

## O potencial dos fontes renováveis de energia elétrica no Maranhão

The potential of renewable sources of electric energy in Maranhão

El potencial de las fuentes renovables de energia eléctrica en Maranhão

Recebido: 13/07/2023 | Revisado: 27/07/2023 | Aceitado: 28/07/2023 | Publicado: 01/08/2023

### **Moisés Moura Lima**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-0590-0245>  
Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
E-mail: [moises.ml@discente.ufma.br](mailto:moises.ml@discente.ufma.br)

### **Cleane Silva Rêgo**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-0137-5508>  
Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
E-mail: [cleane.sr@discente.ufma.br](mailto:cleane.sr@discente.ufma.br)

### **Maria Aparecida Barros De Faria Gonçalves**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7455-6970>  
Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
E-mail: [maria.faria@discente.ufma.br](mailto:maria.faria@discente.ufma.br)

### **Vitória Santos Azevedo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0607-7397>  
Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
E-mail: [azevedov614@gmail.com](mailto:azevedov614@gmail.com)

### **Ângela Rodrigues Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3478-1020>  
Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
E-mail: [as871458@gmail.com](mailto:as871458@gmail.com)

### **Leonildo Marinho de Souza**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-8796-1407>  
Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
E-mail: [Leonildo.marinho@discente.ufma.br](mailto:Leonildo.marinho@discente.ufma.br)

### **Denilson dos Santos Araújo**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6474-9586>  
Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
E-mail: <http://denilson.sa@discente.ufma.br>

### **Djaylton da Silva Gonçalves**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6927-3291>  
Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
E-mail: [djaylton.goncalves@discente.ufma.br](mailto:djaylton.goncalves@discente.ufma.br)

### **Wesley Silva Rêgo**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7287-2531>  
Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
E-mail: [@discente.ufma.br](mailto:@discente.ufma.br)

### **Ionara Nayana Gomes Passos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4729-4977>  
Universidade Federal do Maranhão, Brasil  
E-mail: [ionara.passos@ufma.br](mailto:ionara.passos@ufma.br)

### **Resumo**

Ao longo da história, o uso da energia elétrica tem se tornado cada vez mais presente e essencial para a sociedade, desempenhando um papel fundamental no atendimento das necessidades de iluminação, aquecimento, transporte, produção e distribuição de diversos materiais industriais. Neste trabalho, realizou-se uma revisão de literatura descritiva e exploratória abordando o tema de energia elétrica renovável no estado do Maranhão. Foram utilizados artigos, resumos e dissertações disponíveis online como fontes de pesquisa. O objetivo consistiu em realizar uma análise aprofundada do potencial no território maranhense em relação às fontes de energia renováveis para a geração de eletricidade. A região apresenta uma topografia, hidrografia e clima favoráveis, o que a torna propícia para a exploração de uma variedade de fontes de energia renovável. Em 2013, a capacidade total de geração de energia elétrica instalada no estado era de 2.309 MW, provenientes de fontes hidrelétricas, maremotrizes, eólicas e solares. Esses números evidenciam o relevante potencial energético do Maranhão para a geração de energia elétrica renovável.

**Palavras-chave:** Potencial energético; Renovável; Maranhão.

### **Abstract**

Throughout history, the use of electricity has become increasingly present and essential for society, playing a key role in meeting the needs of lighting, heating, transport, production and distribution of various industrial materials. In this

work, a descriptive and exploratory literature review was carried out addressing the topic of renewable electricity in the state of Maranhão. Articles, abstracts and dissertations available online were used as research sources. The objective was to carry out an in-depth analysis of the potential in the territory of Maranhão in relation to renewable energy sources for electricity generation. The region has a favorable topography, hydrography and climate, which makes it suitable for the exploration of a variety of renewable energy sources. In 2013, the total electricity generation capacity installed in the state was 2,309 MW, from hydroelectric, tidal, wind and solar sources. These numbers show the relevant energy potential of Maranhão for the generation of renewable electricity.

**Keywords:** Energy potential; Renewable; Maranhão.

### Resumen

A lo largo de la historia, el uso de la energía eléctrica se ha vuelto cada vez más presente y fundamental para la sociedad, jugando un papel fundamental en la satisfacción de las necesidades de iluminación, calefacción, transporte, producción y distribución de diversos materiales industriales. En este trabajo, se realizó una revisión de literatura descriptiva y exploratoria que aborda el tema de la electricidad renovable en el estado de Maranhão. Se utilizaron como fuentes de investigación artículos, resúmenes y disertaciones disponibles en línea. El objetivo fue realizar un análisis profundo del potencial en el territorio de Maranhão en relación con las fuentes de energía renovables para la generación de electricidad. La región tiene una topografía, hidrografía y clima favorables, lo que la hace apta para la exploración de una variedad de fuentes de energía renovable. En 2013, la capacidad total de generación eléctrica instalada en el estado fue de 2.309 MW, a partir de fuentes hidroeléctricas, mareomotrices, eólicas y solares. Estos números muestran el potencial energético relevante de Maranhão para la generación de electricidad renovable.

**Palabras clave:** Energía potencial; Renovable; Maranhão.

## 1. Introdução

Ao longo da história da humanidade, o uso da energia elétrica tem sido cada vez mais presente e essencial na vida de todos. Sendo um serviço de infraestrutura (assim como saneamento básico, transportes, entre outros), é considerado um dos aspectos que define o nível de desenvolvimento de uma nação (Agência Nacional de Energia Elétrica [ANEEL], 2008). Serve para satisfazer as necessidades de iluminação, aquecimento, transporte, e a produção, e distribuição de vários materiais produzidos por indústrias e, para tal, é necessária uma intrincada e complexa rede energética (Dunlap, 2015).

As distribuições das fontes de energia brasileiras refletem as características de disponibilidade de recursos do país. A queima do carvão é menor com relação à parcela ocupada pela energia hidrelétrica, já que são poucas reservas disponíveis, e quando disponíveis são de baixa qualidade (Manuad et al., 2017). Em compensação, a disponibilidade de recursos hídricos faz com que a energia provinda das hidrelétricas seja a mais utilizada.

Assim como outros estados do Brasil, o Maranhão, se constitui como um dos estados mais promissores na geração de energia limpa, com grande potencial energético a partir de fontes hidroelétricas, solar, maremotriz, biomassa e eólica, apresentando baixo impacto sobre o meio ambiente. Sendo autossuficiente em energia, o estado desenvolve as cadeias produtivas e investe cada vez mais em conhecimento e tecnologia (Secretaria de Estado de Indústria e Comércio [SEINC], 2015).

Neste cenário, o presente artigo tem como objetivo fazer uma análise e discutir sobre as diferentes fontes de energias renováveis e o potencial energético no território do estado e ainda contribuir para o entendimento dos aspectos relacionados à energia elétrica no Maranhão, destacando a importância de aproveitar os recursos naturais disponíveis e promover o acesso universal à eletricidade, visando o desenvolvimento econômico e social do estado, levando em consideração a preservação do meio ambiente.

## 2. Metodologia

Esse trabalho se trata de uma revisão bibliográfica do tipo narrativa, que segundo Cordeiro *et al.* (2007) e Ribeiro (2014), é um procedimento de seleção de fontes bibliográficas menos rigoroso, o que torna mais suscetível a interferência no resultado devido a essa subjetividade. Para Ribeiro (2014), a revisão bibliográfica por meio da narrativa, tem como princípio

primário fornecer “sínteses narrativas”, que permitem agrupar ideias e conteúdo de diferentes obras e autores, apresentando-as para o leitor de forma concisa e coerente, a fim de descrever os critérios de coletas e obras incluídas.

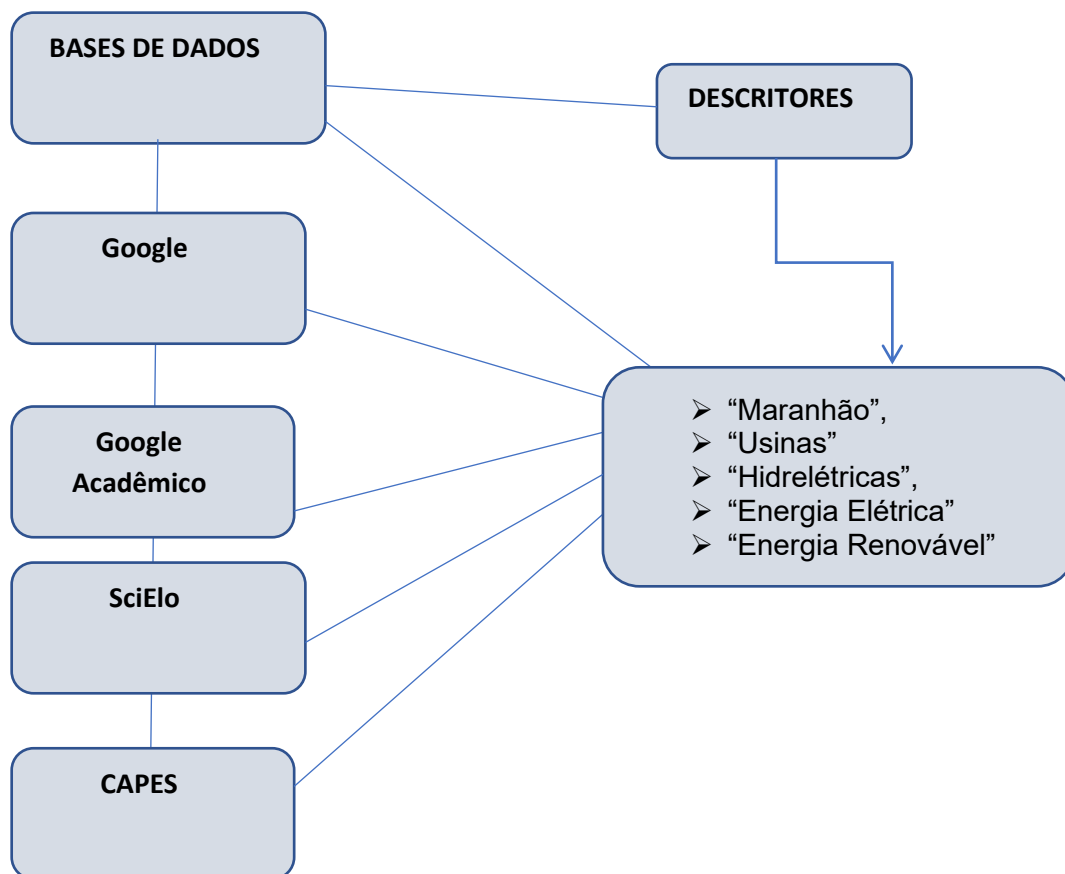
Nesse viés:

As revisões narrativas não informam as fontes de informação utilizadas, o método de busca das referências, nem os critérios utilizados na avaliação e seleção dos trabalhos. São, basicamente, análises da literatura publicada em livros, artigos de revista impressos ou digitais, baseadas na interpretação e análise crítica do autor [...]. (RIBEIRO, 2014, p. 676-677).

O presente artigo seguiu de acordo com orientações de Souza *et al.* (2018), que discute a possibilidade de associar a revisão narrativa a seis etapas, sendo elas: 1) a escolha do tema; 2) busca na literatura; 3) seleção de fontes; 4) leitura transversal; 5) redação e; 6) referências.

Nesse sentido, a coleta de dados foi executada usando bancos de dados como: Google, Google Acadêmico, Scientific Eletronic Library Online (SCIELO) e Base de periódicos CAPES, considerando os seguintes descritores “Maranhão”, “Usinas Hidrelétricas”, “Energia Elétrica” e “Energia Renovável”.

**Figura 1** – Organograma das bases utilizadas nas prospecções científicas e seus respectivos descritores.



Fonte: Autores (2023).

Após a seleção de artigos encontrados, foram realizados: a) leitura transversal; b) a leitura interpretativa, para melhor expressão dos resultados em artigos encontrados e; c) a construção da redação.

### 3. Resultados e Discussão

Na década de 80, a capacidade total de geração de energia instalada no Maranhão era de 118,5 MW. Já nos anos 2000, era de 254 MW, representando 0,25% (ANEEL, 2015) da capacidade instalada no país daquela mesma época. Em relação ao potencial hidrelétrico do Maranhão, ainda em 2000, apresentava potencial de 2.159 MW em valores registrados. Grande parte desse potencial provém de recursos hídricos que estão localizados nos limites dos estados do Piauí e Tocantins com o Maranhão (Brito, 2015). No ano de 2013, a capacidade total de geração de energia instalada no Maranhão, era de 2.309 MW, distribuídas em fontes hidrelétricas, termelétricas, eólica e solar (ANEEL, 2013).

Na ótica das Macro Políticas estatais, as Usinas Hidrelétricas (UHE) são consideradas pelas políticas energéticas como logística para o desenvolvimento econômico (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2015). Já na literatura geográfico-econômica, uma UHE é considerada como um sistema de engenharia ou um objeto geográfico (Santos & Silveira, 2004), a qual faz parte de ajustes espaciais e das alianças regionais para a produção capitalista do espaço geográfico (Harvey, 2005).

Em território maranhense existem em operação 02 (duas) hidrelétricas, a Hidrelétrica de Boa Esperança localizada entre as cidades de São João dos Patos/MA e Guadalupe/PI, e a Hidrelétrica de Estreito, localizada entre as cidades de Estreito/MA e Aguiarnópolis/TO (ANEEL, 2013).

A Usina Hidrelétrica de Boa Esperança foi construída por meio do aproveitamento das águas do rio Parnaíba, localizando-se no município de Guadalupe, sul do Piauí, tendo sua inauguração no ano de 1970. É uma usina que fornece energia ao estado do Piauí, operada pela CHESF. Anteriormente, a usina tinha a designação de Usina Hidrelétrica Marechal Castelo Branco, mas recentemente tem a nomenclatura de Boa Esperança (Penha & Barros, 2021). A seguir, apresentamos a Figura 1 que ilustra a localização da Usina hidrelétrica de Boa Esperança:

**Figura 2** – Localização via satélite da UHE Boa Esperança.



Fonte: Google Earth (2022).

Através dessa imagem, é possível observar o posicionamento estratégico da usina hidrelétrica em relação ao relevo e aos cursos d'água da região. A usina foi cuidadosamente implantada nas margens do rio Parnaíba, situado na divisa entre os estados do Maranhão e Piauí. Na Figura 2 abaixo, podemos visualizar o reservatório da barragem de HU Boa Esperança, que representa um importante parte do empreendimento.

**Figura 3** – UHE Boa Esperança.



Fonte: Julio Borges/Chesf (2021).

Nesta imagem, somos convidados a contemplar a engenhosidade humana em sinergia com a natureza, representada pela barragem que represa as águas, dando origem a um vasto lago. Esse cenário revela a grandiosidade do projeto hidrelétrico, destacando sua capacidade de gerar energia limpa e renovável, além do fluxo hídrico regular, favorecendo a gestão sustentável dos recursos hídricos da região.

A Usina Hidrelétrica de Estreito (UHEE) está localizada no curso médio na bacia hidrográfica do Araguaia-Tocantins, nos limites dos municípios de Estreito, estado do Maranhão, e Aguiarnópolis, estado do Tocantins, os quais fazem parte da Amazônia Legal brasileira. A obra foi iniciada no ano de 2008, período do segundo mandato do Presidente da República Luís Inácio Lula da Silva (2003-2010), porém, foi inaugurada no governo da Presidente da República Dilma Rousseff (2011-2016), no ano de 2012 e faz parte da Macro Política contida no Programa Brasil em Ação no então período do segundo mandato do Presidente da República Fernando Henrique Cardoso (1995-2002).

A UHEE é administrada sob a modalidade de joint-venture através do Consórcio Estreito Energia (Consórcio Estreito Energia Usina Hidrelétrica de Estreito n. d.). O consórcio é composto por quatro empresas multinacionais e seus percentuais de ações são: “(a) Companhia Energética Estreito – 40,7%, (b) VALE S.A – 30%, (c) Estreito Energia S.A – 25,49%, e; (d) Estreito Participações S.A – 4,44%” (ANEEL, 2017, p.18). Abaixo, apresentamos a Usina hidrelétrica de Estreito.

**Figura 4** – UHE Estreito.



Fonte: Ceste/Divulgação (2020).

A imagem da Usina Hidrelétrica de Estreito revela uma estrutura que impressiona por sua magnitude e grandiosidade. A presença marcante da represa e do extenso corpo d'água represado demonstra o imenso potencial dessa usina em gerar energia elétrica, aproveitando de forma eficiente a poderosa força das águas. Além da gestão da Usina Hidrelétrica de Estreito (UHEE) por meio do Consórcio Estreito Energia, é importante mencionar que o empreendimento do setor elétrico também se beneficia do aproveitamento da biomassa como fonte energética. Nesse contexto, a biomassa engloba recursos renováveis

derivados de matéria orgânica, seja de origem animal ou vegetal, que por meio da queima dos combustíveis derivados da biomassa, é possível gerar energia elétrica (Brito, 2015).

No território maranhense, caso não houvesse a proteção legal de jurisdição federal e estadual sob algumas espécies de coberturas de florestas nativas, poderiam servir como fonte de energia para usina térmica a carvão vegetal, em geral, como é o caso das palmeiras. Entretanto, existe um número expressivo de florestas plantadas com variedades de espécies diversificadas, com o principal intuito de suprir a Biomassa aos empreendimentos dessa natureza (Brito, 2015). Na tabela abaixo, apresentamos as usinas de biomassa que estão em operação no Maranhão:

**Tabela 1** – Usinas de Biomassas em operação no Maranhão.

Tipo/Matrícula CEG-ANEEL	Combustível	Empreendimento/Município	Situação	Potência MW	Estágio
Geração de energia elétrica/UTE.FL.MA.029722-4.01	*CV	Gusa Nordeste/Açailândia-Ma	Em operação	10	Concluído
Geração de energia elétrica/UTE.FL.MA.028500-5.01	*CV	Simasa/Açailândia-Ma	Em operação	8	Concluído
Geração de energia elétrica/UTE.FL.MA.028917-5.01	*CV	Viena/Açailândia-Ma	Em operação	7,2	Concluído
Geração de energia elétrica/UTE.FL.MA.030696-9.01	**BC	Energ. Itajubara/Coelho Neto-MA	Em operação	4,4	Concluído
Geração de energia elétrica/UTE.FL.MA.030959	***LN	Suzano Maranhão/Imperatriz-MA	Em operação	255	Concluído
Total		5 unidades		284,6	

\*Carvão vegetal; \*\*Bagaço de cana; \*\*\*Licor Negro. Fonte: ANEEL (2015).

De acordo com a tabela, o estado possui 05 (cinco) unidade de usinas de Biomassa em operação, Gusa Nordeste, Viena e Simassa em Açailândia/MA, Energia Itajubara em Coelho Neto/MA e Suzano Maranhão em Imperatriz/MA, apresentando juntas um total de potência MW de 284,6 (ANEEL, 2015). Sendo Suzano Maranhão a maior potência maranhense, com MW de 255.

No Brasil, diversos estados são privilegiados com relação à sua capacidade energética, devido à sua topografia, hidrografia e clima que possibilitam a utilização de várias fontes renováveis de energia, a exemplo da energia eólica (Schmidt et al., 2016). Um caso particular é a região nordeste, que concentra quase 90% da capacidade eólica do país (Empresa de Pesquisa Energética [EPE], 2020). O estado do Maranhão, em especial, apresenta um relevante potencial energético para esse tipo de fonte, graças às grandes incidências de ventos alísios na região maranhense (Schmidt et al., 2016). O Parque Eólico Delta Maranhão, por exemplo, é uma importante instalação de energia eólica localizada nos municípios de Paulino Neves e Barreirinhas, sendo pioneira nesse tipo de usina no Estado. Sua capacidade de geração elétrica é de impressionantes 426 MW, e ele é composto por 15 projetos distintos, conhecidos como Delta 3, Delta 5, Delta 6, Delta 7 e Delta 8 (Aguiar, 2021).

O Delta 3 começou a operar em 2017, enquanto o Delta 5 e o Delta 6 foram inaugurados em 2018. Já os projetos Delta 7 e Delta 8 entraram em operação comercial em outubro de 2019. Esses empreendimentos são fundamentais para o fornecimento de energia limpa e sustentável para a região, contribuindo significativamente para a matriz energética do Maranhão (Aguiar, 2021). Em novembro de 2022, o governo estadual estabeleceu uma parceria com a empresa Vienergy para concretizar o projeto do Complexo Eólico Tutóia, previsto para ser implantado em 2024. Esse empreendimento demandará um investimento significativo de 2,5 bilhões de reais, visando atingir uma capacidade de geração de energia de 250MW e a criação de aproximadamente mil postos de trabalho diretos. O objetivo principal do complexo é promover o desenvolvimento industrial e produtivo, bem como gerar empregos e renda para a região. É importante destacar que o Complexo Eólico Tutóia foi construído a uma distância de apenas 20 km do Complexo Eólico Delta Maranhão, também realizado pela Vienergy e operado pela empresa Ômega Energia. A instalação e expansão deste último projeto também contaram com o apoio da SEINC,

reforçando o compromisso governamental em fomentar a energia eólica como uma importante fonte de progresso e prosperidade para o estado (Maranhão vai receber 2022).

Também devido a suas características geográficas, o Maranhão, apresenta grande potencial energético da fonte maremotriz. A energia oceânica, especialmente aquela proveniente das marés no interior de rios e estuários, tem sido reconhecida como uma fonte promissora para aumentar a capacidade instalada e diversificar a matriz energética. A energia maremotriz é renovável, não poluente e totalmente previsível. Embora o potencial total das marés em todo o mundo seja de aproximadamente 2 TW, com uma energia anual disponível entre 500 TWh e 1000 TWh, apenas cerca de 20 locais no mundo são adequados para explorar essa fonte de energia (Universidade Federal do Maranhão [UFMA], 2022).

No Brasil, as maiores amplitudes de marés são encontradas na costa norte, particularmente nas regiões do Maranhão, Pará e Amapá (UFMA, 2022). Esse potencial energético é o equivalente a 16,8% do consumo nacional do Brasil em 2008 (EPE, 2009). Apenas na baía de Turiaçu, por exemplo, a potência extraível é da ordem de 3.402 MW (Sondotecnica Engenharia de Solos S.A., 1981), sendo cerca de 40% da potência instalada da Usina hidrelétrica de Tucuruí.

Durante os anos 80, a ELETROBRÁS solicitou estudos que identificassem locais com potencial para a exploração da energia proveniente das marés. Entre esses locais, a baía do Bacanga foi identificada como um caso particularmente promissor. Em 1973, finalizou-se a construção de uma barragem, cujo propósito principal era reduzir a distância entre a capital São Luís e o porto de Itaqui. Naquela época, também cogitou-se utilizar essa barragem para a implementação de um sistema de geração de energia elétrica, aproveitando as variações das marés (UFMA, 2022).

Desta energia maremotriz, duas categorias de energias podem ser obtidas: a energia potencial, que é definida pela diferença de altura entre as marés altas e baixas, e a energia cinética, que é oriunda das correntes devido às marés. Assim, é respeitado o ciclo das marés e haverá formação de um reservatório após a construção de um tipo de barragem comportas, turbinas e hidráulicas (SEINC, 2015).

O litoral maranhense é propício para a implantação de uma usina maremotriz, e a baía de Cumã é apontada como uma localização adequada para esse projeto. No entanto, é fundamental conduzir uma análise mais detalhada para explorar o potencial energético da região. A construção de uma barragem de maré requer uma avaliação minuciosa dos possíveis impactos ambientais e sociais que poderiam surgir como consequência desse empreendimento (Nascimento et al., 2022).

Uma das fontes de energia renovável ainda em pequena escala, é a energia solar, esta, é proveniente da radiação solar e pode ser aproveitada por dois tipos de processos, térmico e fotovoltaico (Cunha & Kemerich, 2016).

O Brasil é um dos países com ótimo índice de radiação solar, em destaque a região do Nordeste, com valores recorrentes de 200 a 250 W/m<sup>2</sup> de potência contínua, isso equivale a 1752 a 2190 kWh/m<sup>2</sup> por ano de radiação incidente (Marques et al., 2009). O Maranhão, que possui a segunda maior extensão territorial do Nordeste e oitavo do território nacional, apresenta potência em média de 5,5 kWh/m<sup>2</sup>/dia (SEINC, 2015).

O uso da energia solar vem crescendo ao longo dos anos no Brasil, impulsionando a capacidade operacional em fonte solar fotovoltaica. De acordo com dados da Associação Brasileira de Energia Fotovoltaica (ABSOLAR, 2022), em setembro de 2022, o país alcançou a marca de 18,6 Gigawatts (GW) de capacidade operacional nessa fonte. Na época, o estado do Maranhão ocupava a 14ª posição no ranking nacional, contribuindo com uma potência instalada de 313,5 MW, que representa 2,5% da capacidade total do país.

No entanto, informações mais recentes, datadas de julho de 2023, indicam que o Brasil continuou avançando na geração de energia solar, atingindo um notável marco de 32 GW de capacidade operacional. Nesse contexto, o estado do Maranhão, apesar de registrar um aumento significativo em sua potência instalada, que alcançou 478,2 MW (ABSOLAR, 2023), caiu uma posição no ranking estadual, passando para o 15º lugar entre os estados brasileiros.

É relevante notar que o crescimento expressivo da energia solar no Brasil tem sido mais acentuado em algumas regiões, especialmente no Nordeste. De acordo com dados da ANEEL apurados pelo Portal Solar (Casarin, 2023), a região Nordeste apresentou um crescimento de 95% no número de instalações de energia solar em 2022, com um acréscimo de 1.81 GW na capacidade instalada ao longo do ano.

Dentre os estados nordestinos líderes na geração distribuída (GD) de energia solar, encontramos a Bahia, o Ceará, Pernambuco, o Maranhão e o Rio Grande do Norte, que se destacam com capacidades instaladas expressivas. O município de Teresina, situado no Piauí, também se sobressai com sua significativa capacidade instalada (Casarin, 2023).

Com a ascensão da energia solar e de outras fontes renováveis, tem-se observado um papel fundamental na diversificação tanto da matriz energética brasileira como da maranhense. Esse progresso tem impulsionado a busca pela sustentabilidade e a adoção de fontes limpas de energia em várias regiões do país. Para ilustrar esse cenário, apresento abaixo as Tabelas 2 e 3, que demonstram a geração de energia no Brasil e no estado do Maranhão nos últimos três anos.

**Tabela 2** - Geração elétrica no Brasil a partir de fontes renováveis – Dados anuais 2020 a 2022.

Fonte	2020(GWh)	2021(GWh)	$\Delta 21/20$	2022(GWh)	$\Delta 22/21$
Hidrelétrica	396.381	362.818	- 8,5%	427,114	+17,7%
Solar	10.748	16.752	+ 55,9%	30.126	+79,8%
Eólica	57.051	72.286	+ 26,7%	81.632	+12,9%
Biomassa*	56.168	52.416	- 6,7%	52.223	- 0,4%

\* Lenha, bagaço de cana, biodiesel e lixívia. Fonte: EPE (2022,2023).

**Tabela 3** - Geração elétrica no Maranhão a partir de fontes renováveis – Dados anuais 2020 e 2021.

Fonte	2020 (GWh)	2021 (GWh)	$\Delta 21/20$
Hidrelétrica	2.385	2.848	+19,4%
Solar	25	183	+632%
Eólica	X	1.782	X
Biomassa	1262	1.399	+10,86%

Fonte: EPE (2021,2022).

De acordo com as tabelas 2 e 3, os dados analisados do balanço energético nacional dos últimos 3 anos, disponibilizados pelo EPE (2021, 2022, 2023), o Brasil e o estado do Maranhão registraram variação na geração elétrica proveniente de diferentes fontes renováveis.

Em 2021, a geração de energia hidrelétrica alcançou 362.818 GWh, o que corresponde a uma redução de 8,5% em comparação com o ano anterior, quando foram gerados 396.381 GWh. De acordo com um relatório da EPA (2022), essa diminuição na produção de energia hidráulica está diretamente relacionada à escassez hídrica e à necessidade de acionar usinas termelétricas para suprir a demanda energética. No entanto, houve um aumento de 17,7% em relação a 2022, que registrou 427.114 GWh. O estado do Maranhão contribuiu com 2.385 GWh em 2020, o que representou um aumento de aproximadamente 19,4% em relação ao ano anterior, alcançando 2.848 GWh em 2021.

Quanto à energia solar fotovoltaica, o Brasil gerou 16.752 GWh em 2021, apresentando um expressivo aumento de 55,9% em comparação com 2020, que obteve 10.748 GWh. Em 2022, essa capacidade cresceu ainda mais, alcançando 30.126 GWh, um aumento de 79,8%. Nisso, o Maranhão foi responsável por apenas 25 GWh em 2020 e 183 GWh em 2021, representando um impressionante aumento de aproximadamente 632% entre esses anos.



No que se refere à energia eólica, em 2021, o país produziu um total de 72.286 GWh, um aumento de 26,7% em relação ao ano anterior, que atingiu 57.051 GWh. Embora não tenham sido fornecidos dados sobre a fonte eólica no estado do Maranhão em 2020, em 2021, ele contribuiu com 1.782 GWh. Em 2022, a capacidade eólica do Brasil cresceu ainda mais, atingindo 81.632 GWh.

Na geração de energia a partir da Biomassa, que inclui lenha, bagaço de cana, biodiesel e lixívia, o Brasil obteve 56.168 GWh em 2020 e 52.416 GWh em 2021, apresentando uma queda de 6,7%. Já em 2022, a geração de energia a partir da Biomassa foi de 52.223 GWh, uma queda de 0,4% em relação a 2021. O estado do Maranhão também desempenhou um papel nesse aspecto, contribuindo com 1.262 GWh em 2020 e 1.399 GWh em 2021, representando um aumento percentual de aproximadamente 10,86%.

Fica evidente que o estado do Maranhão teve um notável aumento na geração de energia a partir de fontes renováveis, como solar fotovoltaica e eólica, o estado mostra-se comprometido em contribuir para a diversificação e a sustentabilidade do setor energético do país. O crescimento significativo na produção de energia solar e eólica no Maranhão ressalta seu potencial como um importante polo para o desenvolvimento de energias limpas. Essa expansão pode trazer benefícios econômicos para o estado, gerando empregos, atraindo investimentos e promovendo o desenvolvimento regional.

Além disso, é encorajador observar que o Maranhão também contribui para a geração de energia através de fontes tradicionais, como a hidrelétrica e a biomassa. Essa diversidade na matriz energética é essencial para garantir a segurança energética do país e reduzir a dependência de fontes não renováveis.

#### **4. Conclusão**

O Estado do Maranhão apresenta relevantes recursos hídricos em seu território com intenso volume de águas no conjunto de todas as suas bacias hidrográficas, o que dá ao estado, maiores e melhores possibilidades potenciais de instalação de Usinas Hidrelétricas e Pequenas Centrais Hidrelétricas.

Existe em sua extensão áreas amplamente férteis para a produção de florestas plantadas e nativas, proporcionando a implantação de usinas térmicas para a geração de energia elétrica de biomassa e biogás. Por Tanto, apesar dos recursos hídricos dominarem a matriz energética no Maranhão, outras fontes de energias renováveis vêm ganhando forças atualmente, pois o estado possui alguns favorecimentos naturais que possibilitam a isso. Como exemplo, a incidência de ventos alísios e presença de grandes raios solares, até mesmo com estações do ano bem definidas, o que evidencia, dois dos privilégios do estado na matriz energética renovável.

Nos últimos 3 anos, o estado do Maranhão apresentou um notável aumento na geração de energia a partir de fontes renováveis, tais como solar, fotovoltaica, eólica e hidráulica. Isso demonstra o comprometimento do estado em contribuir para a diversificação e a sustentabilidade do setor energético do país. O crescimento significativo na produção destas energias ressalta o potencial do Maranhão como um importante polo para o desenvolvimento de fontes limpas de energia. Essa expansão pode trazer inúmeros benefícios econômicos para a região, incluindo a geração de empregos, a atração de investimentos e o estímulo ao desenvolvimento regional.

Diante dessas informações, evidencia-se a importância de aproveitar ainda mais os recursos naturais disponíveis no Maranhão para promover o acesso universal à energia elétrica, buscando o desenvolvimento econômico e social da região, ao mesmo tempo em que se preserva o meio ambiente. O investimento em energias renováveis e a utilização de práticas de consumo de recursos naturais são fundamentais para garantir um futuro sustentável, tanto para o estado como para o país como um todo.

Com o objetivo de ampliar nosso conhecimento sobre as energias renováveis no estado do Maranhão para a geração de eletricidade, é fundamental realizar estudos que incentivem investimentos sustentáveis, impulsionam o desenvolvimento

socioeconômico, preservem o meio ambiente e fortaleçam a segurança energética do estado e do país como um todo. Sendo assim, recomendamos a condução de estudos específicos sobre a viabilidade técnica e econômica da implantação de parques eólicos nas regiões mais ventosas do estado.

Além disso, é essencial realizar investigações detalhadas sobre o potencial da energia solar fotovoltaica, com foco na identificação de áreas de alta irradiação solar e análise de diferentes modelos de implantação. Outro ponto relevante consiste na exploração das opções de energia hídrica, com ênfase na identificação de rios e cursos d'água com potencial para construção de usinas hidrelétricas de pequeno e médio porte, visando a expansão da matriz energética sustentável do estado. Adicionalmente, é interessante estudar o aproveitamento de biomassa e resíduos sólidos urbanos como fontes alternativas de energia limpa, avaliando suas capacidades de contribuir para a geração de eletricidade em larga escala. Uma análise integrada que leve em conta a complementaridade entre diferentes fontes renováveis, bem como os desafios e oportunidades de integração dessas tecnologias ao sistema elétrico, proporciona uma visão mais holística sobre o potencial energético renovável do Maranhão. Essas sugestões apontam caminhos para pesquisas futuras, buscando contribuir para o desenvolvimento sustentável e a diversificação da matriz energética do estado, reduzindo a dependência de fontes não renováveis e mitigando os impactos ambientais negativos associados. Com essas iniciativas, o estado do Maranhão estará mais preparado para enfrentar os desafios energéticos do futuro de maneira responsável e ambientalmente consciente.

## Referências

- Agência Nacional de Energia Elétrica (2008). *Atlas de energia elétrica do Brasil*.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (2013). *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Brasília: Autor.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (2015). *Resolução Normativa n.º 481, de 17 de abril de 2012*.
- Agência Nacional de Energia Elétrica (2017). *Atlas de energia elétrica do Brasil*. Brasília: Autor.
- Aguiar, J. (2021, junho 21). *Parque eólico do Maranhão: Nossa equipe conheceu de perto as gigantes instalações*. Click Petróleo e Gás. <https://clickpetroleogas.com.br/parque-eolico-do-maranhao-nossa-equipe-conheceu-de-perto-as-gigantes-instalacoes/>
- Associação Brasileira de Energia Fotovoltaica. (2022). *Infográfico ABSOLAR n.º 47 – Setembro/2022*. <https://www.absolar.org.br/arquivos/>
- Associação Brasileira de Energia Fotovoltaica. (2023). *Infográfico ABSOLAR n.º 57 – Julho/2023*. <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>
- Brito, J. F. B. (2015). *O Gerenciamento de Energia Elétrica em Território Maranhense no período de 1980 a 2015: Planejamentos, realidades e perspectivas* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Maranhão. <http://tedebc.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/685>
- Casarin, R. (2023, janeiro 9). *Instalações de energia solar crescem 95% no Nordeste em 2022*. PortalSolar. <https://www.portalsolar.com.br/noticias/mercado/geracao-distribuida/instalacoes-de-energia-solar-crescem-95-no-nordeste-em-2022>
- Consórcio Estreito Energia Usina Hidrelétrica de Estreito (n. d.). *UHE Estreito*. Recuperado de <https://www.uhe-estreiro.com.br/>
- Cordeiro, A. M., Oliveira, G. M. de, Rentería, J. M., & Guimarães, C. A. (2007). Revisão sistemática: uma revisão narrativa. *Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgias*, 34(6), 428–431. <https://doi.org/10.1590/s0100-69912007000600012>
- Chesf aumenta vazão do reservatório da UHE Boa Esperança – CanalEnergia. (n.d.). [www.canalenergia.com.br](http://www.canalenergia.com.br). <https://www.canalenergia.com.br/noticias/53241250/chesf-aumenta-vazao-do-reservatorio-da-uhe-boa-esperanca-2>.
- Dunlap, R.A (2015). *Sustainable energy*. Halifax: Dalhousie Universit.
- Empresa de Pesquisa Energética. (2009). *Balanco Energético Nacional 2009*. Resultados Preliminares. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2009>
- Empresa de Pesquisa Energética. (2020). *Energia Eólica no Nordeste*. [https://www.epe.gov.br/sites-pt/aceso-restrito/Documents/EPE\\_FactSheet\\_Eolica.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/aceso-restrito/Documents/EPE_FactSheet_Eolica.pdf)
- Empresa de Pesquisa Energética. (2021). *Balanco Energético Nacional 2021 - Ano base 2020*. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>
- Empresa de Pesquisa Energética. (2022). *Balanco Energético Nacional 2022 - Ano base 2021*. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022>
- Empresa de Pesquisa Energética. (2023). *Relatório Síntese do Balanco Energético Nacional 2023 – Ano base 2022*. <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>

- Google LLC. (2022). Google Earth [Software]. <https://www.google.com/earth/>
- Harvey, D. (2005). *A produção capitalista do espaço* (C. Szalak, Trad.). Annablume. [http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/02\\_babel/textos/harvey-producao-capitalista-espaco.pdf](http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/02_babel/textos/harvey-producao-capitalista-espaco.pdf)
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Org.). (2016). *Logística de energia*. IBGE. <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=297260>.
- Kemerich, P. D. C., Flores, C. E. B., Borba, W. F., Silveira, R. B., França, J. R., & Levandoski, N. (2016). Paradigmas da energia solar no Brasil e no mundo. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 20(1), 241–247.
- Marques, R. C., Krauter, S. C. W., & de Lima, L. C. (2010). Energia solar fotovoltaica e perspectivas de autonomia energética para o nordeste brasileiro. *Revista Tecnologia*, 30(2). <https://ojs.unifor.br/tec/article/view/1049>
- Mauad, F. F., & Ferreira, L. d. C. (2017). *Energia renovável no Brasil: Análise das principais fontes energéticas renováveis brasileiras*. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos.
- Maranhão vai receber novo complexo eólico que deve gerar mais de mil empregos. (2022). Maranhão vai receber. O Imparcial. <https://oimparcial.com.br/economia/2022/11/maranhao-vai-receber-novo-complexo-eolico-que-deve-gerar-mais-de-mil-empregos/?amp>
- Nascimento, F. D. S., Silva, I. D. A., Junior, W. W. S. P. & Cerqueira, M. (2022). Energias renováveis: Proposta de energia maremotriz para o centro espacial de Alcântara. *Anais do Terceiro Sustentare e Sexto Wipis*. 10.29327/III\_SUSTENTARE\_VI\_WIPIS.409383
- Penha, L. R., & Barros, L. L. G. (2021). Energia e a indústria da celulose na Amazônia: O território das localidades centrais ao entorno da Usina Hidrelétrica de Estreito no Maranhão. *Brazilian Journal of Development*, 7(3), 23927–23943.
- Ribeiro, J. L. P. (2014). Revisão De Investigação e Evidência Científica. *Psicologia Saúde & Doença*, 15(3), 672- 683. <https://doi.org/10.15309/14psd150309>
- Sondotécnica Engenharia de Solos S.A. (1981). *Aproveitamentos Maremotrizes na Costa Maranhão, Pará, Amapá*. Inventário Preliminar
- Santos, M. (2004). *A natureza do espaço: Técnica e tempo, razão e emoção* (4a ed.). Editora da Universidade de São Paulo.
- Santos, M., & Silveira, M. L. (2004). *O Brasil: Território e sociedade no início do século XXI* (6a ed.). Record.
- Souza, M. T. S, Silva, M. D, Carvalho, R. (2010). Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Rev. Einstein*, 8 (1), 102-106. [https://www.scielo.br/pdf/eins/v8n1/pt\\_1679-4508-eins-8-1-0102.pdf](https://www.scielo.br/pdf/eins/v8n1/pt_1679-4508-eins-8-1-0102.pdf)
- Secretaria de Estado de Indústria e Comércio (2015). *Energia Renovável*. <https://seinc.ma.gov.br/energia-renovavel>
- Schmidt, J., Cancelli, R., & Pereira, A. O. J. (2016). An optimal mix of schmidt PV, wind and hydro power for a low-carbon electricity supply in brazil. *Renewable Energy*, 85, 137–147.
- Universidade Federal do Maranhão. (2022). *Pesquisa para a Implantação de Laboratório Maremotriz no Bacanga*. Instituto de Energia Elétrica. <https://portalpadrao.ufma.br/iee/projetos/pesquisa-e-desenvolvimento-para-a-implantacao-de-uma-usina-laboratorio-maremotriz-na-barragem-do-bacanga>
- Usina hidrelétrica de Estreito emite alerta de aumento de vazão no rio Tocantins. (2020). G1. <https://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2020/04/24/usina-hidreletrica-de-estreito-emite-alerta-de-aumento-de-vazao-no-rio-tocantins.ghtml>.