

---

**Faculdade Nilo De Stéfani**  
Trabalho de Graduação

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA “PAULA SOUZA”  
FACULDADE NILO DE STÉFANI DE JABOTICABAL - SP (Fatec-JB)  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM GESTÃO AMBIENTAL.**

**FONTES DE ENERGIA: PANORAMA ATUAL E PERSPECTIVAS**

**LUCIANA PIRES RODRIGUES BETIOLI**

**PROF. ORIENTADOR: DR. VALCINEY GOMES DE BARROS**

**JABOTICABAL, S.P.**

**2024**

**LUCIANA PIRES RODRIGUES BETIOLI**

**FONTES DE ENERGIA: PANORAMA ATUAL E PERSPECTIVAS**

Trabalho de graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnóloga em **Gestão Ambiental**.

Orientador: Prof. Dr. Valciney Gomes de Barros

**JABOTICABAL, S.P.**

**2024**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Betioli, Luciana Pires Rodrigues.

Fontes de energia: panorama atual e perspectivas /Luciana Pires Rodrigues  
Betoli. — Jaboticabal: Fatec Nilo de Stéfani, 2024.

20p.

Orientador: Valciney Gomes de Barros

Coorientador: Nome por extenso

Trabalho (graduação) – Apresentado ao Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani - Jaboticabal,2024.

1. Fontes de Energia; Meio Ambiente; 2.Matriz Elétrica; 3.Fontes Renováveis; I. Sobrenome, nome abreviado do orientador. II. Título.

LUCIANA PIRES RODRIGUES BETIOLI

**FONTES DE ENERGIA: PANORAMA ATUAL E PERSPECTIVAS**

Trabalho de Graduação (TG) apresentado à Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB), como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnóloga em **Gestão Ambiental**.

**Orientador: Valciney Gomes de Barros**

**Data da apresentação e aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.**

**MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA**

**Presidente e Orientador: Prof. Dr. Valciney Gomes de Barros**

**Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)**

**Jaboticabal – SP – Brasil**

**Segundo membro da banca examinadora: \_\_\_\_\_**

**Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)**

**Jaboticabal – SP – Brasil**

**Terceiro membro da banca examinadora: \_\_\_\_\_**

**Faculdade de Tecnologia Nilo de Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB)**

**Jaboticabal – SP – Brasil**

Dedico este trabalho ao meu marido, que me apoiou, incentivou e esteve presente em cada desafio. Ao longo destes três anos de intensa dedicação e descobertas, sementes foram plantadas e, com fé em Deus, em breve colheremos os frutos desses árduos esforços.

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que contribuíram para a conclusão deste curso.

Primeiramente, agradeço a DEUS dono de toda ciência, sabedoria e poder, pela oportunidade de aprendizado.

Aos meus pais, Graciano Alves Rodrigues e Maria Vera da Costa Pires, pelo seu amor incondicional, apoio constante e encorajamento.

Ao meu marido Julio Betioli Neto, pelo suporte ao longo de toda a minha jornada acadêmica. Sem o seu suporte, tanto emocional quanto financeiro, este sonho não teria sido possível.

Agradeço também ao meu orientador, Valciney Gomes Barros, pela orientação valiosa, suas sugestões e críticas construtivas foram fundamentais para a realização deste projeto.

Um agradecimento especial aos meus colegas e amigos, turma de 2022, por suas palavras de encorajamento e pelo apoio moral durante os momentos mais desafiadores. A convivência e o aprendizado com vocês foram enriquecedores e muito inspiradores.

Agradeço à minha instituição de ensino, Fatec-Jaboticabal, e a todos os professores e funcionários que contribuíram para a minha formação acadêmica e profissional. A infraestrutura e os recursos oferecidos foram essenciais para o meu desenvolvimento e a realização deste trabalho.

Finalmente, agradeço a todos que, de alguma forma, ajudaram e incentivaram este projeto. A colaboração e o apoio de cada um foram de muita importância e são profundamente apreciados.

Muito obrigado!

É importante que os estudantes transportem para seus estudos uma certa irreverência descontraída; eles não estão aqui para adorar o conhecido, mas para questioná-los.  
(J. Bronowski, 1973)

BETIOLI, Luciana Pires Rodrigues. **Fontes de energia: panorama atual e perspectivas.** Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 19 p. 2024.

## RESUMO

O crescimento populacional e o desenvolvimento da sociedade impulsionam as necessidades de energia e aumenta os desafios ambientais. O uso de combustíveis fósseis, como carvão, petróleo e gás natural, que são amplamente utilizados na geração de energia, contribuem para a elevação das emissões de gases de efeito estufa, agravando o aquecimento global e as mudanças climáticas. Diante disso, torna-se crucial buscar fontes de energia limpa e renovável, como solar, eólica, hidráulica, geotérmica e biomassa, para mitigar os impactos negativos ao meio ambiente. As fontes renováveis possuem potencial significativo para desempenhar um papel central na matriz energética brasileira, proporcionando uma alternativa sustentável para a substituição dos combustíveis fósseis. Além disso, essas fontes podem reduzir a dependência de grandes centrais elétricas, localizadas longe dos centros de consumo, tornando o sistema mais descentralizado e eficiente. Este trabalho discute as principais fontes de energia renovável, suas relações com as atividades humanas, os impactos ambientais e sociais, além das perspectivas de sua ampliação no Brasil.

**Palavras-chave:** fontes de energia; meio ambiente; matriz energética; combustíveis fósseis; energias renováveis;

Betioli, Luciana Pires Rodrigues. **Fontes de energia: panorama atual e perspectivas.** Trabalho de Graduação. Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”. Faculdade de Tecnologia de Jaboticabal. 19p. 2024.

### **ABSTRACT**

Population growth and the development of society drive the increasing energy demands and exacerbate environmental challenges. The use of fossil fuels, such as coal, oil, and natural gas, which are widely utilized for energy generation, contributes to the rise in greenhouse gas emissions, worsening global warming and climate change. In light of this, it is crucial to seek clean and renewable energy sources, such as solar, wind, hydro, geothermal, and biomass, to mitigate the negative impacts on the environment. Renewable sources have significant potential to play a central role in Brazil's energy matrix, providing a sustainable alternative to the replacement of fossil fuels. Additionally, these sources can reduce the dependence on large power plants located far from consumption centers, making the system more decentralized and efficient. This work discusses the main renewable energy sources, their relationships with human activities, environmental and social impacts, as well as the prospects for their expansion in Brazil.

**Keywords:** energy sources; environment; electrical matrix; renewable sources;

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

<b>ABEEÓLICA</b>	Associação Brasileira de Energia Eólica
<b>ANEEL</b>	Agência Nacional de Energia Elétrica
<b>CCEE</b>	Câmara Comercialização de Energia Elétrica
<b>EPE</b>	Empresa de Pesquisa Energética
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>MME</b>	Ministério de Minas e Energia
<b>PCHs</b>	Pequenas Centrais Hidrelétricas
<b>PDEE</b>	Plano Decenal de Expansão de Energia
<b>PROCEL</b>	Programa Nacional de Conservação de Energia
<b>PNAD</b>	Política Nacional de Educação Ambiental
<b>PNRH</b>	Programa Nacional de Recursos Hídricos
<b>PNRUE</b>	Programa Nacional de Racionalização do Uso de Energia
<b>PROINFA</b>	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVO .....	2
3 METODOLOGIA DA PESQUISA .....	2
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	2
5 CONCLUSÃO.....	17
REFERÊNCIAS .....	18
APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE .....	20
ANEXO A – DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO DA EMPRESA e/ou LABORATÓRIO entre outros (usar timbre do local).....	20

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda por energia tem crescido ao longo da história. O ser humano, inicialmente, dominou o fogo, depois domesticou e utilizou a força de tração animal. Posteriormente, passou a aproveitar recursos naturais, como a água e o vento, para gerar energia por meio de moinhos e rodas d'água. Esse aumento na demanda se intensificou com a Revolução Industrial e a invenção das máquinas, quando a lenha e o carvão passaram a ser utilizados como fontes de energia essenciais para movimentar os novos sistemas industriais (CPFL, 2011).

Segundo Azevedo (2013) Atualmente, os recursos naturais e renováveis estão no centro de diversas pesquisas, impulsionadas pelas crescentes preocupações ambientais causadas pelos problemas ecológicos e pelo aquecimento global associados ao uso de combustíveis fósseis. A utilização adequada das fontes renováveis é uma excelente maneira de substituir as "energias sujas" e minimizar os danos ao planeta.

A energia provém de um estado de transformação e utilização de matéria disponível na natureza. Não podemos criar e nem destruir a energia, mas podemos transformá-la de uma forma para outra. A matéria contém energia potencial, que pode ser liberada por meio de processos físicos ou químicos.

Por exemplo, a queima de combustíveis fósseis libera a energia armazenada no carbono e no hidrogênio, que são transformados em dióxido de carbono e água. Da mesma forma, a energia do sol é transformada em energia química por meio da fotossíntese das plantas.

A revolução industrial transformou o homem "homo sapiens" em um novo homem, o homem energético, pois com o avanço das conquistas energéticas, mais a humanidade é dependente e escrava da energia, não conseguindo dispensá-la nas menores atividades. As fontes de energia da natureza estão se esgotando e sua exploração excessiva está gerando desequilíbrios ambientais muito graves. (BRANCO, 1990)

Segundo Tolmasquim et al (2007), no Brasil e no mundo a energia está diretamente ligada ao desenvolvimento dos países, no Brasil a partir da Segunda Guerra Mundial o setor de energia obteve um impulso gigantesco gerado pelo grandioso crescimento demográfico e urbanização das grandes cidades, o que acabou aumentando a necessidade de novos meios de locomoção, obtendo grande influência na infraestrutura de transporte e no processo de industrialização contribuindo para o aumento da necessidade energética no país.

A utilização da energia é fundamental para a realização de diversas atividades humanas, desde a produção de alimentos até a geração de eletricidade e movimentação de

veículos. No entanto, é importante lembrar que a utilização da energia tem impactos ambientais, como a emissão de gases de estufa e a poluição do ar e da água. Por isso, é importante buscar fontes de energia limpa e renovável, como a energia solar, eólica e hidráulica, para reduzir os impactos negativos da utilização da energia na natureza.

## **2 OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral:**

Avaliar o panorama atual das principais fontes de energia renováveis no Brasil e no mundo, destacando os desafios e oportunidades para a ampliação dessas fontes.

### **Objetivos específicos:**

- Explorar as principais tecnologias de energias renováveis, como solar, eólica e biomassa.
- Comparar os impactos ambientais e sociais das energias renováveis e não renováveis.
- Analisar o papel das políticas públicas e incentivos econômicos na promoção de energias renováveis no Brasil.

## **3 METODOLOGIA DA PESQUISA**

A pesquisa foi realizada por meio de um levantamento bibliográfico, focado em energias renováveis e meio ambiente, utilizando diversas fontes, como artigos, livros, teses e dados de referência. A metodologia adotada proporcionou uma análise detalhada, baseada em dados atualizados e consistentes, garantindo que as discussões apresentadas no trabalho fossem fundamentadas em fontes confiáveis e relevantes. Esse levantamento possibilitou a avaliação do panorama atual e dos desafios das principais fontes de energia renovável, além de promover novas reflexões sobre a situação energética no Brasil e o papel das energias renováveis na diversificação da matriz energética nacional.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Balanço energético**

O Balanço Energético Nacional (BEN) mostra a Oferta Interna de Energia (OIE), também conhecida como demanda total de energia, e como a eficiência energética do país evoluiu a partir de 1970. Essas mudanças na matriz energética refletem as transformações

estruturais que ocorreram na economia brasileira. A partir de 1970, a OIE aumentou significativamente, atingindo 200.875 milhões de tep, ou 1,8% da energia mundial. (GOLDEMBERG; LUCON, 2007)

Historicamente, as matrizes energéticas das nações têm usado principalmente combustíveis fósseis ou minerais. Esses padrões de produção e consumo têm causado danos ao meio ambiente, como emissões de gases de efeito estufa (Nascimento; Mendonça; Cunha, 2012).

Uma matriz energética é composta de diversas fontes de energia utilizadas em vários âmbitos, a energia gerada pela queima da gasolina para movimentar um carro, queima da lenha para a preparação de alimentos para o consumo, e para gerar energia elétrica. A matriz elétrica, diferente da matriz energética, conta apenas com o conjunto de fontes de energia necessárias para a produção de energia elétrica. Desta forma, pode se afirmar que a matriz elétrica, é uma parte que fica dentro da matriz energética (Energética, 2018) e atende, principalmente, os setores residenciais, industriais, comerciais.

A matriz energética do Brasil difere significativamente da matriz energética global (Figura 1 e 2). O que coloca o Brasil em uma posição de destaque no cenário internacional nessa temática. Nossas renováveis representam 47,4 por cento da nossa matriz energética, quase metade do total, incluindo hidráulica, derivados de cana, carvão vegetal e lenha, entre outras renováveis. Em contraste, a matriz energética mundial possui apenas 14,7% de participação de fontes renováveis (EPE, 2023).

De acordo com EPE, (2023), as fontes de energia não renovável são as principais fontes de emissão de gases de efeito estufa (GEE). A divisão das emissões de gases de efeito estufa pelo número de habitantes do Brasil revela que o nosso país utiliza mais energia de fontes renováveis do que a média de outros países, o que resulta em uma taxa de emissão de gases de efeito estufa menor do que a média de outros países.

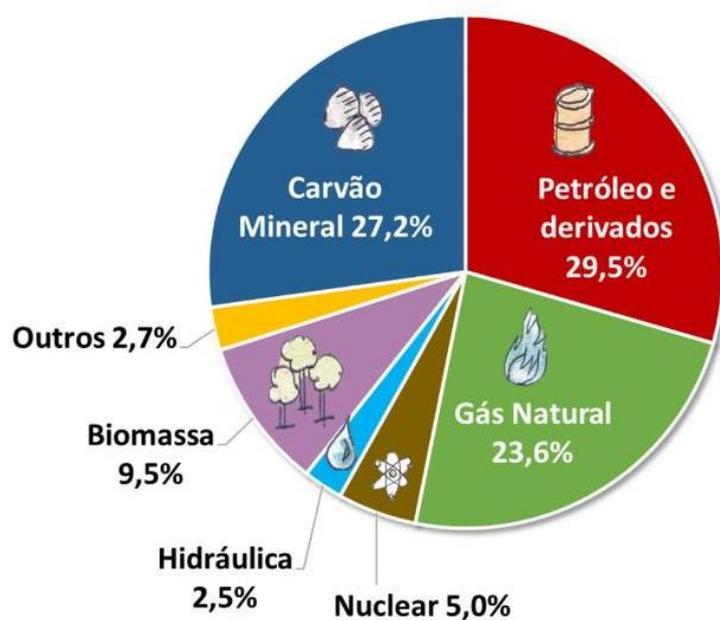
O Brasil possui uma matriz elétrica predominantemente renovável, corresponde a 84,8%, com ênfase na energia hídrica (figura 3). Em contraste a matriz elétrica mundial possui apenas 28,1% de participação de fontes renováveis. No Brasil, considerando que quase a totalidade das importações são oriundas da usina de Itaipu, a fonte hídrica participou com 64% da oferta interna da energia elétrica em 2022. As fontes renováveis representam 88% da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável (EPE, 2023).

No Brasil as fontes renováveis (47%) e tradicionais (53%), têm garantido a segurança no fornecimento e promovendo a sustentabilidade. A combinação da diversidade de fontes

energéticas no país faz com que no Brasil a matriz brasileira seja limpa em comparação a matriz mundial.

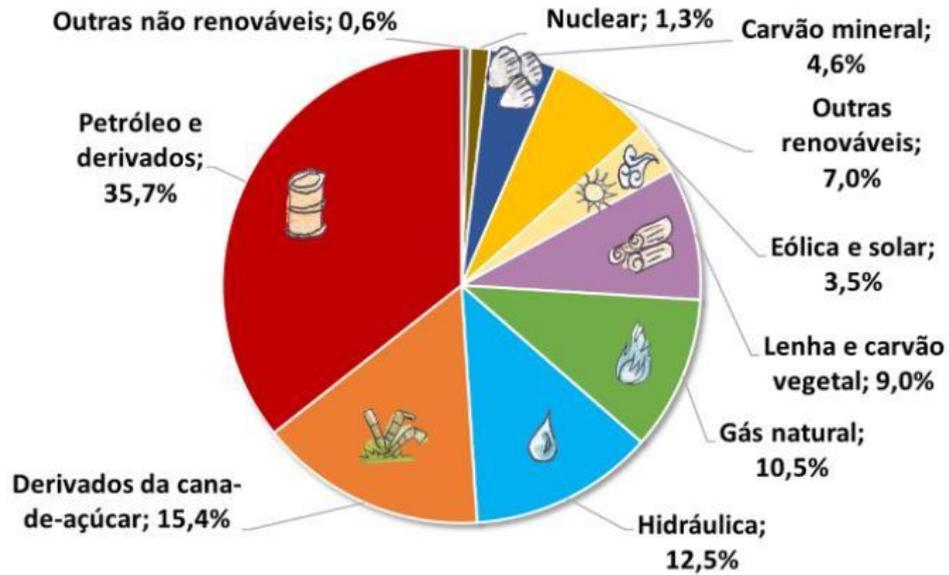
**Figura 3 – Matriz energética Mundial**

**Figura 1 – Matriz energética Mundial**



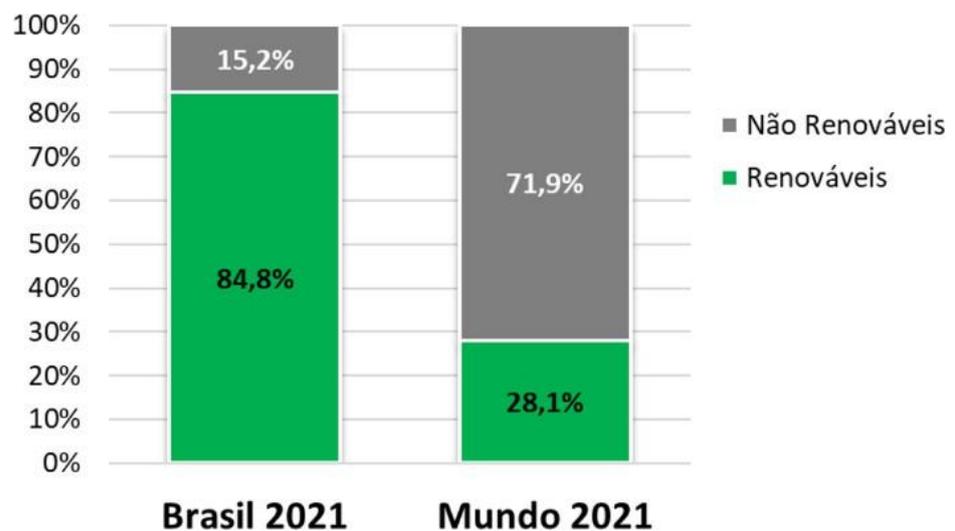
Fonte: EPE (2023)

**Figura 2 – Matriz energética Brasileira**



Fonte: EPE (2023)

**Figura 3 – Geração de energia elétrica no Brasil e no mundo**



## 4.2 Energia Solar

De acordo com Branco (1990), o Sol é a grande fonte de energia e vida para a Terra. Apesar da grande quantidade de energia gerada pelo sol, apenas uma pequena parcela atinge a Terra, embora pequena, ela representa algo em torno de 4 trilhões de Megawatts-hora por dia, ou seja, 30 mil vezes a quantidade de energia produzida e consumida pelos engenhos domésticos, comerciais e industriais de todo mundo.

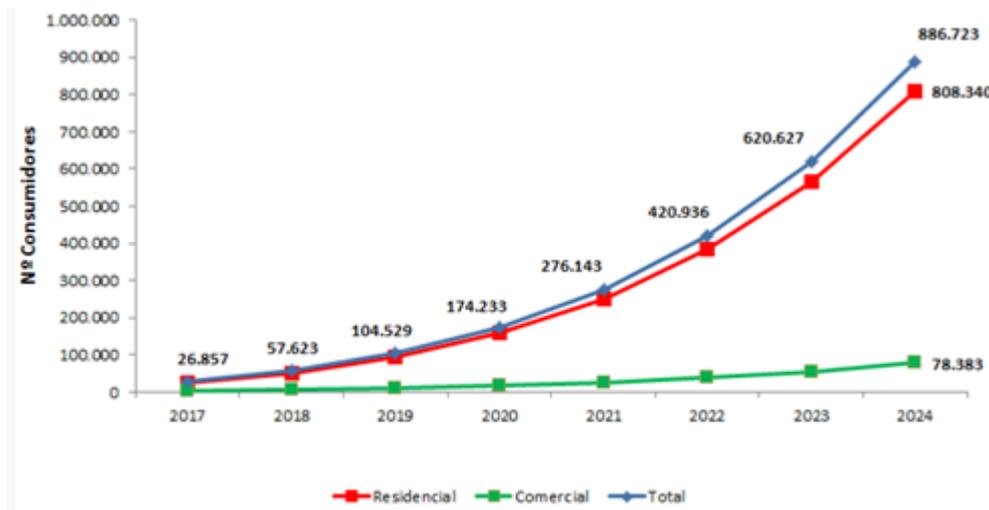
Uma célula fotovoltaica possui uma construção simples, ela é construída basicamente em um díodo com uma grande área, i.e., e com a ajuda de um semicondutor, criando internamente um campo elétrico permanente recebendo o nome de junção pn. Dessa forma, quando a radiação solar atinge o átomo do semicondutor, ele faz a liberação de um electrão, que é conduzido devidamente do campo elétrico para os contatos, ajudando na formação de corrente para a célula fotovoltaica (Brito; Silva, 2006).

Os benefícios do aproveitamento da energia solar são significativos: é renovável e não polui. No entanto, devido à sua utilização, a energia solar ainda possui desafios econômicos, pois a geração de energia elétrica em larga escala (grandes usinas) ainda está na fase inicial de desenvolvimento tecnológico e os custos para obtê-la superam os benefícios.

Espera-se que a energia solar seja a que mais crescerá entre as fontes de energia, respondendo por aproximadamente 20% da rede elétrica nacional até 2031. Especialmente para projetos centralizados, o Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2031.

Visando aumentar a participação da energia solar fotovoltaica na capacidade de geração instalada de 2% em 2021 para 4% dentro do período planejado. Se confirmada, essa expansão aumentaria a capacidade de geração de energia solar em aproximadamente 5.814 MW até 2031, superando o valor médio de R\$ 4,13 milhões por MW instalado registrado nos 36º e 37º Leilões de Energia Nova. Em relação à geração distribuída, o PDE 2031 prevê a instalação de 26.172 MW de sistemas fotovoltaicos durante o período de planejamento, o que estima exigirá um investimento de aproximadamente R\$ 120 bilhões. (MME, EPE, 2022).

**Figura 4 – Evolução da energia solar nos últimos 8 anos**



Fonte: Aneel (2024)

### 4.3 Energia Hidráulica

A energia hidráulica teve origem desde os tempos remotos no século II a.C, onde utilizavam-se as famosas “noras” (rodas de água do tipo horizontal), na qual começaram-se a substituir o trabalho animal pelo trabalho mecânico. Com o desenvolvimento tecnológico no século XVIII, surgiram as primeiras turbinas e motores hidráulicos, o que facilitou a conversão da energia mecânica em energia elétrica. Essa energia tinha como parâmetros a acumulação, a aceleração e a evaporação da água, características estas causadas pela energia gravitacional e pela irradiação solar, tornando estes responsáveis pela geração de energia elétrica (Atlas, 2008; Cemig, 2012).

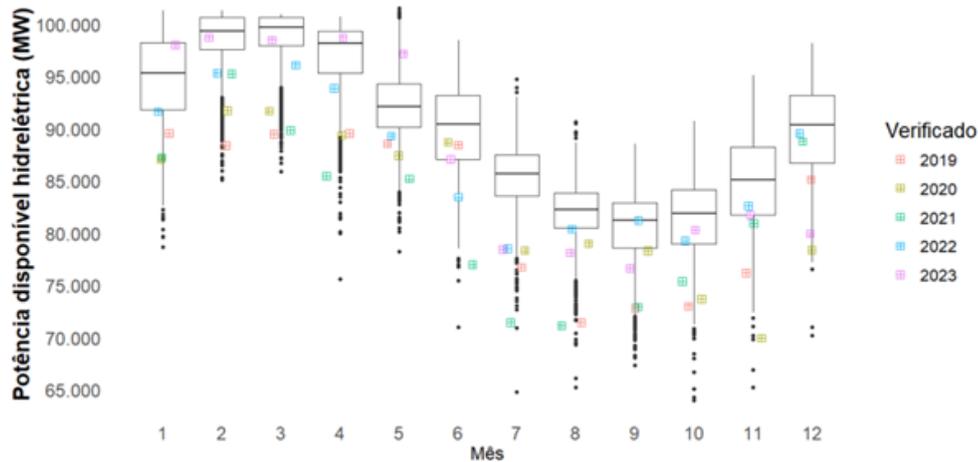
A energia hidráulica é proveniente das águas e dependente de fatores climáticos. Essas são as condições que contribuem para a geração de energia hidráulica. A mudança climática, regulamentações ambientais mais rígidas e avanços contínuos em tecnologias de energia renovável são alguns fatores que podem mudar o futuro da energia hidráulica. Para manter o crescimento sustentável da energia hidrelétrica, será necessário lidar com esses obstáculos.

Nas usinas hidrelétricas acontece o processo de transformação de energia cinética em energia elétrica a partir do aproveitamento do movimento das águas que giram as turbinas (Queiroz et al., 2013).

A eficiência operacional das usinas hidrelétricas foi melhorada por avanços tecnológicos, como turbinas mais eficientes e sistemas de controle de fluxo de água mais

sofisticados. Isso aumenta a produção de energia e o uso eficiente dos recursos hídricos (EPE,2024).

**Figura 5 – Evolução da energia últimos 5 anos**



Fonte: EPE,2024

Queiroz et al (2013), avaliaram como a energia elétrica é gerada a partir das usinas hidrelétricas e os impactos ambientais trazidos por esse tipo de empreendimento. Segundo os autores, a energia hidráulica, apesar de ter uma parcela significativa das fontes de energia mundial, é geradora de impactos, tais como: socioeconômicos, culturais e ambientais prejudicando a fauna, a flora e a comunidade ribeirinha do local. Destacaram que a maioria dos impactos causados é local, sendo possível realizar ações mitigadoras; os impactos negativos podem ser corrigidos, com uma boa assessoria ambiental e social, sendo necessário um plano de ações antes da implantação desse empreendimento.

#### 4.4 Energia Geotérmica

A energia geotérmica ou geotermal é proveniente do calor existente no interior da Terra e existe desde que o planeta foi criado. Essa fonte alternativa de energia é possível em razão da capacidade natural da terra em reter calor em seu interior, onde se acha magma que se constitui em rochas derretidas. Existem três formas de aproveitamento da energia geotérmica dentre elas a utilização direta, centrais geotérmicas e as bombas de calor (CEMIG, 2012; PIMENTA-NETO & ARAUJO, 2014).

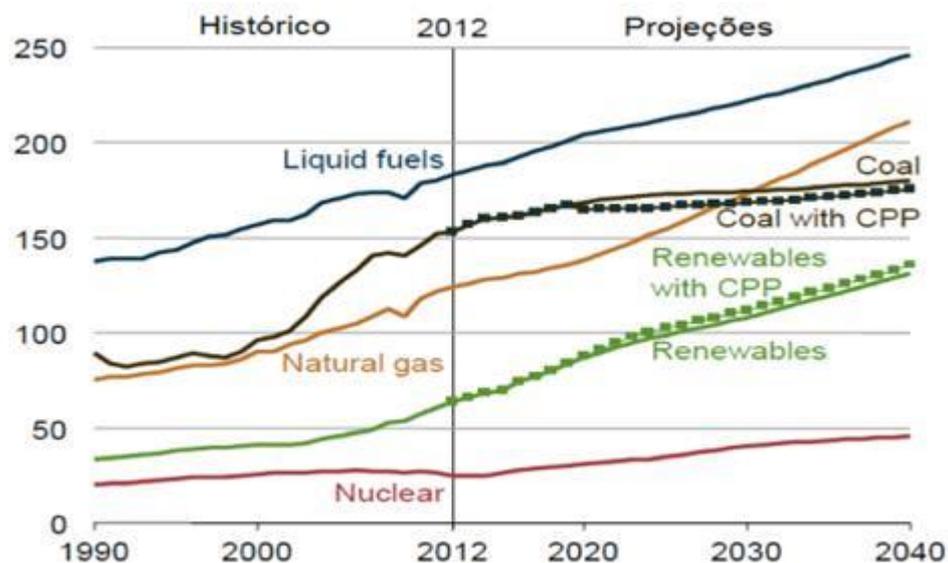
De acordo com campos et al (2017), no Brasil, essa fonte energética é utilizada essencialmente de forma direta, em virtude da característica geológica do país (baixa e média entalpia), demandando investimentos em estudos e tecnologias para a sua aplicação indireta, para a geração de energia elétrica.

Esse tipo de energia oferece diversos benefícios ambientais, como a não degradação do solo, baixos custos de manutenção, e resiliência às variações climáticas, além de ser vantajosa para áreas remotas. No entanto, também apresenta impactos ambientais, como a emissão de dióxido de enxofre, que é prejudicial à saúde, altamente corrosivo e provoca um odor desagradável. Outros problemas incluem o potencial afundamento do terreno, a possível contaminação de lagos e rios, e a principal desvantagem de só poder ser operada em locais geograficamente apropriados (PIMENTA-NETO & ARAUJO, 2014).

Segundo EIA (2016), em relação consumo global de energia por recurso, apesar de existirem programas de incentivo para fontes de energia renováveis em todo o mundo (eólica, solar, biomassa, geotérmica, entre outras), os recursos fósseis continuarão a contribuir significativamente para o consumo de energia em 2040. Em 2012, o consumo de combustíveis líquidos (principalmente derivados de petróleo, mas também renováveis como etanol e biodiesel), carvão e gás natural representaram 83,9% do consumo total.

As projeções para 2040 mostram que esta proporção será de 78,2%, indicando um declínio significativo, mas indicando também que a sua importância se manterá pelos próximos 25 anos (EIA, 2016)

**Figura 6– Evolução da energia Geotérmica por Fonte (1990 -2040)**



Fonte: EIA (2016)

#### 4.5 Energia dos Eólica

O conceito de gerar energia elétrica a partir dos ventos teve início no século XIX. Naquela época eram usados os moinhos para moer grãos, transportar mercadorias em barcos a vela e bombear água, sendo utilizado o mesmo princípio até os dias atuais, onde o vento atinge a hélice da qual gira um eixo impulsionando gerador (ATLAS, 2008).

As tecnologias para a geração de energia eólica utilizam aerogeradores eólicos, que visam maximizar a conversão do vento em eletricidade. Para isso, consideram-se diversos aspectos, como locais com diferentes intensidades de vento, conexão com sistemas elétricos locais, desempenho aerodinâmico e acústico, condições climáticas extremas, integração com o meio ambiente e impacto visual (ATLAS, 2008; CEMIG, 2012).

Segundo Castro et al. (2018), nos últimos anos, o uso da energia eólica para a geração de eletricidade tem crescido significativamente em todo o mundo, impulsionada por três fatores principais: segurança energética, cadeia produtiva e redução do impacto ambiental. A diversificação da matriz energética é muito importante, e avanços no aproveitamento da energia eólica têm sido observados. O mercado global da indústria eólica tem experimentado uma mudança substancial, abrangendo desenvolvimentos em tecnologia de software, fabricação de componentes e instalações, além de outros aspectos.

O Brasil vem ampliando significativamente a participação da geração eólica na sua matriz elétrica como consequência de políticas específicas para o setor. De acordo com o relatório anual do Global Wind Energy Council (GWEC, 2023), a capacidade eólica total instalada em todo o mundo foi de 906 GW em 2022. Isso representa um aumento de 9% em termos percentuais em comparação com o ano anterior, quando foram produzidos 830 GW. Do total produzido, 841,9 GW são destinados ao mercado eólico onshore (em terra) e 64,3 GW ao mercado eólico offshore, alimentados à rede em 2022. A contribuição da energia eólica cresceu de participação inexpressiva para uma posição de destaque na matriz elétrica nacional, por ser uma fonte com grande potencial no território brasileiro e não emissora de poluentes e GEE após início da operação (PINTO et al., 2017).

Santos e Araújo (2023) destacaram a importância da Energia Eólica no cenário elétrico brasileiro. Segundo os autores, para que seja observado uma consolidação da energia eólica no Brasil, incentivos contínuos são necessários, não apenas nas instalações de novos parques eólicos como também na área da tecnologia, tomando como referência países desenvolvidos como China e estados Unidos, que são destaques nessa tecnologia.

**Figura 7 – Evolução da energia eólica**



Fonte: ANEEL/ABEEólica

#### **4.6 Impactos ambientais e sociais das energias alternativas renováveis**

As fontes de energias alternativas renováveis têm sido impulsionadas em virtude das consequências severas em relação aos impactos ambientais produzidos pelas energias não renováveis como o petróleo, gás natural, carvão mineral e combustíveis nucleares, em razão da luta contra o aquecimento global. Estudos têm relatado que, diante da preocupação com os impactos ambientais das energias não renováveis e da crescente demanda global por energia, o grande desafio nos próximos anos será equilibrar o aumento da produção de energia com a redução dos impactos ambientais (AGUILAR ET AL., 2012; SANTOS, 2017).

Embora as energias renováveis, como a eólica, solar e biomassa, sejam menos poluentes do que as fontes convencionais, elas também geram impactos ambientais e sociais que precisam ser considerados. Segundo Pinto et al (2017), a geração eólica está apresentando custos competitivos com as fontes convencionais de energia. Entretanto, como qualquer outra atividade econômica, pode causar impactos sociais e ambientais.

Os impactos ambientais negativos das energias renováveis tendem a ser menores em comparação com os das fontes fósseis, e esses efeitos podem ser minimizados através do planejamento integrado de recursos, que busca um mundo mais sustentável. Esse planejamento busca maximizar os benefícios ambientais e minimizar os danos através da implementação de políticas e estratégias econômicas que promovam o uso sustentável das fontes de energia

(TUNDISI & MATSUMURA-TUNDISI, 2011; FREITAS & DATHEIN, 2013; SANTOS, 2017).

Além dos impactos ambientais, é crucial considerar os desafios sociais, como a pobreza energética. Thives et al. (2022) avaliaram a relação entre a distribuição de energia elétrica com as desigualdades sociais e espaciais nas regiões brasileiras. Segundo os autores, o Brasil apresenta grandes desigualdades no acesso à energia elétrica. Enquanto 99,7% da população tem acesso à energia, ainda há cerca de 600 mil brasileiros sem acesso a esse recurso básico. Estudos indicam que a pobreza energética envolve não apenas a falta de acesso à eletricidade, mas também condições de habitação precárias e dificuldades em arcar com os custos da energia, o que agrava as desigualdades sociais. Com isso, a ampliação das energias renováveis pode ser uma solução viável para democratizar o acesso à energia e promover maior inclusão social.

#### **4.7 Geração distribuída**

Em relação a geração distribuída, é importante discutir sobre as tecnologias utilizadas, suas principais vantagens e desvantagens, além da regulamentação, visando o incentivo e organização para sua implementação no Brasil.

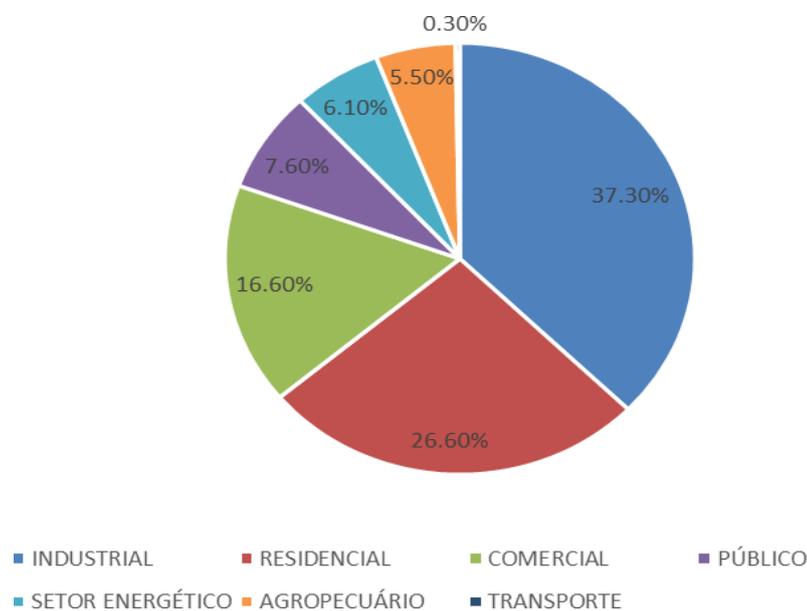
A geração distribuída pode ser definida, segundo Ackermann (2001), como geração distribuída uma fonte de geração ligada diretamente na rede ao consumidor. A potência instalada não é um fator relevante na definição de geração distribuída. A geração distribuída permite o uso de recursos modulares e de baixo impacto por concessionárias, consumidores e terceiros. Esses são aplicados de forma adaptada ou isolada para fornecer energia ao sistema elétrico e/ou a consumidores específicos. (Turkson & Wohlgemuth, 2001)

Entre as principais tecnologias de geração distribuída estão os painéis solares fotovoltaicos, aerogeradores e sistemas de cogeração, que servem para transformar os recursos naturais em eletricidade limpa e sustentável. Esse modelo apresenta diversas vantagens, como a redução da dependência das redes tradicionais de distribuição, promove maior autonomia para residências e empresas, além de proporcionar a redução na conta de eletricidade. Adicionalmente, os consumidores podem vender o excedente de energia produzido, contribuindo para a diversificação da matriz energética do país.

A Resolução Normativa ANEEL 482/2012 incentiva a geração de energia por fontes renováveis, como biomassa, eólica, solar fotovoltaica, pequenas centrais hidrelétricas. A resolução oferece benefícios como isenção de encargos, redução de tarifas e prioridade no acesso à rede elétrica, promovendo o crescimento da geração distribuída no país.

Posteriormente, com a alteração da Resolução Normativa ANEEL 482/2012 pela Resolução Normativa ANEEL 687/2015, pela lei 14.300, de 6 de janeiro de 2022, instituiu-se a criação do Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída, com a regulação das modalidades microgeração com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída com potência acima de 75 KW e menor ou igual a 3 MW, podendo chegar até 5 MW em determinadas situações. Essas mudanças visam facilitar a expansão da geração distribuída no Brasil, fortalecendo a integração de energias renováveis à matriz elétrica e promovendo maior participação dos consumidores no sistema energético.

**Figura 8– Consumo de energia por setor**



Fonte: BEM (2024)

#### **4.8 Políticas de incentivo às energias renováveis**

As políticas energéticas adotadas por diversos países geralmente parte do combustível fóssil como principal componente da matriz energética. No entanto, devido à crescente necessidade de alternativas sustentáveis e aos impactos ambientais gerados por essas fontes, têm-se intensificado as discussões sobre as necessidades de medidas alternativas (MAGALHÃES, 2009).

Para que essa transição ocorra de forma eficiente, é necessário o máximo aproveitamento dos recursos disponíveis que apresentam menor impacto ambiental; além de analisar se os custos de produção eram compatíveis com a realidade econômica do país. Neste contexto, os países mais desenvolvidos possuem vantagens por conseguir acesso a soluções tecnologicamente mais avançadas (MAGALHÃES, 2009).

Um marco importante para a preservação do meio ambiente foi registrado em 2002 no território brasileiro, através da Lei n. 10.438/2002, que constituiu o PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica). Considerado como o maior programa mundial voltado para o estímulo de fontes de energia limpa. O principal objetivo desse programa era promover a diversificação da matriz energética do país, que busca ampliar a garantia de fornecimento de energia elétrica, além de valorizar as características e potencialidades específicas regionais (MME, 2014; ELETROBRAS, 2014).

Além do PROINFA, diversas disposições legais, como as Leis 9.427/1996, 9.648/1998, 3.890-A/1961, 5.655/1971, 5.899/1973 e 9.991/2000, estabeleceram incentivos às fontes de energia alternativas, criando medidas como a recompensa tarifária e a expansão da capacidade de geração elétrica de emergência (GREENPEACE, 2008).

Até o final do ano de 2011, o PROINFA já havia implantado 131 empreendimentos, constituído por 2 eólicas, 60 pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e 19 térmicas a biomassa. Juntos, os empreendimentos tinham a capacidade instalada total de 2.975,10 MW, compreendendo 1.282,52 MW em usinas eólicas, 1.159,24 MW de PCHs e 533,34 MW em plantas de biomassa (ENBPARG, 2024).

O Ministério de Minas e Energia (MME) e Eletrobrás tiveram papéis centrais no programa, sendo o MME responsável por estabelecer as diretrizes, planejar o Programa e determinar o valor econômico de cada fonte, enquanto a Eletrobrás ficou encarregada de ser a executora, celebrando contratos de compra e venda de energia (MME, 2014).

Embora existam outros programas e iniciativas de destaque no cenário de energias renováveis, a escolha de focar no PROINFA e nas resoluções da ANEEL se justifica por seu papel pioneiro e abrangente na diversificação da matriz energética do Brasil. Esses programas, além de consolidarem as bases regulatórias e financeiras para o crescimento das energias renováveis, serviram de referência para a implementação de outras iniciativas que vieram posteriormente. O impacto positivo do PROINFA na redução das emissões de gases de efeito estufa é inegável, não só para o Brasil, mas também em escala global.

Antes de sua implementação, a política energética nacional enfrentava desafios ao tentar equilibrar os interesses dos consumidores, que buscavam energia acessível, e dos investidores, que priorizavam o lucro máximo (Pedrosa, 2005). Para garantir esse equilíbrio, foi instituída a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), cuja função é proteger consumidores e empresas contra abusos de poder do mercado, assegurando um retorno justo para os investidores e mantendo a modicidade tarifária (PEDROSA, 2005).

#### **4.9 Política ambiental da produção de energia**

A política ambiental é compreendida com um conjunto de objetivos e ferramentas que buscam minimizar os efeitos negativos da intervenção humana no meio ambiente. Seu papel é essencial para incentivar os agentes econômicos a adotarem práticas mais sustentáveis (Lustosa; May; Da Vinha, 2010). Além de abordar problemas imediatos, a política ambiental deve promover o desenvolvimento sustentável, assegurando o equilíbrio entre as necessidades atuais e as futuras gerações. Nesse contexto, os instrumentos de política ambiental são uma alternativa viável para conciliar crescimento econômico e preservação ambiental.

No Brasil, a década de 1990 foi marcada por avanços significativos na área ambiental, com a criação de leis fundamentais. A Lei Nacional de Recursos Hídricos (1997), por exemplo, é um marco moderno que estabelece as bases para a gestão dos recursos hídricos. Ela permite identificar e arbitrar conflitos pelo uso da água por meio de planos de bacias hidrográficas, que integram o poder público, usuários e a sociedade civil.

Outro avanço importante foi a Lei de Crimes Ambientais (1998), que ampliou a responsabilidade por danos ao meio ambiente, prevendo penas tanto para pessoas físicas quanto para jurídicas. Essa legislação não só protege áreas florestais e biomas em seu estado natural, mas também engloba o ambiente urbano, o patrimônio cultural e paisagístico. Complementando essa estrutura, a Política Nacional de Educação Ambiental (1999) promove uma compreensão abrangente e integrada do meio ambiente (Boeira, 2004).

O setor energético brasileiro também avançou em termos de sustentabilidade a partir dos anos 1980, com a implementação de programas como o PROCEL (1985), voltado para a conservação de energia, e o Programa Nacional de Racionalização do Uso de Energia (1991), que buscava aumentar a eficiência no uso de energia no país (Menkes, 2004).

#### **4.10 Instrumentos de política ambiental**

A política ambiental utiliza dois tipos principais de instrumentos para alcançar seus objetivos: os instrumentos de comando e controle, que são os mais comumente usados, e os instrumentos econômicos, que têm ganhado importância no gerenciamento dos recursos naturais (DA VEIGA, 2000).

Os instrumentos de regulação direta, também conhecidos como políticas de comando e controle, predominam na política ambiental mundial. Eles são amplamente utilizados para controlar a poluição atmosférica e garantir a qualidade ambiental (Menkes, 2001). Para que esses instrumentos funcionem, é necessária a aplicação de sanções e penalidades, sempre respaldadas por normas legais (LEAL, 1997).

Uma característica central da política de comando e controle é sua rigidez. Baseada em legislação, ela trata o poluidor como um "eco delinquente", sem oferecer alternativas: o agente poluidor deve obedecer às regras impostas, sob pena de enfrentar processos judiciais ou administrativos (ALMEIDA, 1997).

Por outro lado, Varela (2005) analisou os instrumentos de políticas ambientais existentes, suas aplicações e seus impactos. O autor destaca que os incentivos de mercado oferecem maior flexibilidade aos agentes econômicos, permitindo que eles escolham a melhor forma de atingir os resultados ambientais desejados. Por exemplo, um agente poluidor pode ser taxado pela quantidade de poluição emitida. Se o custo para controlar as emissões for menor que a taxa, o agente pode optar por reduzir a poluição ao invés de pagar a taxa.

Enquanto os instrumentos de regulação direta estabelecem limites máximos para a poluição permitida no ambiente (por meio de padrões ambientais), os instrumentos econômicos determinam o quanto cada fonte poluidora pode emitir, incentivando uma redução progressiva das emissões (MENKES, 2001).

**Tabela 1**

<b>Vantagem</b>	<b>Desvantagens</b>
Elevada eficácia ecológica, pois, uma vez estabelecida de forma adequada, a norma será cumprida, desde que os poluidores respeitem a legislação e não a violem.	Não leva em consideração as diferentes condições dos agentes individuais para cumprir a obrigação.
	Economicamente, são ineficientes porque não levam em conta as diferentes estruturas de custos dos agentes privados para a redução da poluição.
	Criam barreiras à entrada de novas empresas;
	Após atingir o padrão ou que a licença seja concedida, o poluidor não é encorajado a introduzir novos aprimoramentos tecnológicos (antipoluição)

(PEREIRA & TAVARES, 1999)

## 5 CONCLUSÃO

O acelerado crescimento da sociedade moderna trouxe consigo uma demanda crescente por energia, o que resultou em graves impactos ambientais, especialmente devido ao uso de combustíveis fósseis como carvão, petróleo e gás natural. Esses recursos, amplamente utilizados na geração de energia, são os principais responsáveis pelas emissões de gases de efeito estufa, intensificando o aquecimento global e as mudanças climáticas.

No entanto, o Brasil se destaca no cenário global por possuir uma matriz energética predominantemente renovável, o que oferece uma vantagem significativa em termos de sustentabilidade. Fontes como energia solar, eólica, hidráulica e biomassa desempenham um papel essencial na redução da dependência dos combustíveis fósseis e na mitigação dos impactos ambientais associados ao seu uso. A diversificação da matriz energética brasileira demonstra o potencial do país em liderar a transição para um modelo de energia mais limpo e sustentável.

Com o apoio de políticas públicas, como o PROINFA e as resoluções da ANEEL, o Brasil tem a oportunidade de continuar expandindo o uso de energias renováveis e consolidar sua liderança nessa transição. Esses programas são essenciais para fomentar a inovação tecnológica, promover incentivos econômicos e regulamentar o setor, garantindo que o crescimento econômico seja alinhado à preservação ambiental.

## REFERÊNCIAS

- AGUILAR, R.S.; OLIVEIRA, L.C.S.; ARCANJO, G.L.F. Energia Renovável: Os Ganhos e os Impactos Sociais, Ambientais e Econômicos nas Indústrias Brasileiras. In: XXXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Bento Gonçalves, Rio Grande do Sul: UFRGS, 2012. > Acesso em: 06 nov. 2023.
- ALMEIDA, L.T. O Debate Internacional sobre os Instrumentos de Política Ambiental e Questões para o Brasil. In: Anais do II Encontro Nacional da ECOECO, Brasília, 1997. Disponível em: [http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/ii\\_en/mesa1/3.pdf](http://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/ii_en/mesa1/3.pdf). Acesso em: 13 jun. 2024.
- AZEVEDO, P.J.S. Uma análise dos efeitos da crise econômica-financeira sobre as políticas de incentivo às energias renováveis. [Dissertação] Universidade do Porto, 2013.
- BOEIRA, S.L. Política & Gestão Ambiental no Brasil: da Rio-92 ao Estatuto da Cidade. In: Anais do II Encontro da ANPPAS, 2004, Campinas. Disponível em: [http://www.anppas.org.br/encontro\\_anual/encontro2/GT/GT16/gt16\\_sergio\\_boeira.pdf](http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT16/gt16_sergio_boeira.pdf). Acesso em: 26 fev. 2024.
- BRANCO, S.M. Energia e meio ambiente. São Paulo: Moderna, 1990. > Acesso em: 15 maio. 2024.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia. Matriz Energética Nacional 2030. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/matriz-energeticacional-2030>. Acesso em: 15 maio. 2024.
- Brasil. Ministério de Minas e Energia. Plano Decenal de Expansão de Energia 2024. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432059/PDE+2024+RELATORIO+FINAL.pdf/2182125c-dbbd-4478-ac1c-ac40a2c8c38b?version=1.0>. Acesso em: 15 maio. 2024.
- BRITO, M.C.; SILVA, J.A. Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade. O Instalador, v. 25, n. 676, p. 07, 2006. > Acesso em: 20 mar. 2024.
- CAMPOS, A. F., SCARPATI, C. D. B. L., Santos, L. T., PAGEL, U. R., & Souza, V. H. A. (2017). Um panorama sobre a energia geotérmica no Brasil e no mundo: Aspectos ambientais e econômicos. Revista Espacios, 38(1), 8-25.
- CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais. Alternativas energéticas: Uma visão da Cemig. Belo Horizonte: CEMIG, 2012. > Acesso em: 13 nov. 2024.
- CPFL Energia. Caminhos da Energia: Energia é Tudo Episódio 1. 2011. Vídeo-reportagem. disponível em: <<https://m.youtube.com/watch?v=3j8DV2W1nWg> > Acesso em: 23 abr. 2024.
- ENERGÉTICA, E. DE P. Matriz Energética e Elétrica 1. 2018. Acesso em: 19 abr. 2024.
- DA VEIGA NETO, F.C. Análise de Incentivos Econômicos nas Políticas Públicas para o Meio Ambiente: o caso do “ICMS ecológico” em Minas Gerais. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000. > Acesso em: 07 dez. 2023.
- FREITAS, G.C.; DATHEIN, R. As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. Revista Nexos Econômicos, v. 7, n.1, p. 71-94, 2013. > Acesso em: 15 abr. 2024.
- GREENPEACE. A caminho da sustentabilidade energética. 2008. Disponível em: <http://www.greenpeace.org/brasil/Global/brasil/report/2008/5/a-caminho-da-sustentabilidade.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2024.

LEAL, M.S. Gestão ambiental de recursos hídricos por bacias hidrográficas: sugestões para o modelo brasileiro. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1997. > Acesso em: 08 maio. 2024.

LUSTOSA, M.C.; MAY, P.; DA VINHA, V. Economia do meio ambiente. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2010. > Acesso em: 17 maio. 2024.

MAGALHÃES, M.V. Estudo de utilização da energia eólica como fonte geradora de energia no Brasil. Monografia (Graduação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2009. > Acesso em: 29 maio. 2024.

MENKES, M. Eficiência energética: políticas públicas e sustentabilidade. Tese (Doutorado), Universidade de Brasília, Brasília, 2004. > Acesso em: 19 jun. 2024.

PEREIRA, J.S.; TAVARES, V.E. Instrumentos de gestão ambiental: uma análise para o setor de recursos hídricos. *Análise Econômica*, Porto Alegre, v.17, n.31, 1999. > Acesso em: 11 dez. 2023.

PINTO, L.I.C.; MARTINS, F.R.; PEREIRA, E.B. O mercado brasileiro da energia eólica: impactos sociais e ambientais. *Revista Ambiente & Água*, v. 12, p. 1082-1100, 2017.

QUEIROZ, R. DE et al. Geração De Energia Elétrica Através Da Energia Hidráulica E Seus Impactos Ambientais. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 13, n. 13, p. 2774–2784, 2013. > Acesso em: 14 abr. 2024.

SANTOS, G.H.F.; NASCIMENTO, R.S. DO; ALVES, G.M. Biomassa como Energia Renovável no Brasil. *Revista UNINGÁ*, v. 29, p. 6–13, 2017. > Acesso em: 10 jun. 2024.

SANTOS, L.P.E.; ARAÚJO, F.J.C. O desenvolvimento da energia eólica no Brasil: uma revisão bibliográfica. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 9, n. 6, p. 2978-2989, 2023.

THIVES, L.P.; GHISI, E.; THIVES JÚNIOR, J.J. Regional inequalities in electricity access versus quality of life in Brazil. *Ambiente Construído*, v. 22, p. 47-65, 2022.

TOLMASQUIM, M.T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética Brasileira: Uma prospectiva. *Novos Estudos CEBRAP*, n. 79, p. 47–69, 2007. > Acesso em: 28 jun. 2024.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Recursos hídricos no Século XXI. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. > Acesso em: 17 maio. 2024.

TURKSON, W.O.; WOHLGEMUTH, N. Renewable energy and energy efficiency in liberalised European electricity markets. *European Environment*, 10(1), 261–274, 2001. > Acesso em: 13 maio. 2024.

VARELA, C.A. Instrumentos de Políticas Ambientais: Casos de Aplicação e seus Impactos. São Paulo: EAESP/FGV, 2005. > Acesso em: 23 mar. 2024.

## APÊNDICE A – TERMO DE ORIGINALIDADE

### TERMO DE ORIGINALIDADE

Eu, Luciana Pires Rodrigues Betioli RG 44.620.077-3, CPF 391.707.898-86, declaro que o trabalho intitulado Fontes Alternativas de Energia é ORIGINAL.

Declaro que recebi orientação sobre as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que tenho conhecimento sobre as Normas do Trabalho de Graduação da Fatec-JB e que fui orientado sobre a questão do plágio.

Portanto, estou ciente das consequências legais cabíveis em caso de detectado PLÁGIO (Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais, publicada no D.O.U. de 20 de fevereiro de 1998, Seção I, pág. 3) e assumo integralmente quaisquer tipos de consequências, em quaisquer âmbitos, oriundas de meu Trabalho de Graduação, objeto desse termo de originalidade.

Jaboticabal, 04 de novembro de 2024

---

Luciana Pires Rodrigues Betioli