: CBIE, 2019. Disponível em: <https://cbie.com.br/artigos/como-a-biomassa-se-transforma-em-energia-eletrica/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

e parques eólicos produzem energia em excesso podendo auxiliar nessa produção (NADALETI; DOS SANTOS; LOURENÇO, 2021).

Figura 10: Esquema básico de instalação, funcionamento e distribuição de hidrogênio verde



Fonte: Adaptado do site Mar sem Fim (2021)¹⁵

Conforme esquematizado na Figura 10, podemos visualizar a origem, a produção, o armazenamento e a distribuição de hidrogênio verde para o consumidor final.

O hidrogênio verde é considerado sustentável. Além disso, entre os elementos presentes no planeta, é um dos mais abundantes. Vale destacar que a sua produção necessita de alguns processos, e só existe quando há a combinação com outros elementos. Sua produção é gerada quando ocorre a eletrólise da água que não gera gases poluentes, nem durante a combustão nem durante a produção (RABIEE; KEANE; SOROUD, 2021).

Na Figura 11, podemos ver um esquema de produção e armazenagem de hidrogênio verde que utiliza o eletrolizador (equipamento sofisticado) que utiliza a energia excedente da energia eólica ou solar para produzir o hidrogênio, resultando na separação do oxigênio por meio de uma corrente elétrica. Assim, de um lado sai hidrogênio puro (H_2 - hidrogênio molecular ou gás hidrogênio é o gás mais leve que se conhece, sendo incolor, inflamável, inodoro, insípido e insolúvel em água) e do outro o oxigênio (O- Elemento químico Oxigênio). Depois, basta "envasar" esse gás e distribuir para as indústrias, e, para que seja considerado verde, a energia elétrica associada tem de ser de uma fonte totalmente renovável, como a eólica e a solar.

¹⁵ MESQUITA, João Lara. **Hidrogênio verde: possível combustível do futuro.** [S. l.]: Mar sem fim, 2021. Disponível em: <https://marsemfim.com.br/hidrogenio-verde-possivel-combustivel-do-futuro/>. Acesso em: 11 jun. 2022.

Ainda existem outros obstáculos a serem vencidos, um deles é quanto ao armazenamento do hidrogênio, que hoje é armazenado em tanques, os quais, devido à alta volatilidade e inflamabilidade do hidrogênio, precisam de cuidados extras no armazenamento e transporte.

Figura 11: Esquema de produção e armazenagem



Fonte: Adaptado do site Valor Globo (2021)¹⁶.

Embora a produção e o uso de hidrogênio verde tragam benefícios, há grandes barreiras a serem enfrentadas, sendo o custo de instalação a maior delas, pois os equipamentos utilizados para produção, armazenamento e distribuição são muito caros, gerando um alto custo do hidrogênio verde e causando crescimento lento na expansão desse combustível limpo (JOVAN; DOLANC; PREGELJ 2021).

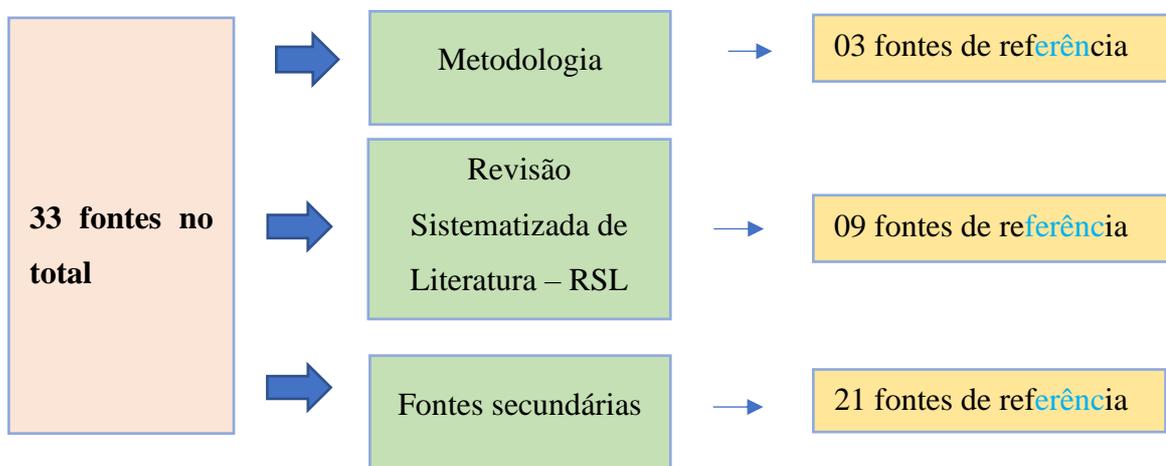
3 METODOLOGIA

A metodologia empregada na pesquisa foi a análise de literaturas já publicadas disponíveis na área acadêmica, da qual se obteve um resultado tendo como referência o ponto de vista da RSL – Revisão Sistematizada de Literatura (CARROLL; CHESSER; LYONS, 2020).

¹⁶ VALOR GLOBO. **Hidrogênio verde:** o que é e por que é visto como a nova fronteira da energia de baixo carbono [S. l.]: Valor Global, 2021. Disponível em: <https://valor.globo.com/patrocinado/projeto-especial-esg/noticia/2021/08/19/hidrogenio-verde-o-que-e-e-por-que-e-visto-como-a-nova-fronteira-da-energia-de-baixo-carbono.ghtml>. Acesso em: 11 jun. 2022.

A estrutura de análise abordada na RSL é uma metodologia empregada por inúmeros pesquisadores, principalmente pela relevância das revistas científicas, disponibilizando uma metodologia mais confiável quanto à seleção das informações, permitindo a identificação das fontes de dados, uma seleção e definição dos critérios de pesquisa, bem como a adoção do critério de inclusão e/ou exclusão dos dados coletados, já que faz uma reprodução das informações obtidas em artigos de vastos conhecimentos da área acadêmica (PICKERING; BYRNE, 2014). A Figura 12 elenca e caracteriza o número de fontes totais utilizadas na pesquisa.

Figura 12: Número de fontes utilizadas na pesquisa



Fonte: Informações coletadas nos dados da pesquisa (2022).

Outras fontes secundárias foram utilizadas na pesquisa inicial, as quais referenciam a Introdução e o Referencial Teórico. Para a seleção desses artigos, não foram usados os critérios estabelecidos na Figura 13 e Tabela 1, portanto, não irão compor a RSL. Para tanto, foram utilizadas algumas fontes de pesquisa, entre elas: *Scielo*, *Academic Google* ou o *Citation Tracking* (rastreamento de citações), que consiste em selecionar artigos já citados entre os previamente selecionados em determinada etapa da pesquisa, os quais agregassem conteúdo ao assunto abordado (BAKKALBASI *et al.*, 2006).

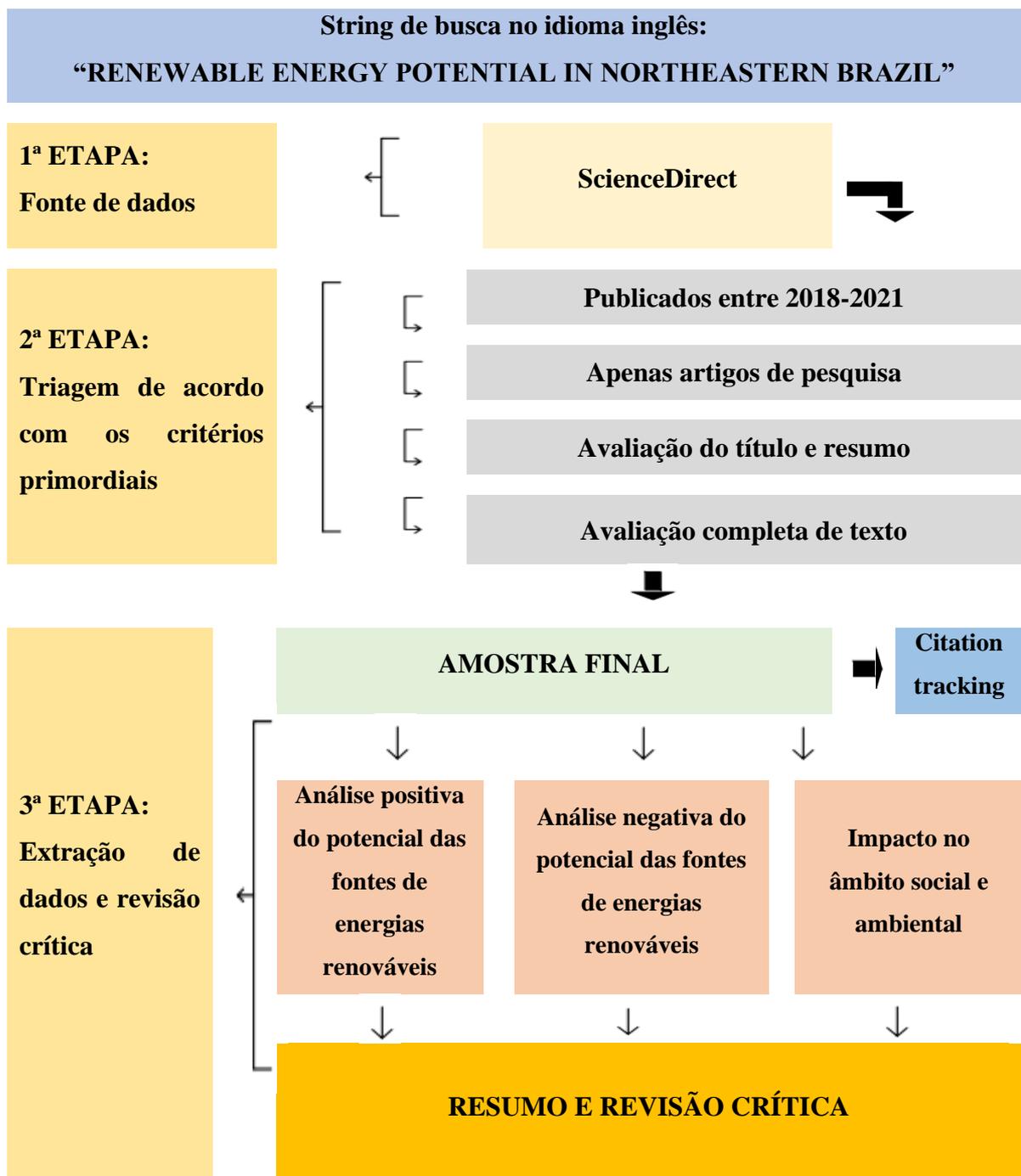
3.1 Coleta de dados

Para a seleção das informações, a ênfase da pesquisa se deu nos potenciais de energia renováveis a nível de Nordeste brasileiro, mais especificamente na região do semiárido, de

forma que os resultados encontrados foram analisados, podendo ser incluídos ou excluídos da amostra final, conforme um conjunto de critérios relevantes para a finalidade da pesquisa.

A estrutura para a fase da coleta de dados seguiu o protocolo da RSL, sendo composta por 03 (três) etapas principais: 1ª etapa: fonte de dados; 2ª etapa: triagem de acordo com os critérios primordiais; e 3ª etapa: extração de dados e revisão crítica, conforme representado na Figura 13, na qual encontram-se resumidas as etapas.

Figura 13: Procedimentos da Metodologia – RSL adotados na pesquisa



Fonte: Informações coletadas nos dados da pesquisa (2022).

3.2 Extração e resumo dos dados

Ainda na execução das três etapas conforme a Figura 13, evidenciando nesse momento a execução da 2ª etapa, foi realizada a triagem dos artigos, priorizando as informações pertinentes. Depois, o material selecionado foi dividido em partes distintas, sendo analisados e validados em outras etapas, conforme os critérios estabelecidos anteriormente.

Para a seleção dos artigos, foram adotados alguns critérios, subdivididos em 06 subitens, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Parâmetros e critérios de inclusão e exclusão dos artigos

	Subitem 01	Subitem 02	Subitem 03	Subitem 04	Subitem 05	Subitem 06
Parâmetros e critérios de Seleção	Ano de publicação, marco temporal entre 2018-2021	Artigos já publicados	Idioma Inglês	Possui DÓI	Duplicação / repetição do assunto	Fuga ao tema proposto
	Se sim: inclui	Se sim: inclui	Se sim: inclui	Se sim: inclui	Se sim: exclui	Se sim: exclui
	Se não: exclui	Se não: exclui	Se não: exclui	Se não: exclui	Se não: inclui	Se não: inclui

Fonte: Informações coletadas nos dados da pesquisa (2022).

- ✓ **no primeiro critério (subitem 01)**, estabelecemos a restrição de busca da pesquisa, considerando os 4 últimos anos de artigos publicados, perfazendo o ciclo de tempo entre 2018-2021;
- ✓ **no segundo critério (subitem 02)**, filtramos apenas artigos já publicados em inglês e que estivessem dentro desse ciclo temporal (últimos 4 anos);
- ✓ **no terceiro critério (subitem 03)**, foram verificados artigos na língua inglesa com a tradução do idioma de busca em “inglês” para o “português”;
- ✓ **no quarto critério (subitem 04)**, analisamos os artigos encontrados e, com a sua visualização, pudemos verificar se possuíam DÓI - Digital Object Identifier (Identificador de Objeto Digital, é um padrão de números e letras que identificam publicações, fazendo a identificação exclusivamente em ambiente virtual, dando ao objeto singularidade e permanência reconhecida na WEB), de forma a se poder fazer o download dos artigos, e poder usufruir dos benefícios, tais como: individualizador,

garantia de autenticidade, quantificar e saber quem citou o artigo em outros trabalhos etc.;

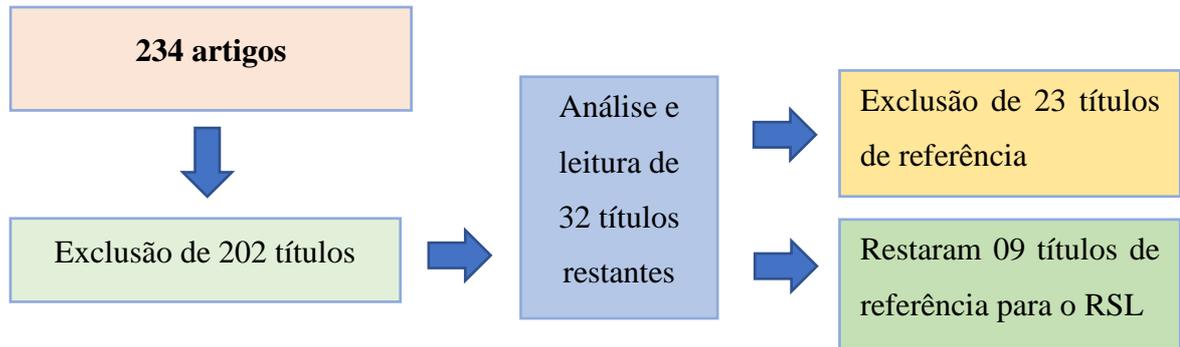
- ✓ **no quinto critério (subitem 05)**, após realizarmos o download dos artigos selecionados, mediante os critérios e parâmetros estabelecidos na string de busca e os critérios da pesquisa *renewable energy potential in northeastern brazil* e obedecendo ao RSL para compor a base de dados de forma a obtermos os resultados, gerando os resumos, mediante a leitura, análise e validação dos mesmos e alguns artigos foram excluídos por terem o assunto abordado duplicado/repetido;
- ✓ **no sexto critério (subitem 06)**, alguns artigos foram excluídos por apresentarem fuga ao tema proposto.

Como forma de reforçar a validação das informações importantes e pertinentes à pesquisa, fez-se o rodízio dos artigos, fazendo com que mais de um membro pudesse lê-los e, em seguida, apresentar as suas considerações para o consenso de todos. Os artigos que não se enquadravam foram excluídos, alguns por não possuir DÓI - *Digital Object Identifier*, por apresentar assunto duplicado ou repetido ao tema, bem como pela fuga ao assunto proposto. Para as inclusões ou exclusões foram adotados sempre os critérios e parâmetros estabelecidos na Tabela 1 e Figura 13.

3.3 Resultados

Com base na *string* de busca e critérios da pesquisa *renewable energy potential in northeastern brazil*, foram encontrados 234 artigos que abordam assuntos relevantes às palavras-chave. Após adotarmos os parâmetros e critérios de inclusão e exclusão dos artigos, conforme estabelecido na Figura 13 e na Tabela 1, tendo como resultado o esquema apresentado na Figura 14, foram excluídos 202 títulos, restando apenas 32 títulos a serem analisados. Dos títulos analisados, após uma triagem empregando a metodologia usada na pesquisa, por meio do ponto de vista da revisão sistematizada de literatura, caracterizada pela análise do conteúdo e pela relevância ao tema, restaram 09 artigos selecionados para compor a RSL para uma análise mais detalhada e aprofundada (CARROLL; CHESSER; LYONS, 2020).

Figura 14: Resultado de artigos usados na RSL



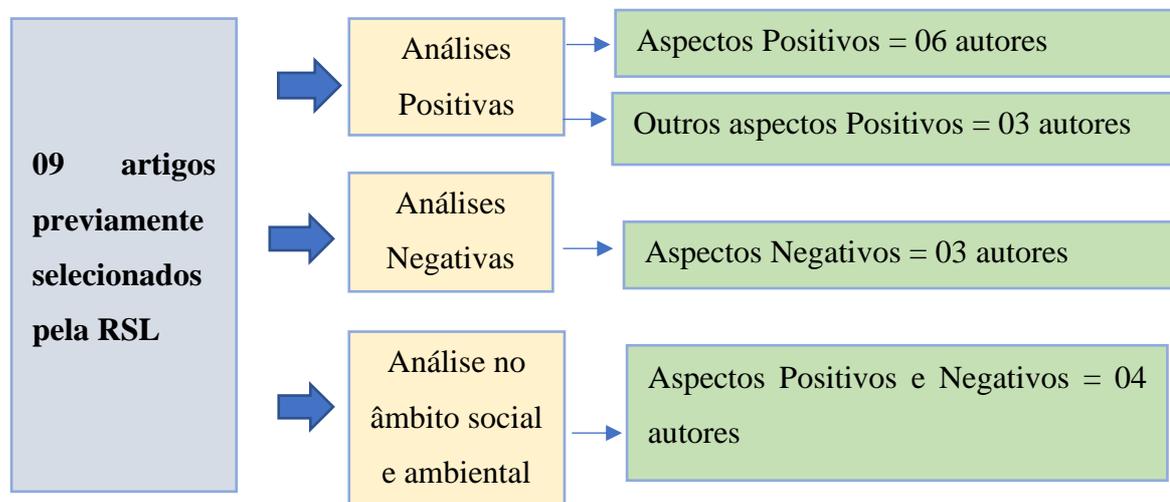
Fonte: Informações coletadas nos dados da pesquisa (2022)

A descrição dos autores, ano de publicação, título e síntese dos 09 artigos selecionados, para constar na base de dados da pesquisa pelo método da RSL, encontram-se resumidos no Apêndice A.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

No compêndio dos 09 artigos previamente selecionados pela RSL, que abordam o tema da pesquisa, desenvolvidos pelos autores estudados nos 4 anos, os resultados da pesquisa apontam implicações positivas e negativas das fontes de energias renováveis, bem como dos impactos gerados no âmbito social e ambiental nas regiões em que foram aplicadas, conforme o que está relacionado na Figura 15.

Figura 15: Fluxograma da análise e discussão dos resultados



Fonte: Informações coletadas nos dados da pesquisa (2022).

4.1 Análises positivas do potencial das fontes de energias renováveis

Dentre as vantagens em outros potenciais energéticos renováveis, o investimento na produção de hidrogênio verde, produzido em associação à outra fonte de energia renovável, garantirá uma estabilidade energética em tempo de escassez, utilizando o excedente dos parques eólicos, com grande potencial de geração de eletricidade, de forma a garantir uma reserva e um armazenamento de biocombustíveis para suprir alguma deficiência energética, possibilitando, assim, uma variação de outras fontes de energia, a qual contribuirá para movimentar a economia do país e utilização de H₂ (gás hidrogênio) no consumidor final (NADALETI; DOS SANTOS; LOURENÇO, 2020).

As questões apontadas sobre sustentabilidade enfatizam que as fontes de energias renováveis e não renováveis estão diretamente ligadas aos problemas e às soluções do meio ambiente, gerados pelo incessante uso de combustíveis fósseis como fonte principal de energia não renovável. Tal uso promove impactos ao planeta, agravando os problemas climáticos geradores do aquecimento global. No entanto, a solução pode estar no uso e no investimento em energias renováveis, entre elas a energia solar, a qual gera menos impacto ao meio ambiente, aproveitando o grande potencial da irradiação solar como principal estratégia para a mitigação desses problemas (DE OLIVEIRA *et al.*, 2020).

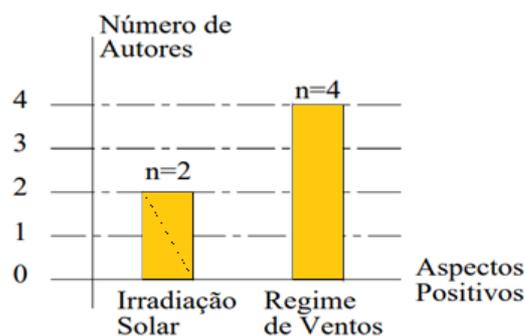
As fontes de energia eólica e solar destacam-se como valiosas fontes de energia alternativa, por apresentarem diversificadas fontes de matriz energética e por auxiliarem na redução e estabilização de emissões de carbono ao meio ambiente, visto como resultado do alto consumo de combustíveis fósseis (LIMA *et al.*, 2019).

As fontes renováveis de energia estão em evidência como valiosa alternativa ao uso de combustíveis fósseis, de forma a dirimir a emissão de gases de efeito estufa nocivos à atmosfera. É válido destacar que o Brasil apresenta grande potencial para fabricação de energia renovável fotovoltaica devido ao alto índice de radiação solar em todo o seu território (DE OLIVEIRA *et al.*, 2020).

A Figura 16 resume os resultados após a análise dos artigos selecionados. Dentre os autores, 06 deles são unânimes em relação ao grande potencial de energias renováveis que a região Nordeste do Brasil apresenta, seja quanto à energia eólica ou à energia solar. Com base nesse resultado, apesar de outras inúmeras vantagens apresentadas por outros autores, 02 principais aspectos positivos são destacados com referência à região Nordeste do Brasil. Assim, no que diz respeito às energias renováveis encontradas na RSL, temos que: 04 deles apontam o

regime dos ventos e a irradiação solar como fatores positivos que evidenciam a necessidade de investimento nessas fontes de energias renováveis e 01 autor compartilha a mesma opinião sobre os 2 principais aspectos positivos.

Figura 16: Principais aspectos positivos referentes à região Nordeste do Brasil



Fonte: Informações coletadas nos dados da pesquisa (2022).

Dessa forma, as 2 fontes de recursos renováveis são abundantes e podem ser avaliadas para que mais estudos se desenvolvam e evidenciem a necessidade de novos investimentos. Isso possibilitará a criação de uma forte matriz energética renovável na região, conforme sintetizado na Tabela 2.

Tabela 2: Principais aspectos positivos referentes à região Nordeste do Brasil

Aspectos positivos	Autores	Quantidade parcial	Quantidade total
O regime dos ventos	(DO NASCIMENTO <i>et al.</i> , 2018)	01	04
	(SGARBI <i>et al.</i> , 2019).	01	
	(NADALETI; DOS SANTOS; LOURENÇO, 2020)	01	
	(LIMA <i>et al.</i> , 2019)	01	
Irradiação solar	(LIMA <i>et al.</i> , 2019)	01	02
	(DE OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2020).	01	

Fonte: Informações coletadas nos dados da pesquisa (2022).

Outros 03 autores destacam outros aspectos também considerados como positivos, entre eles: a energia por meio das ondas oceânicas, a produção de hidrogênio verde e a biomassa, também ressaltam o potencial positivo das energias limpas e renováveis, conforme os autores relacionados na Tabela 3 a seguir.

Tabela 3: Outros aspectos positivos encontrados na RSL

Aspectos positivos	Autores	Quantidade parcial	Quantidade total
Produção de energia a partir das ondas oceânicas	(DE OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2021)	01	03
Produção de hidrogênio verde	(NADALETI; DOS SANTOS; LOURENÇO, 2019)	01	
Produção de biomassa	(KHOSRAVI <i>et al.</i> , 2021)	01	

Fonte: Informações coletadas nos dados da pesquisa (2022).

A viabilidade econômica é determinante para a implantação de dispositivos conversores de energia por meio das ondas oceânicas no Brasil, de forma a contribuir com o crescimento econômico em regiões litorâneas, promover segurança energética e diminuindo a dependência de combustíveis fósseis e oferecendo vantagens ambientais quando comparadas às fontes tradicionais de geração de energia. Esse tipo de energia é considerado como uma alternativa para atender à demanda de eletricidade na região Nordeste, devido ao seu extenso litoral, em função dos resultados positivos, quando comparados à produção de energia solar fotovoltaica no Brasil. Para tanto, faz-se necessário o investimento em tecnologia e desenvolvimento para a produção de energia das ondas oceânicas. A possibilidade de instalação dessa fonte solar aponta regiões abrangendo os estados do Rio Grande do Norte, Ceará e Piauí como vantajosas (DE OLIVEIRA *et al.*, 2021).

A produção de hidrogênio verde, considerado como fonte alternativa de energia limpa e renovável, pode auxiliar na estabilidade da matriz energética em tempos de escassez. Ele se apresenta com grande capacidade produtiva para reserva e armazenamento de biocombustíveis, possibilitando um crescimento na economia do país (NADALETI; DOS SANTOS; LOURENÇO, 2019).

Do ponto de vista energético e econômico, a produção de energia por meio da biomassa – associada a outras fontes, ou seja, um novo sistema híbrido, baseado em um sistema biomassa/solar – é comparada com uma usina fotovoltaica, ou uma usina de biomassa entre outras, tendo como finalidade a produção de energia de forma sustentável, ou seja, não arriscando a biodiversidade e não causando erosão ou impactos adversos no ecossistema (KHOSRAVI; SANTASALO-AARNIO, 2021).

4.2 Análises negativas do potencial das fontes de energias renováveis

Após a análise dos artigos selecionados, 03 autores destacam alguns aspectos negativos, entre eles: ausência de fiscalização e controle na liberação dos parques, inconstância da irradiação solar no tempo e no espaço e o despreparo por parte de algumas distribuidoras para a execução da distribuição, conforme autores relacionados na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4: Aspectos negativos encontrados na RSL

Aspectos negativos	Autores	Quantidade parcial	Quantidade total
Ausência de fiscalização e controle na liberação dos parques	(FRATE <i>et al.</i> , 2019)	01	03
Inconstância da irradiação solar no tempo e no espaço	(LIMA <i>et al.</i> , 2019)	01	
Despreparo de algumas distribuidoras que não estão prontas para distribuição	(DE OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2020)	01	

Fonte: Informações coletadas nos dados da pesquisa (2022).

Segundo alguns autores, o investimento na instalação de parques ou usinas de fontes de energia renováveis pode gerar alguns impactos negativos, em contraponto às vantagens, conforme sintetizados na Tabela 4.

Verificamos a existência de problemas em torno da execução de um parque eólico, os quais podem ser agravados com a prática de liberação de licenciamentos ambientais duvidosos, gerando uma descaracterização da paisagem natural com impactos visuais e sonoros, bem como

a redução de áreas usadas por moradores da região para caça, pesca e outras demandas (FRATE *et al.*, 2019).

Apesar de apresentar inúmeras vantagens e possuir um elevado potencial de uso, a energia solar aponta obstáculos tecnológicos causados pela inconstância da irradiação solar no tempo e no espaço, bem como subordinação às condições climáticas consideradas como bloqueios consideráveis para o crescimento dessa fonte no mercado brasileiro (LIMA *et al.*, 2019).

Outros aspectos também considerados como negativos referem-se à distribuição de energia quando geradas em demasia. Isso revela que as distribuidoras não estão prontas para armazenar as grandes quantidades geradas nos sistemas de distribuição (DE OLIVEIRA *et al.*, 2020).

4.3 Impacto no âmbito social e ambiental

Com relação à análise quanto aos impactos gerados no âmbito social e ambiental, tendo como base os artigos selecionados, estudados, analisados e validados, temos que de todos os autores, 04 deles destacam entre outros aspectos, alguns positivos e negativos, conforme autores relacionados na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Aspectos positivos e negativos encontrados na RSL

Descrição	Autores	Quantidade parcial	Quantidade total
Aspectos positivos sobre sustentabilidade com uso de energias renováveis.	(DO NASCIMENTO <i>et al.</i> , 2018)	01	04
Aspectos negativos sobre a continuidade do uso de combustíveis fósseis, gerando problemas ambientais.			

Aspectos positivos sobre inclusão de fontes alternativas em detrimento do uso de usinas hidrelétricas, entre elas a energia eólica, devido ao regime de ventos favorável, sendo o Rio Grande do Norte o estado é o líder de potência instalada no país.	(SGARBI <i>et al.</i> , 2019).	01	
Aspectos positivos seriam os vultuosos investimentos nesses parques eólicos, que trazem bilhões de incentivos à região Nordeste do Brasil, ajudando no crescimento de empregos e rendas na região.	(FRATE <i>et al.</i> , 2019)	01	
Aspectos negativos sobre as desvantagens na decisão de instalação de um parque eólico, desde a mudança da paisagem natural (visual e sonora) e impacto no turismo.			
Aspectos positivos com destaque para o hidrogênio verde, o qual pode ser alternativa para substituir os combustíveis fósseis em diversas regiões do mundo.	(NADALETI; DOS SANTOS; LOURENÇO, 2020)	01	
Aspectos negativos são minimizados se comparados a outras fontes de energia, destacando o hidrogênio verde como alternativa de suprir a demanda necessária.			

Fonte: Informações coletadas nos dados da pesquisa, 2022.

A grande discussão no mundo, hoje em dia, é sobre a sustentabilidade. Segundo os autores, as fontes de energia estão diretamente ligadas aos problemas e às soluções do meio ambiente. O uso de combustíveis fósseis foi e é muito prejudicial ao planeta, trazendo graves

problemas climáticos que causam o aquecimento global. No entanto, grandes estudos apontam que o uso de energias renováveis é uma das principais estratégias para a mitigação desses problemas (DO NASCIMENTO *et al.*, 2018).

É fato que as usinas hidrelétricas ainda continuam sendo a maior fonte de energia no país, tendo assim um papel fundamental nesse setor. Entretanto, devido aos graves problemas de estiagem que temos na região, outras fontes de energias renováveis vêm crescendo, para suprir a alta demanda de energia, entre elas está a energia eólica, devido ao regime de ventos favoráveis, sendo o Rio Grande do Norte o estado o líder em potência instalada no país (SGARBI *et al.*, 2019).

As desvantagens na decisão de instalação de um parque eólico se dão pela mudança da paisagem natural (visual e sonora); impacto no turismo segundo alguns moradores, pois regiões turísticas iriam ser afetadas com a construção dos parques eólicos; redução de áreas usadas por moradores da região para caça, pesca e outras demandas necessárias a eles; e liberação e aprovação de licenciamentos ambientais duvidosos. No entanto, as grandes vantagens seriam os vultosos investimentos nesses parques eólicos, que, por meio de leilões, trazem bilhões de incentivos à região Nordeste do Brasil, ajudando no crescimento de empregos e de rendas na região (FRATE *et al.*, 2019).

Em estudos recentes, pôde-se constatar que o hidrogênio verde pode ser a alternativa para substituir os combustíveis fósseis em diversas regiões do mundo. Cumpre destacar que os impactos negativos ao meio ambiente, gerados pela produção de energia eólica, são minimizados se comparados a outras fontes de energia, destacando a vantagem da produção do hidrogênio verde como alternativa de suprir a demanda necessária. Ademais, para mitigar problemas sociais e ambientais causados pelo uso extensivo de combustíveis fósseis, os quais resultam em mudanças climáticas e na poluição do ar local, pode-se utilizar o hidrogênio verde (NADALETI; DOS SANTOS; LOURENÇO, 2020).

5 CONCLUSÕES

Esta revisão apresenta 04 fontes de energias limpas e renováveis e evidencia o potencial expressivo, no Nordeste brasileiro, dessa matriz energética como alternativa e substituição ao uso irrestrito de combustíveis fósseis, considerado como fonte não renovável de energia e abastecimento. Esta análise buscou responder às 03 questões da pesquisa relacionadas ao tema

com base nos aspectos positivos e negativos inerentes ao potencial das fontes de energias renováveis, bem como a análise dos impactos gerados no âmbito social e ambiental.

A necessidade de equilíbrio entre a demanda atual (oferta e procura) dessa fonte energética deve ser repensada e planejada de forma eficiente, se considerarmos o fato de que ocorre um crescimento populacional nos centros urbanos, aliado aos fatores climáticos que são os principais geradores da crise hídrica.

Dentre as vantagens e desvantagens estudadas nos artigos selecionados pela RSL, destacamos que é primordial o investimento na instalação de parques eólicos e solares, seja em associação ou não com outras fontes, entre elas: o hidrogênio verde e a biomassa.

Faz-se necessário destacar que o investimento deveria ser mais efetivo (em proporções menores ou maiores), podendo ser público ou privado, ou mesmo em parcerias público-privadas. Priorizando, principalmente, o setor de distribuição e destinação do consumidor final, seja com a finalidade, tanto para uso residencial, comercial, quanto para industrial.

Para piorar esse cenário futuro, caso não sejam adotadas medidas de mitigação para equilibrar a matriz energética, as projeções para as próximas décadas indicam que essa demanda aumentará ainda mais, pois a tendência da população urbana é expandir-se, por isso, as indústrias irão necessitar de uma maior demanda, em função da automação de suas etapas produtivas, sejam quais forem elas.

Em detrimento dos inúmeros obstáculos, como a impossibilidade de instalações de novas usinas hidrelétricas no país, para mitigar a escassez e a ineficiência de produção e distribuição de energia elétrica, evidencia-se a necessidade de investimentos econômicos e tecnológicos em energias renováveis de forma sustentável no tripé da sustentabilidade, de forma a garantir a harmonia entre o meio ambiente e o seu crescimento socioeconômico.

Podemos ainda sugerir que sejam realizados investimentos na área acadêmica, seja a nível técnico ou superior, para preparar profissionais para atender a essa demanda de mão de obra e a de prestação de serviços, as quais abrirão à medida que os investimentos sejam realizados.

Concluimos que, apesar de o Brasil ter alta participação nas fontes hidrelétricas, é essencial que invista na diversificação e no uso de fontes limpas e renováveis para tornar-se competitivo, tanto no mercado nacional, quanto no internacional, com relação ao desenvolvimento tecnológico e econômico, tendo-se como base a evolução da matriz energética renovável na região.

Diante do que foi exposto, surge um questionamento: Se o investimento no potencial energético de energias limpas e renováveis, na região Nordeste do Brasil, destaca-se a nível nacional e mundial, por que não há incentivos fiscais e tecnológicos nessa área de forma a solucionar os problemas que temos enfrentado na matriz energética atual, principalmente nos períodos de estiagem enfrentados em alguns estados do nosso país?

REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA. **Boletim Anual de Geração Eólica 2020**. São Paulo: Associação Brasileira de Energia Eólica, 2020. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/dados-abeeolica/>. Acesso em: 30 out. 2021.

BAKKALBASI, N.; BAUER, K. ; GLOVER J. ; WANG, L. Three options for citation tracking: google scholar, scopus and web of science. **Biomedical Digital Libraries**, [S. l.], v. 3, n. 2006, p. 1-2, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1742-5581-3-7>. Acesso em: 20 abr. 2022.

BAZ, K; CHENG, J.; XUA, D.; ABBAS, K.; ALI, I.; ALI, H.; FANG, C. Impacto assimétrico do consumo de combustível fóssil e energia renovável no crescimento econômico: uma técnica não linear. **Energia**, [S. l.], v. 226, p. 120357, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120357>. Acesso em: 28 abr. 2022.

CARROLL, P.; CHESSER, M.; LYONS, P. Air Source Heat Pumps field studies: A systematic literature review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 134, p. 3-5, agos. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110275>. Acesso em: 20 abr. 2022.

DE OLIVEIRA, L. G.; AQUILA, G.; BALESTRASSI, P. P.; DE PAIVA, A. P.; DE QUEIROZ, A. R.; DE OLIVEIRA PAMPLONA, E.; CAMATTA, U. P., Evaluating economic feasibility and maximization of social welfare of photovoltaic projects developed for the Brazilian northeastern coast: An attribute agreement analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 123, p. 109786, dez. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109786>. Acesso em: 15 maio 2022.

DE OLIVEIRA, L.; SANTOS, I. F. S. dos; SCHMIDT, N. L.; TIAGO FILHO, G. L; CAMACHO, R. G. R.; BARROS, R. M. Economic feasibility study of ocean wave electricity generation in Brazil. **Renewable Energy**, [S. l.], v. 178, p. 1279-1290, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.07.009>. Acesso em: 12 maio 2022.

DO NASCIMENTO C., H.; LUCIO, P. S.; JUNIOR, J. B. V. L.; DE CARVALHO, P. C. M. Technologies and sustainable energy assessments for wind speed prediction in the northeast region of Brazil, **Renewable Energy**, v. 28, p. 65–72, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.06.009>. Acesso em: 15 maio 2022.

DRELA, K. **Aproveitando a energia solar e o hidrogênio verde - A transição energética.**

Procedia Ciência da Computação, v. 192, p. 4942-4951, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.09.272>. Acesso em: 18 maio 2022.

EPE. **Balanco Energético Nacional 2021 / Ano-base 2020**. São Paulo: Empresa de Pesquisa Elétrica, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>. Acesso em: 30 out. 2021

FICHTE R., T. **Machine Translated by Google Energia Avaliando o papel potencial da energia solar concentrada (CSP) para o sistema de energia do Nordeste do Brasil usando um modelo detalhado do sistema de energia Machine Translated by Google**, [S. l.: s. n.], 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.01.012>. Acesso em: 20 maio 2022.

FRATE, C. A.; BRANNSTROM, C.; DE MORAIS, MVG; CALDEIRA-PIRES, A. DE A. Machine Translated by Google Procedural and distributive justice informs the subjectivity of wind energy: a case from Rio Grande do Norte. **Política Energética**, [S. l.], v. 132, p. 185-195, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.027>. Acesso em: 20 maio 2022.

GONÇALVES, S.; RODRIGUES, T. P.; CHAGAS, A. L. S. O impacto da Energia Eólica no Mercado de Trabalho Brasileiro. **Revisões de energia renovável e sustentável**, [S. l.], v. 128, abr. p. 109887, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109887>. Acesso em: 20 maio 2022.

JOVAN, D. J.; DOLANC, G.; PREGELJ, B. Cogeração de hidrogênio verde em uma usina hidrelétrica em cascata. **Conversão e Gestão de Energia: X**, [S. l.], v. 10, fev. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2021.100081>. Acesso em: 18 maio 2022.

KAZI, M.-K.; ELJACK, F.; EL-HALWAGI, M. M.; HAOUARI, M. Hidrogênio verde para a descarbonização do setor industrial: custos e impactos na economia do hidrogênio no catar. **Informática e Engenharia Química**, [S. l.], v. 145, p. 107-144, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2020.107144>. Acesso em: 11 maio 2022.

KHOSRAVI, A.; SANTASALO-AARNIO, A.; SYRI, S. Optimal technology for a hybrid biomass/solar system for electricity generation and desalination in Brazil. **Energy**, [S. l.], v. 234, p. 121-309, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121309>. Acesso em: 10 maio 2022.

LIMA, F. J. L. de; MARTINS, F. R.; COSTA, R. S.; GONÇALVES, A. R.; DOS SANTOS, A. P. P. The seasonal variability and trends for the surface solar irradiation in northeastern region of Brazil. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, [S. l.], v. 35, jul. p. 335–346, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.08.006>. Acesso em: 20 maio 2022.

LUIS, S.; LUIS, S. Análise do potencial energético eólico e oceânico no Estado do Maranhão. P. 509–516, 2018. Principais projetos de hidrogênio verde para o Brasil. **Boletim de células de combustível**, [S. l.], v. 2021, n. 4, p. 13, 2021. Acesso em: 20 maio 2022.

MARENGO, J. A.; CUNHA, A. P.; ALVES, L. M. A seca de 2012-15 no semiárido do

Nordeste Brasileiro no contexto histórico. **Revista Climanálise**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 49-54, 2016. Acesso em: 23 maio 2022.

MEDEIROS, S. E. L.; NILO, P. F.; SILVA, L. P.; SANTOS, C. A. C.; CARVALHO, M.; ABRAHÃO, R. Influência da variabilidade climática no potencial de geração de energia elétrica por fontes renováveis no Semiárido Brasileiro. **Jornal de Ambientes Áridos**, [S. l.], v. 184, set. 2020, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104331>. Acesso em: 23 maio 2022.

NADALETI, W. C.; DOS SANTOS, G. B.; LOURENÇO, V. A. The potential and economic viability of hydrogen production from the use of hydroelectric and wind farms surplus energy in Brazil: A national and pioneering analysis. **International Journal of Hydrogen Energy**, [S. l.], v. 5, p. 1–11, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.08.199>. Acesso em: 20 maio 2022.

NADALETI, W. C.; DOS SANTOS, G. B.; LOURENÇO, V. A. Integration of renewable energies using the surplus capacity of wind farms to generate H₂ and electricity in Brazil and in the Rio Grande do Sul state: energy planning and avoided emissions within a circular economy. **International Journal of Hydrogen Energy**, [S. l.], v. 45, n. 46, p. 24190–24202, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.06.226>. Acesso em: 20 maio 2022.

NETO, N. K.; DARUI, C. B. F.; PIOTROWSKI, L. J. Análise econômica do impacto da instalação de sistemas fotovoltaicos considerando aspectos de qualidade de energia. *In*. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 8., 2017, Gramado. **Anais [...]**. Gramado: CBENS, 2017.

OEBELS, K. B.; PACCA, S. Avaliação do ciclo de vida de um parque eólico onshore localizado na costa nordeste do Brasil. **Energia renovável**, [S. l.], v. 53, p. 60-70, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.10.026>. Acesso em: 23 abri. 2022.

PEREIRA, M. G.; CAMACHO, C. F.; FREITAS, M. A. V.; SILVA, N. F. da. O mercado de energia renovável no Brasil: Situação atual e potencial. **Revisões de energia renovável e sustentável**, [S. l.], v. 16, n. 6, p. 3786–3802, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.024>. Acesso em: 20 maio 2022.

PEREIRA, M. G.; SILVA, N. F. da; GALVÃO, M. L. de M.; DANTAS, E. J. de A. Escassez e abundância no semiárido brasileiro: as estratégias de aproveitamento do potencial de energias renováveis da região (re)diferenciando o território. **Enciclopédia dos Biomass do Mundo**, [S. l.], v. 5, p. 209-215, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.12099-8>. Acesso em: 23 maio 2022.

PICKERING, C.; BYRNE, J. The benefits of publishing systematic quantitative literature reviews for PhD candidates and other early-career researchers. **Higher Education Research & Development**, [S. l.], v. 33, n. 3, p. 534-535, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/07294360.2013.841651>. Acesso em: 23 maio 2022.

RABIEE, A.; KEANE, A.; SOROUDI, A. Hidrogênio verde: Uma nova fonte de flexibilidade para programação restrita de segurança de sistemas de energia com energias renováveis.

Revista Internacional de Energia de Hidrogênio, [S. l.], v. 46, n. 37, p. 19270-19284, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2021.03.080>. Acesso em: 23 abr 2022.

SÁNCHEZ, A. S.; ALMEIDA, M. B.; TORRES, E. A.; KALID, R. A.; COHIM, E.; GASPARATOS, A. Sistemas alternativos de matéria-prima de biodiesel no Semiárido do Brasil: Implicações para os serviços ecossistêmicos. **Revisões de energia renovável e sustentável**, [S. l.], v. 81, dez 2016, pág. 2744-2758, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.06.080>. Acesso em: 23 abr 2022.

SANDOVALA, O. R.. Modelagem, simulação e análise térmica de um sistema de prato solar: estudo de caso em Natal, Brasil. **Conversão e gestão de energia**, [S. l.], v. 181, p. 189-201, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.12.005>. Acesso em: 20 maio 2022.

SANTOS, S. M. DOS; DE FARIAS, M. M. M. W. E. C. Potencial de captação de água da chuva em clima seco: avaliações em uma região semiárida no nordeste do Brasil. **Jornal de Produção Mais Limpa**, [S. l.], v. 164, p. 1007-1015, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.251>. Acesso em: 28 abr 2022.

SGARBI, F. de A.; UHLIG, A.; SIMÕES, A. F; GOLDEMBERG, J. Machine Translated by Google Uma avaliação das externalidades socioeconômicas das usinas hidrelétricas no Brasil Machine Translated by Google. **Política Energética**, [S. l.], v. 129, p. 868-879, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.072>. Acesso em: 20 maio 2022.

SHAHBAZ, M.; TOPCU, B. A; SARIGÜL, S. S.; VO, A. O efeito do desenvolvimento financeiro na demanda de energia renovável: o caso dos países em desenvolvimento. **Energia renovável**, [S. l.], v. 178, p. 1370–1380, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.06.121>. Acesso em: 22 abr 2022.

SILVA, T. A.; FERREIRA, J.; CALIJURI, M. L.; DOS SANTOS, V. J; ALVES, S. do C.; CASTRO, J. DE S. Eficiência de tecnologias para conviver com a seca no desenvolvimento agrícola no semiárido brasileiro. **Jornal de Ambientes Áridos**, [S. l.], v. 192, mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104538>. Acesso em: 23 abr 2022.

APÊNDICE A – Artigos que compõem a base de dados da Metodologia

Item	Autor(es) (ano)	Título	Síntese
1	(BAKKALBASI <i>et al.</i> , 2006)	Three options for citation tracking: Google Scholar, Scopus and Web of Science. Biomedical Digital Libraries.	Instrui que a pesquisa possa ser realizada por meio de citation tracking (rastreamento de citações) em trabalhos já publicados.
2	(CARROLL; CHESSER; LYONS, 2020)	Air Source Heat Pumps field studies: A systematic literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews.	Aborda a metodologia por meio da revisão sistematizada de literatura (RSL).
3	(PICKERING; BYRNE, 2014)	The benefits of publishing systematic quantitative literature reviews for PhD candidates and other early-career researcher.	Aponta a RSL como metodologia empregada por inúmeros pesquisadores, principalmente pela relevância das revistas científicas, disponibilizando uma metodologia mais confiável quanto à seleção das informações, permitindo a identificação das fontes de dados, uma seleção e definição dos critérios de pesquisa.

Fonte: Informações coletadas nos dados da pesquisa, 2022.

APÊNDICE B – Artigos que compõem a base de dados da RSL – Análise e Discussão de Resultados

Item	Autor(es) (ano)	Título	Síntese
1	(NADALETI; DOS SANTOS; LOURENÇO, 2019)	The potential and economic viability of hydrogen production from the use of hydroelectric and wind farms surplus energy in Brazil: A national and pioneering analysis	Aborda fator positivo da energia eólica em função da produção de eletricidade, caracterizada por ter emissão quase zero de poluentes ao meio ambiente, destacando que o regime de seus ventos tem potencial duas vezes maior se comparado à média mundial
2	(NADALETI; DOS SANTOS; LOURENÇO, 2020)	Integration of renewable energies using the surplus capacity of wind farms to generate H2 and electricity in Brazil and in the Rio Grande do Sul state: energy planning and avoided emissions within a circular economy	Aborda as vantagens e desvantagens do uso alternativo de energias renováveis, associadas ou não a outras fontes. Com destaque para o uso de hidrogênio verde. Planejamento energético e crescimento da economia.
3	(LIMA <i>et al.</i> , 2019)	The seasonal variability and trends for the surface solar irradiation in northeastern region of Brazil	Aborda as diversidades da matriz energética, apontando pontos positivos e negativos relacionados à energia solar, relacionando a dependência das condições climáticas que podem servir de barreiras para a elevação da produção da energia solar no mercado brasileiro.
4	(DE OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2020)	Evaluating economic feasibility and maximization of social welfare of photovoltaic	Aponta que a viabilidade econômica é determinante para a implantação de dispositivos conversores de

		projects developed for the Brazilian northeastern coast: An attribute agreement analysis	energia por meio das ondas oceânicas no Brasil e o despreparo das distribuidoras quando à geração excedente de energia, com dificuldades de armazenar e distribuir ao consumidor final.
5	(DE OLIVEIRA <i>et al.</i> , 2021)	Economic feasibility study of ocean wave electricity generation in Brazil	Aborda o estudo relacionado à produção de energia limpa e renovável por meio das ondas oceânicas em regiões distintas do litoral brasileiro, entre elas: Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará.
6	(SGARBI <i>et al.</i> , 2019).	An assessment of the socioeconomic externalities of hydropower plants in Brazil	O autor faz referência às usinas hidrelétricas ainda como fonte de energia no país, citando as problemáticas envolvendo os períodos de estiagem e apontando o crescimento do uso de energias renováveis para suprir a alta demanda de energia, entre elas está a energia eólica.
7	(FRATE <i>et al.</i> , 2019)	Procedural and distributive justice informs the subjectivity of energy wind power: a case from Rio Grande do Norte, Brazil	O autor aponta a existência de problemas gerados em função da prática de liberação de licenciamentos ambientais duvidosos. Além de destacar as desvantagens na decisão de instalação de um parque eólico.
8	(KHOSRAVI; SANTASALO-AARNIO; SYRI, S., 2021)	Optimal technology for a hybrid biomass/solar system for electricity	Esse artigo aborda o estudo relacionado a um sistema híbrido biomassa/solar para

		generation and desalination in Brazil	geração de eletricidade e servir como alternativa de energia limpa e renovável e reduzir o uso de combustíveis fósseis.
9	(DO NASCIMENTO <i>et al.</i> , 2018)	A hybrid model based on time series and neural network models for forecasting wind speed in the northeast region of Brazil	O autor aponta a discussão no mundo sobre a sustentabilidade, citando que as fontes de energias estão diretamente ligadas aos problemas e às soluções do meio ambiente e enfatiza que o uso de combustíveis fósseis foi e é muito prejudicial ao planeta.

Fonte: Informações coletadas nos dados da pesquisa, 2022.