

FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA NO BRASIL: BIOMASSA, EÓLICA E SOLAR

SOUZA, Tamiris Alves de¹
Centro Universitário Academia – UniAcademia
NOGUEIRA, Fernando José²
Centro Universitário Academia – UniAcademia

Linha de pesquisa: Eficiência Energética

RESUMO

Este trabalho tem como principal objetivo a revisão bibliográfica de três importantes fontes alternativas de energia da matriz elétrica brasileira: Biomassa, Eólica e Solar. O estudo apresenta inicialmente o conceito de energia sustentável de forma global e seu impacto mundial. Logo após será apresentada a importância de fontes de energia renováveis e sustentáveis para o mundo, levando em pauta a necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa como forma de minimizar os impactos das mudanças climáticas e reduzir a dependência dos combustíveis fósseis na matriz energética mundial. Também será analisado como o Brasil apoia e incentiva a geração de energias renováveis visando a sustentabilidade e a economia de energia. Em seguida, será relatado a evolução das fontes renováveis no Brasil, a repartição interna e os incentivos às energias renováveis. Posteriormente, será analisado como essas energias impactam a matriz energética brasileira, suas vantagens e os programas de incentivos para a utilização dessas fontes de energia alternativa.

Palavras-chave: Energia e sustentabilidade. Energia de Biomassa. Energia Eólica. Energia Solar.

¹ Graduanda em Engenharia Elétrica pelo Centro Universitário Academia - UniAcademia.

² Orientador e Professor do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Academia - UniAcademia.

1 INTRODUÇÃO

A conscientização sobre o impacto ambiental na sociedade atual devido à queima de combustíveis fósseis tem aumentado consideravelmente a busca por fontes alternativas. O uso das fontes renováveis de energia possui grandes benefícios da sua utilização, como, a redução das emissões atmosféricas de gases do efeito estufa; oferta de meios de diversificação de suprimento energético e de combustíveis; além de reduzir as contas mensais dos consumidores. Segundo Goldemberg e Lucon (2007), a eficiência energética é a maneira mais efetiva de ao mesmo tempo reduzir os custos e os impactos ambientais locais e globais.

A conservação da energia elétrica ou combate ao desperdício é uma maneira de utilizar a energia sem a necessidade de renunciar ao conforto e as vantagens proporcionadas por ela. Nesse sentido, diminuindo o consumo, reduzindo os custos e mantendo a eficiência e qualidade dos serviços.

Um dos maiores desafios e preocupação mundial é a emissão de gases de efeito estufa devido as mudanças globais do clima em especial o aquecimento global. Neste aspecto, o Brasil apresenta reduzidos índices de emissão, em 2018 o Brasil emitiu cerca de 85% menos que a China, 76% menos que os Estados Unidos e 69% menos que a União Europeia para gerar cada MWh, segundo o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2021). Neste sentido, isto se deve ao elevado percentual de participação de fontes renováveis de energia na matriz energética brasileira em destaque aos derivados da cana-de-açúcar com 19,1% (IEA, 2021) e hidráulica com 12,6% (IEA, 2021), alcançando alto nível de sustentabilidade que trazem benefícios ambientais, por serem menos poluentes e econômicos, uma vez que diminuem a dependência dos combustíveis fósseis. Em comparação com o resto do mundo o Brasil possui potencial da participação de fontes alternativas de energia na sua composição diferentemente da matriz energética mundial que tem como principal fonte de energia fontes não renováveis, como, por exemplo, o gás natural, petróleo e carvão.

As fontes alternativas de energia que se destacam no Brasil são a energia de biomassa, por ser considerada uma fonte renovável com maiores possibilidades de utilização, principalmente em termos de tecnologia de conversão em produtos energéticos (PNE 2030, 2007). A energia eólica, em que a utilização de aerogeradores não contribui para o aumento do efeito estufa, sendo assim considerada uma boa

alternativa para o desenvolvimento sustentável, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, que possuem áreas com os melhores potenciais para aplicação desse tipo de tecnologia (JACKSON, 2010). E por fim, a energia solar, pelo fato de o Brasil possuir uma localização privilegiada, em zona tropical, em que há incidência solar ao longo de todo o ano (LIMA, 2017).

2 ENERGIA E SUSTENTABILIDADE

O conceito de energia sustentável é evidenciado na sociedade atual, visto que as principais fontes energéticas mundiais são compostas em maior parte por energias não renováveis, como, gás natural, carvão mineral e petróleo, que são combustíveis fósseis passíveis de sofrer esgotamento ao longo do tempo. Neste contexto, a importância do tema de sustentabilidade fez com que a ONU incluísse nos seus objetivos de desenvolvimento sustentável a garantia ao acesso a fontes de energia viáveis, sustentáveis e modernas para todos, segundo as Nações Unidas Brasil (2022).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (RENOVABIO, 2017) a sustentabilidade está relacionada a minimização de danos aos ecossistemas, redução de resíduos poluentes, utilização de materiais recicláveis, conservação de energia e uso de tecnologias limpas que, ao mesmo tempo, concorram para melhoria das condições de vida da população e reduzam as diferenças sociais, com otimização dos recursos privados ou públicos.

A energia sustentável é a capacidade de suprir as necessidades da geração atual sem comprometer as necessidades das futuras gerações. Destaca-se que fontes de energia renováveis não são sempre sustentáveis, uma vez que as fontes renováveis podem tornar-se insustentáveis se o recurso for usado numa velocidade e quantidade superior à sua capacidade de reposição.

Nesse sentido, quando se é referido a geração de energia elétrica, estamos falando que qualquer tipo de energia que pode ser transformada em energia elétrica, como, por exemplo, petróleo, carvão, gás natural, biomassa, eólica, hídrica, ondas, solar, geotérmica, entre outras. Nota-se que a energia elétrica pode ser gerada de diversas fontes energéticas, porém quando falamos da distribuição da energia elétrica

global, ainda há uma desigualdade global, com muitas pessoas sem o devido acesso à energia elétrica (CAPELLI, 2010).

3 IMPORTÂNCIA DE FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS E SUSTENTÁVEIS PARA O MUNDO

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (RENOVABIO, 2017), a sustentabilidade se apoia em três pilares fundamentais: o ambiental, o econômico e o social. Em 1972, a Conferência de Estocolmo³ tinha como foco principal os efeitos ambientais da energia. Em 1992, a Conferência do Rio de Janeiro balanceou aspectos ambientais e econômicos da energia. Em 2002, na Conferência de Joanesburgo considerou-se três dimensões de forma equilibrada, reforçando os aspectos sociais da sustentabilidade, isto é, o papel da energia na erradicação da pobreza e as necessidades dos mais pobres também se tornaram prioridades e metas da ONU.

O tema sobre o desenvolvimento sustentável se inseriu nos debates internacionais sobre a necessidade de redução das emissões de gases de efeito estufa como forma de minimizar os impactos das mudanças climáticas. Com a finalidade de mitigar estes impactos incluía-se a melhoria da eficiência dos processos e a utilização das energias renováveis (CAROLINE et al, 2016).

Constata-se assim que a importância das energias renováveis e do desenvolvimento sustentável é um tema recorrente e uma preocupação internacional, dado que o uso de fontes renováveis e limpas de energia mostra-se como uma boa resposta ao aquecimento global.

4 EVOLUÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Historicamente, a matriz energética nacional teve mudanças ao longo dos anos e essas alterações estavam ligadas a impactos de crise econômica, transição demográfica, mudanças de hábitos ou da disponibilidade e exploração de novas fontes energéticas. Em 1970, a lenha representava 64,2% de toda a produção de

³ Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, organizada pela ONU, na qual se apresentou o conceito de ecodesenvolvimento.

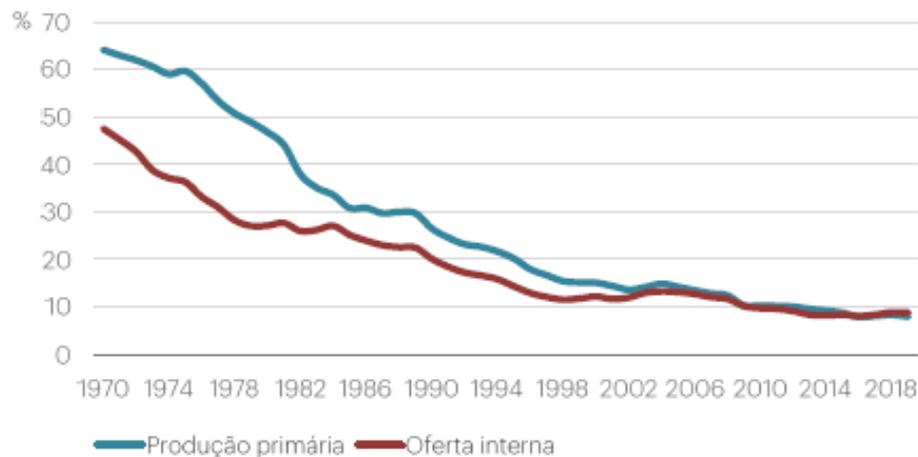
energia primária no Brasil, representando 47,6% da demanda total de energia, segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN SÍNTESE, 2021).

Essa elevada participação na matriz energética foi devido às práticas rudimentares que caracterizava algumas atividades econômicas da época, destacando-se a agropecuária e produção de alimentos, produção de cerâmica vermelha em pequenas olarias, cal, além do uso intensivo no setor residencial para cocção de alimentos e aquecimento.

Até o início da década de 1980, a lenha ainda representava 46,8% da produção primária de energia (BEN 50 Anos, 2021). A Figura 1 a seguir mostra a participação da lenha na matriz energética brasileira como fonte de energia primária ao longo das últimas décadas.

O processo de urbanização e evasão do campo pela busca de melhores condições de vida e principalmente de emprego entre as décadas de 1940 a 1970, foi em virtude das migrações internas, principalmente, do início dos processos de industrialização e de mecanização do campo (EPE 50 ANOS, 2022).

Figura 1: Participação da lenha na matriz energética.



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2021.

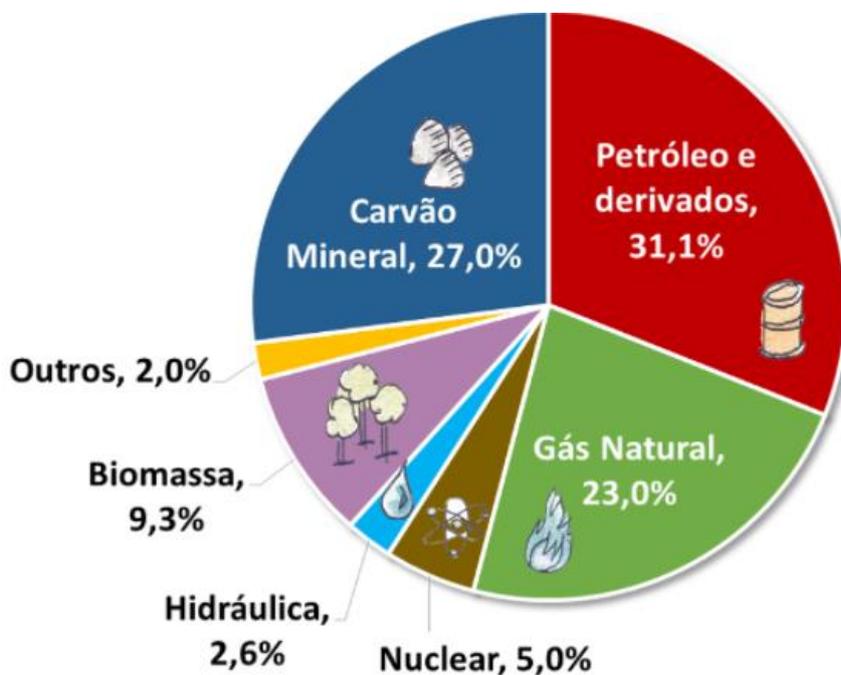
A evolução do parque industrial, do desenvolvimento da indústria de energia, de maiores controles ambientais, além da disponibilidade e penetração de novas fontes energéticas no país, favoreceu na queda gradual do uso das lenhas naquele período, em consonância com uma pauta ambiental de alta relevância no sentido de assegurar a sustentabilidade do planeta (EPE 50 ANOS, 2022).

5 MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA E MUNDIAL

De acordo com dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2022), e como visto na Figura 2 a seguir, a matriz energética mundial é composta, principalmente, por fontes não renováveis de energia, como, por exemplo, o gás natural, petróleo e carvão.

Os dados assinalados como outros, com apenas 2%, correspondem a fontes alternativas de energia, que também se enquadram entre as fontes de energia renováveis, tais quais a energia solar, eólica e geotérmica (EPE, 2022).

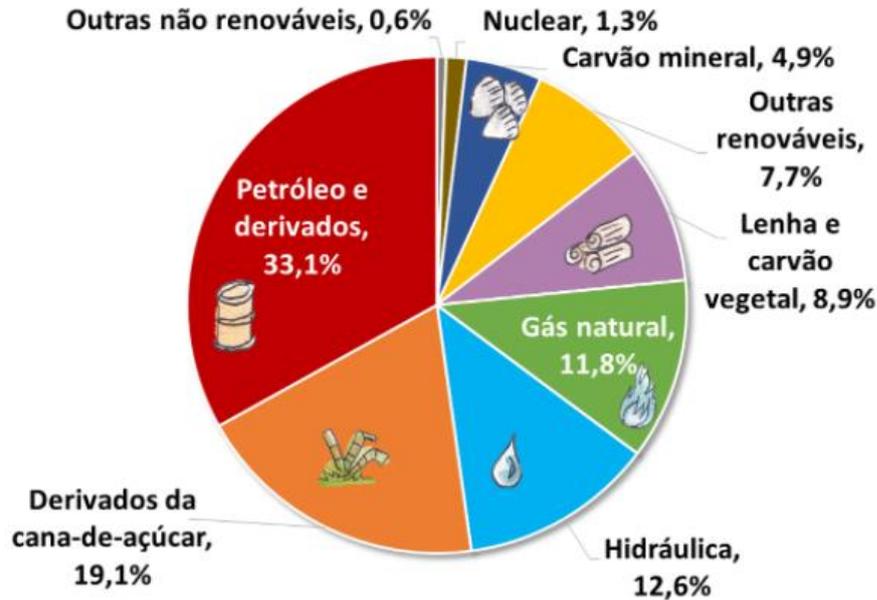
Figura 2: Matriz Energética Mundial 2019.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (IEA, 2021).

No Brasil, como visto na Figura 3, grande parte da matriz energética é formada por fontes renováveis de energia (19,1% de derivados da cana-de-açúcar, 12,6% de energia hidráulica, 8,9% de lenha e carvão vegetal, e outras renováveis com 7,7%). Segundo a EPE (2022), as energias renováveis representam quase metade da matriz energética brasileira, com uma representação de 48,3%.

Figura 3: Matriz Energética Brasileira, 2019.

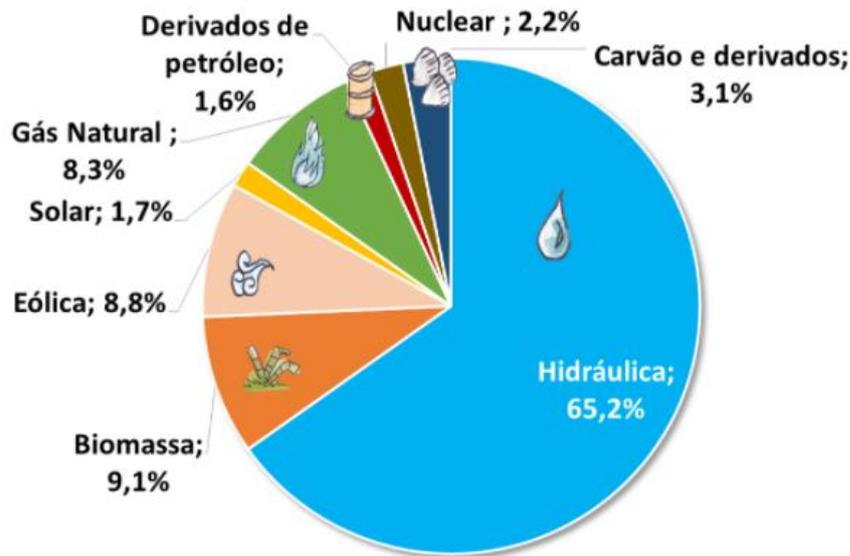


Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (IEA, 2021).

O levantamento desses dados é importante de ser discutido, pois as fontes não renováveis são as principais responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa (GEE), que também causam a poluição do ar e causam efeitos negativos na saúde da população, como, infecções das vias aéreas, doenças cardiovasculares e câncer de pulmão (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Com mais de 800 milhões km² de área, o Brasil possui um vasto território com ampla possibilidade de recursos hídricos e atualmente grande parte da geração de energia elétrica é por meio das usinas hidrelétricas, além de outras gerações de energia elétrica como biomassa, eólica, gás natural, carvão e derivados, nuclear e derivados do petróleo, como mostrado na Figura 4 a seguir, que possui a matriz brasileira de energia elétrica.

Figura 4: Matriz Elétrica Brasileira 2020.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (BEN, 2021).

6 ENERGIAS RENOVÁVEIS E O BRASIL

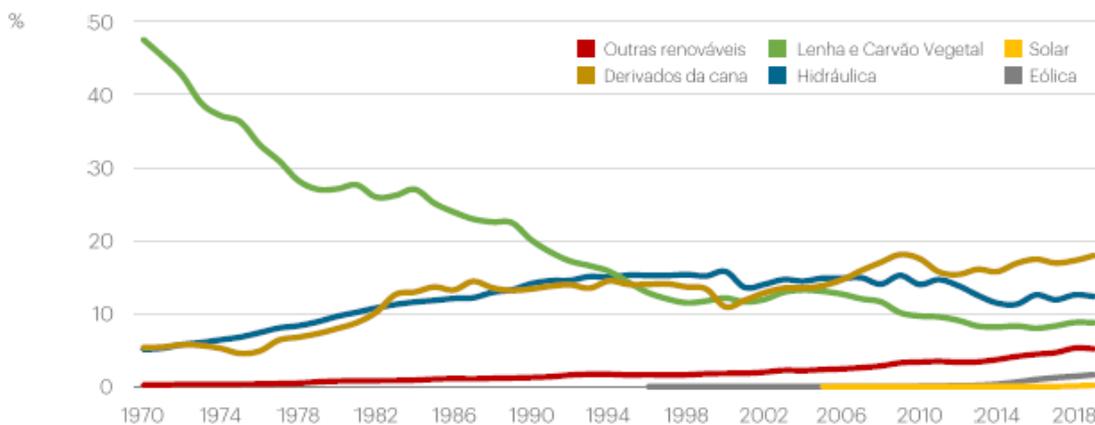
As fontes renováveis de energia são decorrentes de fontes naturais inesgotáveis dentro de uma escala de tempo geológico (GOLDEMBERG; LUCON, 2007). Exemplos de energia renovável é a biomassa, o vento, a água; tanto dos rios quanto das marés e o sol. Por outro lado, o carvão não é considerável renovável pelo fato de sua queima não conseguir devolvê-lo para a natureza com as mesmas propriedades e reposição imediata. Portanto, quanto mais se utilizar a energia renovável, menor será a preocupação com a manutenção dos recursos energéticos naturais, criando-se assim um hábito de consumo sustentável.

Os benefícios proporcionados da utilização das energias renováveis estão relacionados com o alcance de metas de sustentabilidade, em que podemos destacar, principalmente a redução das emissões atmosféricas de gases do efeito estufa. Conforme a Agência Fapesp (2007), a exploração de energia renovável está menos suscetível à volatilidade de preços por possibilitar reduzida escassez de oferta; oferecer um meio de diversificação de suprimento energético e de combustíveis; gerar menos poluentes atmosféricos (incluindo gases do efeito estufa); além de poder ser

implantada em pequena escala e, por ser explorada dentro do próprio país, reduz pagamentos por energia importada.

O Brasil vem ampliando a aplicação de energias renováveis ao longo dos últimos anos, se tornando um dos principais países do mundo na utilização de energias renováveis. A Figura 5 apresenta a evolução da participação de energia renováveis na matriz energética brasileira.

Figura 5 – Evolução da participação das fontes renováveis na matriz energética.



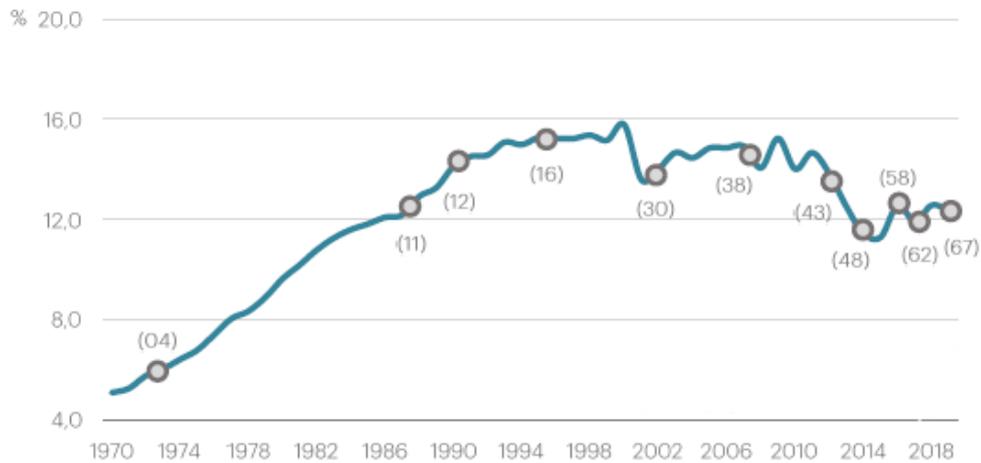
Fonte: Balanço Energético Nacional, 2021.

O Brasil vem ampliando a aplicação de energia renováveis ao longo dos anos conforme mostra a evolução da participação de energias renováveis na matriz energética brasileira.

7 ENERGIA HIDRÁULICA

Entre 1970 e 2000 a participação da energia hidráulica na matriz energética evoluiu de 5,1% em 1970 para 15,8% em 2000, no total de energia disponibilizada no país como apresentada na Figura 6 a seguir a participação da energia hidráulica na matriz brasileira ao longo das últimas décadas.

Figura 6: Participação da energia hidráulica na Oferta Interna de Energia (OIE).



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2021.

Este crescimento esteve diretamente associado ao desenvolvimento da indústria de energia elétrica através de tecnologias no campo da construção e operação de grandes centrais hidrelétricas, bem como na operação de sistema de transmissão a grandes distâncias. Somente em 2001 esta trajetória foi interrompida, decorrente, entre outros aspectos, do grande estresse hídrico verificado neste ano. A partir de 2002 esta fonte primária retomou a tendência de crescimento na OIE alcançando em 2009 o pico de 15,2% de participação. A partir de 2011, após sucessivos anos de escassez hídrica, recuou ao índice de 11,3% do total de energia disponibilizada no país, próximo ao verificado em 1983. Embora o Brasil disponha de grandes recursos hídricos, esta é uma fonte impactada pela sazonalidade, recentemente intensificada devido às novas tipologias das hidrelétricas (expansão a partir de empreendimentos com menor capacidade de armazenamento, visando um menor impacto ambiental).

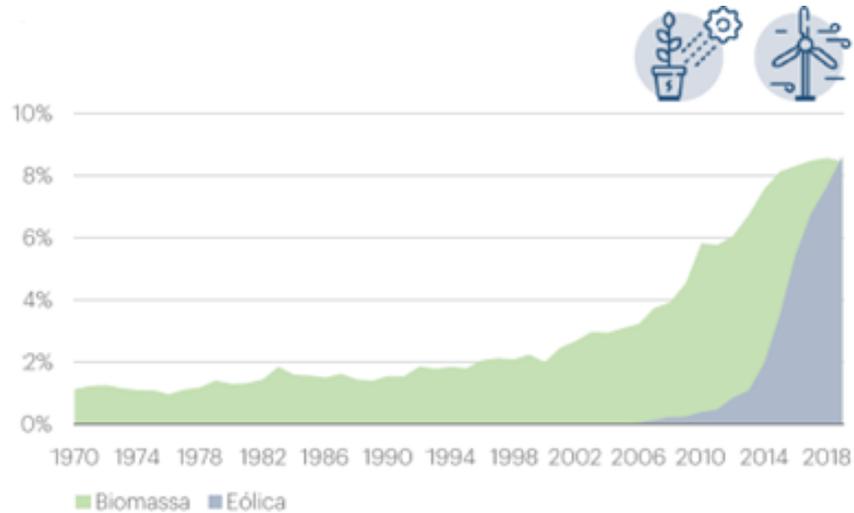
8 EXPANSÃO DAS FONTES RENOVÁVEIS NO BRASIL

No Brasil, as fontes renováveis que se destacaram a partir dos anos 2000 para a geração de eletricidade: a eólica e a biomassa.

A geração a biomassa, principalmente o bagaço de cana e a lixívia, entre 1970 – 2000, contribuiu discretamente para a produção total de eletricidade (em torno de 2% de participação, movimentos vinculados aos setores sucroalcooleiro e de papel e celulose). Somente a partir do ano 2000 a biomassa ganhou relevância, crescendo a

taxas anuais de 10,8% e elevando a sua participação na matriz elétrica de 2% para 8% (BEN 50 Anos, 2021).

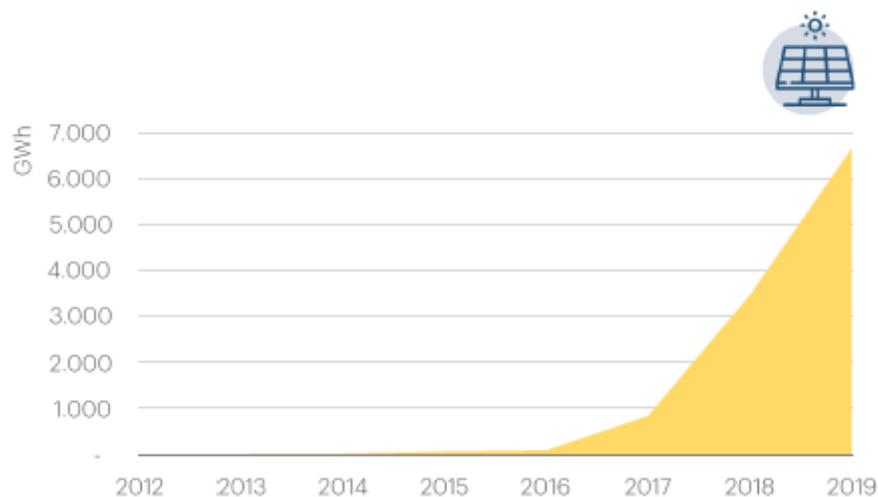
Figura 7 – Participação da biomassa e eólica na geração.



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2021.

Já a geração eólica apresentou um desempenho extraordinário entre os anos 2000 e 2018. No início deste período, contribuía com menos de 1%, atingindo em 2018 a marca de quase 9% de participação na matriz energética brasileira, superando a biomassa, conforme mostrado no gráfico da Figura 7 (BEN, 2021). Tal crescimento esteve associado às políticas de incentivo desencadeadas ao longo deste período.

Figura 8 – Geração solar fotovoltaica.



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2021.

Por fim, no âmbito das renováveis, a energia solar fotovoltaica, embora ainda com uma pequena participação (1% em 2019), vem crescendo em ritmo acelerado, de 228% ao ano, entre 2012 e 2019 (BEN 50 Anos, 2021). A Figura 8 mostra a evolução no Brasil da geração de energia elétrica por meio da energia solar fotovoltaica nos últimos anos.

9 INCENTIVO À ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL

No Brasil, há um mercado livre de energia elétrica, em que os consumidores podem escolher livremente seus fornecedores de energia. Nesse ambiente, consumidores e fornecedores negociam entre si as condições de contratação de energia. De acordo com a Abraceel⁴, 80% da energia consumida pelas indústrias do país é adquirida no mercado livre de energia.

Conforme divulgado no boletim anual da Abraceel (2021) da energia livre, 48% da energia gerada pelas renováveis em 2021 foi vendida no mercado livre, com 74% da energia de biomassa, 38% da energia eólica e 19% de energia solar gerada no país sendo vendidas no Ambiente de Contratação Livre (ACL).

Além disso, em 2021 61.499 MWmed de energia foram transacionadas pelos comercializadores, representando 70% de toda a energia transacionada no mercado livre e 38% de toda a energia transacionada no país. E até 2020, os consumidores do mercado livre economizaram R\$ 252 milhões em suas contas de luz.

10 ENERGIA DE BIOMASSA

Segundo o Balanço Energético Nacional a biomassa, destinada ao aproveitamento energético, é uma fonte primária de energia, não fóssil, que consiste em matéria orgânica de origem animal ou vegetal (BEN, 2021).

Conforme o balanço energético nacional 2021, as biomassas podem ser classificadas em biomassa energética florestal, produtos e subprodutos ou resíduos; biomassa energética da agropecuária, as culturas agroenergéticas e os resíduos e

⁴ Associação que defende a livre competição de mercado como instrumento de promoção da eficiência e segurança do abastecimento nas áreas de energia elétrica, etanol e gás natural, bem como de estímulo ao crescimento das negociações de créditos de carbono.

subprodutos das atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal; e rejeitos urbanos.

A utilização da biomassa como fonte de energia provém da queima de matéria-prima orgânica de origem animal ou vegetal, podendo gerar energia elétrica, calor e mecânica.

A biomassa é uma importante fonte de energia e o modo como esse combustível é utilizado, pode ser aperfeiçoado por meio de tecnologias mais eficientes, promovendo melhorias socioambientais, tais como a redução dos níveis de poluição, aumento da qualidade de vida, geração de emprego e renda (GUARDABASSI, 2006).

10.1 BREVE HISTÓRICO

A biomassa é usada desde os tempos antigos por meio da lenha, como fonte de energia das sociedades, porém, sem apoiar-se em uma produção sustentável. Por este motivo, durante muito tempo o termo biomassa foi associado à ideia de desmatamento.

Com as crises do petróleo (1973 e 1979) a biomassa passou a ser valorizada como insumo energético sendo uma alternativa viável para atendimento das demandas por centrais elétrica e energia térmica. Mas somente na década de 90 que a biomassa ganhou destaque no cenário energético mundial com o avanço do desenvolvimento de novas tecnologias em que as pesquisas na área de biomassa tinham crescido nos últimos tempos, em razão, sobretudo, das mudanças climáticas (CAROLINE et al, 2016).

Na década de 70, com a crise do petróleo vários países investiram em energia solar, eólica e biomassa com a finalidade de diversificar a matriz energética mundial. A utilização da biomassa tinha o objetivo de minimizar os efeitos ambientais e a insegurança no suprimento futuro de combustíveis fósseis, utilizando-se óleos vegetais e outros tipos de biomassa (CAROLINE et al, 2016).

No século XX, o Brasil investiu na energia da Biomassa por meio do programa proálcool, em que visava estimular a produção de etanol a partir da cana de açúcar como combustível substituto de alguns derivados de petróleo, a fim de reduzir a dependência externa de petróleo (EPE, 2021). Posteriormente, passou a utilizar o próprio bagaço da cana como combustível das caldeiras de usinas termelétricas. O

Brasil é considerado um dos maiores produtores agrícolas, e o maior produtor e consumidor mundial de bioenergia. Fatores como a rica biodiversidade, disponibilidade de área para cultivo e condições climáticas adequadas, têm contribuído para alcançar altos níveis de utilização de biomassa (CAROLINE et al, 2016).

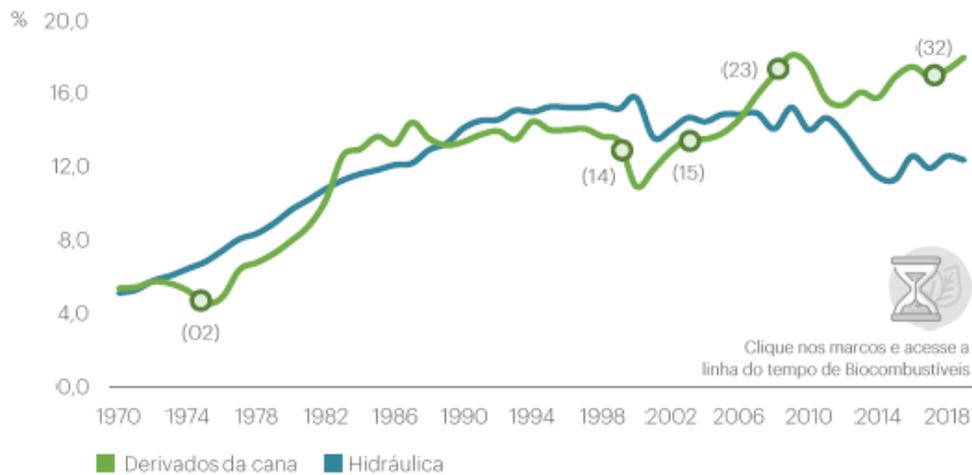
10.2 BIOMASSA COMO FONTE DE ENERGIA

No Brasil, a energia da biomassa é gerada principalmente das plantações da cana de açúcar. Os produtos da cana incluem o etanol, para produção de biocombustíveis e o bagaço de cana, utilizado para a produção de calor de processo no setor sucroalcooleiro, entre outras indústrias, além de geração de energia elétrica, segundo o Balanço Energético Nacional (2021). Durante os anos 1970-2019 a evolução da oferta dos produtos da cana esteve relacionada às sucessivas políticas e programas adotados.

Com a criação do Proálcool pelo decreto 12.539 em 1975, houve a expansão da oferta dos produtos da cana, que visava estimular a produção de etanol combustível e assim reduzindo o impacto da crise do choque de petróleo de 1973. O principal objetivo era o de substituir parte da gasolina utilizada na frota nacional de veículos leves pela adoção de motores de combustão a adição de etanol anidro à gasolina, tornando-a inclusive menos poluente, segundo Balanço Energético Nacional (2021).

O impacto deste programa foi tão grande que alavancou a participação dos derivados da cana na OIE de 4,6% em 1975 para o 14,4% em 1987, segundo Balanço Energético Nacional (2021). Conforme a Figura 9, os produtos da cana superam em participação a energia hidráulica na OIE entre os anos de 1983-1987, fato que veio a ocorrer novamente a partir de 2007.

Figura 9 - Participação da energia hidráulica e derivados da cana na Oferta Interna de Energia.



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2021.

A evolução da produção de álcool etílico, até 1975 o país produzia pouco mais de 0,6 milhões de metros cúbicos (hidratado e anidro), segundo Balanço energético Nacional (BEN 50 Anos, 2021).

Com a criação do Proálcool, entre 1975-1991, a produção ganhou relevância, o etanol hidratado cresceu à taxa de 23,7% ao ano, alcançando a marca de 10,8 milhões de metros cúbicos no final do período. Em 1991, cerca de 60% dos veículos leves no território brasileiro eram movidos à base de etanol hidratado.

Como visto na Figura 10, em 2001 a produção de etanol hidratado despencou para 5 milhões de metros cúbicos, segundo Balanço Energético Nacional (BEN 50 Anos, 2021). Em 2003, com a inserção da tecnologia flexfuel, foi retomado o crescimento da oferta de etanol hidratado, atingindo sua produção recorde em 2019 de 24,6 milhões de metros cúbicos.

Figura 10 - Evolução da produção de etanol anidro e hidratado.



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2021.

10.3 VANTAGENS DE UTILIZAÇÃO DA ENERGIA DE BIOMASSA

Segundo Lara (2021), entre as vantagens do uso da biomassa estão o baixo custo, o reaproveitamento de resíduos que de outra forma seriam descartados, e ser muito menos poluente que os combustíveis fósseis.

Os benefícios econômicos e sociais oferecidos da utilização da energia de biomassa está a criação de empregos para a população, a geração de receita para os municípios e a independência energética, por se tratar que uma energia produzida regionalmente, segundo Lima (2017).

Segundo o Plano Nacional de Energia 2030 (2007), as condições naturais e geográficas favoráveis são vantagens expressivas em comparação ao plano mundial, na produção e uso da biomassa como recurso energético devido à grande quantidade de terra agricultável com características adequadas do solo e condições climáticas.

A utilização de biocombustíveis no Brasil com a adoção do etanol como combustível, total ou parcialmente, em toda a frota de veículos leves é um exemplo de vantagem ambiental, em que há redução nos níveis de emissões de monóxido de carbono (MARIA, 2006).

Desde a implantação do Proálcool em 1975, trouxe avanço da tecnologia nacional para a produção de biocombustíveis devido à experiência acumulada (PNE 2030, 2007).

10.4 CENÁRIO DA ENERGIA DE BIOMASSA NO BRASIL

O Brasil possui um excelente potencial para o aproveitamento energético da biomassa em larga escala, com uma grande área territorial e condições climáticas favoráveis. Seja na produção de álcool, nas caldeiras industriais ou no setor de geração de energia elétrica (LIMA, 2017).

De acordo com LIMA (2017) a energia de biomassa é a terceira fonte de energia mais explorada no Brasil, perdendo apenas para a hidroeletricidade e os combustíveis fósseis segundo.

Segundo o Plano Nacional de Energia 2030 (2007), a potência instalada no Brasil para produção de eletricidade a partir da biomassa da cana-de-açúcar é de 2.822 MW, em mais de 250 usinas, representando aproximadamente 14% da capacidade termelétrica atual do país.

Para se ter uma ideia do potencial disponível, o mesmo volume de biomassa utilizado em um ciclo de contrapressão a fim de aumentar a eficiência, com caldeiras de pressão mais elevada, permitiria uma produção de energia elétrica três vezes maior, de até 24,3 TWh/ano. Também, a recuperação de parte da palha, visando à utilização como biomassa para fins energéticos, permitiria elevar a produção de eletricidade em cerca de 40%.

A geração de bioeletricidade para a rede, incluindo os resíduos sucroenergéticos, biogás, lenha, lixívia, resíduos de madeira, capim elefante e casca de arroz atingiu 25,4 mil GWh em 2021, segundo levantamento da União da Indústria de Cana-de-Açúcar (Unica) a partir de dados da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE). O volume é 7,5% inferior ao registrado em 2020, representando 4% da geração total no país sem considerar a modalidade de autoconsumo.

10.5 PROGRAMAS DE INCENTIVO À UTILIZAÇÃO DE ENERGIAS DE BIOMASSA

Em 1975 foi instituído o Programa Nacional do Álcool – PROALCOOL - devido à elevação dos preços do petróleo no mercado internacional, e o Brasil apresentava grande dependência de óleo cru importado. Entre as motivações da criação do programa, estava reduzir a importação de petróleo. Entre 1975 e 2000, cerca de 5,6 milhões de veículos a álcool hidratado foram produzidos, além disso, um volume expressivo da demanda por gasolina foi deslocado, pela adição de uma fração de álcool anidro (entre 1,1% e 25% em volume) a esse combustível, que movia uma frota superior a 10 milhões de veículos, segundo o Plano Nacional de Energia 2030 (2007). Dessa forma, aproximadamente 550 milhões de barris de petróleo não foram importados, proporcionando uma economia de divisas estimada em US\$ 11,5 bilhões. E conseqüentemente foram evitadas emissões de gás carbônico da ordem de 110 milhões de toneladas de carbono (contido no CO₂). Assim, sendo bem-sucedido os objetivos do programa.

Devido a energia de biomassa ser renovável e diversificar a matriz elétrica brasileira, ela está incluída na definição de energia incentivada da Agência Nacional de Energia Elétrica⁵ (Aneel). A energia incentivada foi criada com o objetivo de estimular o uso de recursos renováveis, mais limpos e com menor impacto ambiental, além de incentivar fontes alternativas que ajudam a diversificar a matriz energética brasileira.

A Resolução da Aneel N^o 77 estabelece os procedimentos vinculados à redução das tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, para empreendimentos hidroelétricos e aqueles com fonte solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, com potência instalada menor ou igual a 30.000 kW. Dessa forma, a energia incentivada estimula o uso de recursos renováveis em que a Aneel estipula o percentual de redução a ser aplicado às tarifas de uso dos sistemas elétricos de transmissão e de distribuição, incidindo na produção e no consumo da energia.

⁵ Tem como principal atribuição regular; fiscalizar; implementar políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração de energia elétrica; estabelecer tarifas; dirimir as divergências; promover outorgas de concessão.

11 ENERGIA EÓLICA

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN 2021) a energia eólica é obtida através do aproveitamento do vento, que é o movimento das massas de ar. Para transformar a energia dos ventos em energia elétrica são usados aerogeradores, que possuem imensas hélices que se movimentam de acordo com a quantidade de vento no local.

Segundo o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), a energia eólica tem sido uma das fontes renováveis que mais crescem no mundo devido às fortes discussões sobre mudanças climáticas e a necessidade de redução da emissão dos gases de efeito estufa e de outros gases poluentes.

A energia eólica é considerada a mais promissora e desenvolvida entre as fontes de energia renováveis por apresentar um grande potencial para geração de energia elétrica. Com o desenvolvimento de novas tecnologias, sua utilização vem crescendo rapidamente com maior acessibilidade, menor custos e maior eficiência.

11.1 BREVE HISTÓRICO

A criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas – PROINFA – foi o ponto de partida para o desenvolvimento do setor eólico no Brasil em que viabilizou o contrato de 54 usinas, com a geração de cerca de 1,4 GW de potência, segundo Lima (2017). No entanto, a energia eólica era cara e pouco competitiva (R\$ 366,00/MWh), e somente a partir de 2009 com o primeiro leilão exclusivo para energia eólica, que esse quadro começou a mudar. Em 2014, os custos da geração de energia eólica caíram, chegando a R\$ 136,00/MWh.

Atualmente, o grande incentivo dado às fontes alternativas de energia, em especial à eólica, é o PROINFA, que promoveu a instalação, no curto prazo, até dezembro de 2008, de mais de 1.400 MW em centrais eólicas, segundo Plano Nacional de Energia 2030 (2007). Antes do Programa, existiam apenas 28,5 MW de potência instalada; em dezembro de 2006 essa potência já atingia 236,8 MW.

Um dos desafios que o Brasil possuía estava relacionado a importação de equipamentos. Atualmente, há empresas que fabricam turbinas e torres eólicas, o que

reduz os custos da produção de energia, já que diminui a necessidade de importação de equipamentos. Outro desafio para que essa fonte de energia fosse mais bem explorada, destacam-se a logística de transporte das peças de grande porte, escassez de mão de obra qualificada e a demora no licenciamento ambiental (LIMA, 2017).

O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, elaborado pelo CEPEL, em 2000, e publicado, em 2001, aponta para uma estimativa de um potencial bruto de 143 GW de potência, com base na utilização de equipamentos disponíveis àquela época, segundo Plano Nacional de Energia 2030 (2007). No Nordeste e no Sul são exemplos onde o potencial estimado para o uso desta fonte é muito elevado.

11.2 ENERGIA EÓLICA COMO FONTE DE ENERGIA

A produção de energia eólica se dá por meio da transformação da energia mecânica do vento em energia elétrica. O equipamento utilizado para a conversão do vento em energia elétrica é o aerogerador, ou turbina eólica, e tem como principal dispositivo o gerador elétrico.

As turbinas são instaladas em locais em que os ventos são regulares e podem produzir energia de forma constante. A força dos ventos gira as pás das turbinas e acionam um gerador que é capaz de gerar energia elétrica. Um cabo instalado no interior da torre envia energia elétrica até a subestação, responsável por aumentar a tensão e transmitir energia a grandes distâncias. Por meio das linhas de transmissão, a energia chega à distribuidora, que reduz a tensão para que a energia possa ser utilizada nas residências (LIMA, 2017).

Na Figura 11 a seguir, mostra um dos principais complexos parques eólicos no Brasil, o Complexo Eólico Santo Inácio localizado no Icapuí – CE e possui uma capacidade instalada de 98,7 MW.

Figura 11 – Complexo Eólico Santo Inácio.



Fonte: Inteligência em Gestão (LINS; CRUZ, 2021).

11.3 CENÁRIO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

A importância do potencial eólico no Brasil tem despertado o interesse de vários fabricantes e representantes dos principais países envolvidos com energia eólica. A excelente qualidade nos níveis de radiação solar e ventos fortes, principalmente na costa nordestina, fazem com que o Brasil seja um ponto estratégico para a entrada de novas tecnologias para a América Latina (JACKSON, 2010).

De acordo com o Balanço Energético Nacional (2021) a produção de eletricidade a partir da fonte eólica alcançou 57.051 GWh em 2020, equivalente a um aumento de 1,9% em relação ao ano anterior, quando se atingiu 55.986 GWh.

Em 2020, a potência instalada para geração eólica no país expandiu 11,4%. Segundo o Banco de Informações da Geração (SIGA), da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o parque eólico nacional atingiu 17.131 MW.

Segundo dados da Global Wind Energy Council (2022) o Brasil aumentou sua capacidade eólica com 3,8 GW em 2021, ultrapassando a França e ficando na 6ª posição no ranking mundial da fonte eólica *onshore*⁶. Atualmente, a potência no Brasil chega a 21,5 GW entre 795 parques instalados, atrás de países como Índia, Espanha,

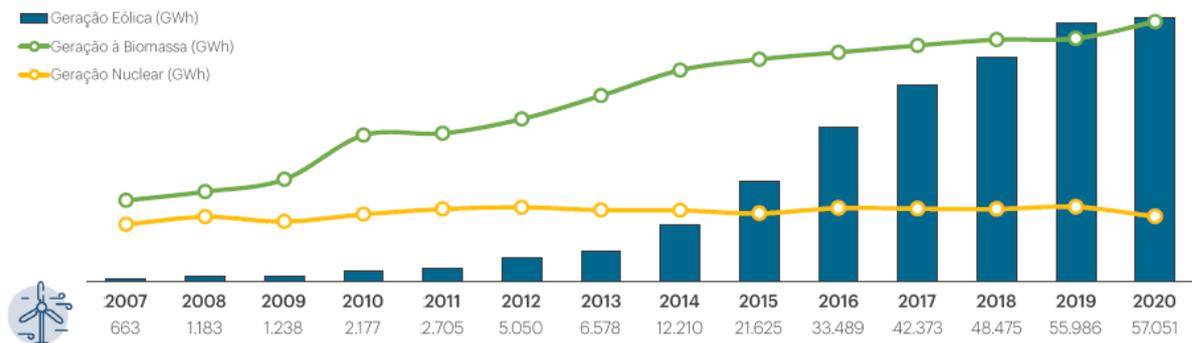
⁶ Onshore - Parque eólico construído em terra.

e à frente de Canadá, Reino Unido e Suécia. A china lidera o ranking, com 310,6 GW, seguida por Estados Unidos e Alemanha, com 134,3 GW e 56,8 GW respectivamente.

Outra informação divulgada no relatório da Global Wind Energy Council (2022) mostrou que o país foi o terceiro país que mais instalou unidades geradoras, repetindo o feito de 2020 e ficando atrás apenas de China e EUA.

Cerca de 1065 GWh adicionais em relação a 2019 se devem à evolução da geração eólica (GWh) que teve sucessivos incrementos ao longo dos anos, segundo o Balanço Energético Nacional (2021). Conforme a Figura 12, em 2015 a geração eólica havia ultrapassado a geração nuclear. Posteriormente, ultrapassou a geração de biomassa em 2019 e, em 2020, teve um crescimento de 1,90% em relação à 2019, consolidando a liderança entre essas três fontes de energia (EPE, 2021).

Figura 12 – Evolução da Geração Eólica (GWh).



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2021.

11.4 VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA EÓLICA

Um dos benefícios do uso de centrais eólicas é que seus geradores não causam poluição ou gases que contribuem para o aumento do efeito estufa, sendo considerada uma boa alternativa para o desenvolvimento sustentável.

No Brasil, as regiões Nordeste e Norte são consideradas as áreas com os melhores potenciais para aplicações em energia eólica no Brasil, pois apresentam várias vantagens importantes na opção pelo investimento em geração de energia eólico-elétrica (JACKSON, 2010).

A energia eólica é uma fonte de energia promissora para a matriz energética brasileira. A ELETROBRÁS que tem a responsabilidade de geração e transmissão de energia elétrica no país estuda várias formas de aproveitamento de energia limpa no

país e divulgou no relatório anual de 2018 que nos últimos anos tem aumentado a participação de fontes com baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE) nas usinas corporativas, que, em 2018, representavam cerca de 95,2% do total, contribuindo de forma decisiva para que a matriz elétrica brasileira seja uma das mais limpas e renováveis do mundo (ELETROBRÁS, 2018).

11.5 PROGRAMAS DE INCENTIVO À UTILIZAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Devido à crise energética de 2001, houve o incentivo a contratação de empreendimentos eólicos, em que foi criado o Programa Emergencial de Energia Eólica, chamado PROEÓLICA. O programa tinha como objetivo a contratação de 1.050 megawatts de projetos eólicos até 2003, porém este programa foi descontinuado e acabou sendo substituído pelo PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), (JACKSON, 2010). O PROINFA, foi criado em 2002 com o objetivo de aumentar a participação de fontes alternativas renováveis na matriz energética brasileira, adicionando ao Sistema Interligado Nacional (SIN) empreendimentos com base em eólicas, pequenas centrais hidroelétricas (PCGs) e biomassa.

Segundo Jackson (2010), apesar do PROEÓLICA não ser capaz de viabilizar a entrada emergencial de novos projetos eólicos, favoreceu a entrada de muitas empresas internacionais, que atuam na promoção das fontes renováveis, gerando assim a necessidade da estruturação de uma legislação, de caráter duradouro, que venha efetivar o desenvolvimento do mercado de energias renováveis no Brasil.

Em 2020, o PROINFA gerou 9,1 milhões de MWh com um custeio de R\$ 3,32 bilhões, totalizando entre fevereiro de 2006 até o final de 2020 aproximadamente 106,8 milhões MWh de energia gerada, segundo dados da Eletrobrás (2020).

12 ENERGIA SOLAR

Segundo EPE (2021) a energia solar é uma fonte inesgotável que pode ser aproveitada na forma de calor ou na forma de luz.

A energia solar é considerada uma energia alternativa, renovável e sustentável, que funciona utilizando a luz solar como fonte de energia e pode ser

aproveitada e utilizada por diferentes tecnologias, como: aquecimento solar, energia solar fotovoltaica e energia heliotérmica.

A geração de energia fotovoltaica há muito tempo é vista como uma tecnologia de energia limpa e sustentável, que se baseia na fonte renovável de energia mais abundante e amplamente disponível no planeta - O Sol. Sua utilização é diversificada podendo ser implementada em praticamente todos os locais, por exemplo, residências, comércios, indústrias, no campo ou em qualquer outro local onde a radiação solar seja abundante. O Brasil possui um potencial gigantesco para aproveitar esse recurso (EPE, 2021).

12.1 BREVE HISTÓRICO

A partir da década de 1950 o Brasil havia iniciado suas pesquisas com energia solar, porém somente na década de 1990 que essa energia começou a atender as localidades afastadas da rede elétrica. Em 1994 foi criado o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios – PRODEEM – pelo Governo Federal, iniciando a regulamentação da energia solar (LIMA, 2017). Em 2003, foi instituído o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica – Programa Luz para Todos. Por meio da Resolução Normativa nº 482/2012 (ANEEL, 2012), foi regulamentada a energia solar pela ANEEL em 2012. Essa resolução estabelecia as condições para a geração e a distribuição de energia solar no Brasil. Tal normativa passou por revisão e sofreu alterações em 2015, aumentando o limite de potência e criando mecanismo de compartilhamento de geração, segundo Tolmasquim (2016).

As normativas combinadas com os programas de incentivo a projetos de sistemas de energia solar têm estimulado a exploração desse uso de energia, ampliando o acesso da população à energia descentralizada.

12.2 ENERGIA SOLAR COMO FONTE DE ENERGIA

De acordo com o Plano Nacional de Energia 2030 (2007), há duas tecnologias que se destacam na área da energia solar devido ao seu potencial de contribuição

para a melhoria da eficiência e da segurança do abastecimento elétrico no Brasil: os sistemas fotovoltaicos que transformam luz solar em eletricidade, e podem ser isolados ou integrados à rede; e os sistemas heliotérmicos que usam o calor do sol para gerar eletricidade em plantas de geração térmica. Os sistemas fotovoltaicos isolados tiveram ampla penetração no Brasil através de vários programas, totalizando, em 2004, mais de 30 mil sistemas instalados⁷.

As usinas solares fotovoltaicas são formadas por um conjunto de painéis e precisam ser instaladas em áreas sem cobertura vegetal, portanto áreas desmatadas podem ser escolhidas com o objetivo de diminuir a degradação do meio ambiente EPE (2021). Ressalta-se que os painéis solares também podem ser instalados em telhados de casas, shoppings e estacionamentos em que é chamado de Geração Distribuída ou microgeração.

Na Figura 13 a seguir é um dos parques solares encontrados no Brasil o Parque Solar de Bom Jesus da Lapa, localizada na cidade baiana de Bom Jesus da Lapa, o parque solar é composto de duas usinas Bom Jesus da Lapa (80 MW) e Lapa (78 MW) com capacidade instalada total de 158 MW.

Figura 13: Parque Solar Bom Jesus da Lapa (BA).



Fonte: SHAREENERGY (2017).

⁷ Destacam-se o projeto PRODUZIR, para eletrificação de domicílios, que instalou, com recursos do Banco Mundial, 11 mil sistemas de 50 W de potência média, e o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios – PRODEEM, do MME.

A maior dificuldade para a utilização dos sistemas fotovoltaicos no Brasil reside no custo das células fotovoltaicas. Com as tecnologias atuais, considera-se que a geração vá se tornar competitiva a partir de US\$ 3.000/kW, tomando como base de comparação a tarifa de fornecimento, o que a curva de evolução tecnológica sugere ser possível de atingir. Nos Estados Unidos, somente após 2020, segundo Plano Nacional de Energia 2030 (2007).

A geração heliotérmica ainda não se mostra competitiva, mas também aponta para uma redução do custo de instalação de suas usinas. Atualmente, esta tecnologia está entrando em escala piloto (EPE, 2022).

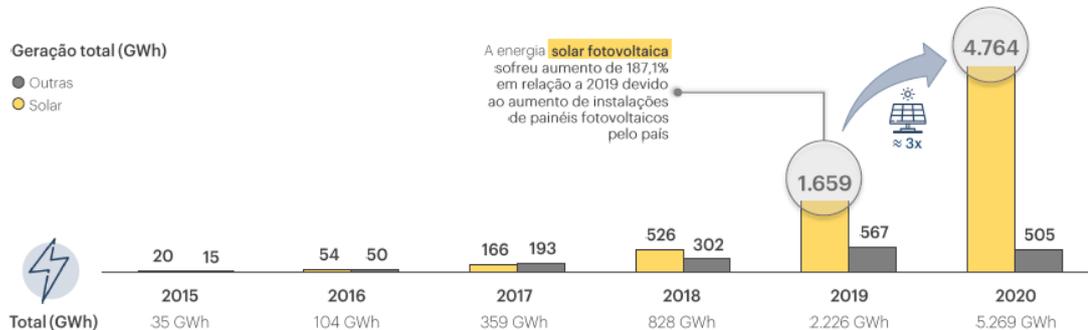
12.3 CENÁRIO DA ENERGIA SOLAR NO BRASIL

O Brasil é um país com grande potencial para a exploração da energia solar. Parte disso deve-se à sua localização privilegiada, já que a maior parte de seu território se localiza em zona tropical, com incidência solar privilegiada ao longo de todo o ano.

A média de irradiação anual brasileira varia entre 1.200 e 2.400 kWh/m²/ano (bem acima da média europeia), sendo os maiores valores e a menor variabilidade anual observados na Região Nordeste (a região central da Bahia apresenta os valores máximos de irradiação). Além disso, outras localidades apresentam valores máximos de irradiação, com destaque para o norte de Minas Gerais, o nordeste de Goiás e o sul de Tocantins, segundo o NÚCLEO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS DE ENERGIA (2016).

A figura 14 mostra o crescimento contínuo da geração solar fotovoltaica em ritmo superior às outras fontes, segundo o relatório síntese BEN 2021 ano base 2020.

Figura 14: Crescimento da geração solar fotovoltaica.



Fonte: BEN 2021.

12.4 VANTAGENS À UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR

Pelo fato de o Brasil estar situado numa região com incidência mais vertical dos raios solares, faz com que esta condição favorece elevados índices de irradiação em quase todo o território nacional, segundo Tolmasquim (2016). Adicionalmente, a proximidade à linha do equador faz com que haja pouca variação na incidência solar ao longo do ano. Dessa forma, mesmo no inverno pode haver bons níveis de irradiação. Essas condições conferem ao país algumas vantagens para o aproveitamento energético do recurso solar.

12.5 PROGRAMAS DE INCENTIVO À UTILIZAÇÃO DA ENERGIA SOLAR

No Brasil entre as iniciativas governamentais destaca-se o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM), conduzido pelo Ministério das Minas e Energia (MME), que teve como objetivo levar energia elétrica a comunidades utilizando principalmente a geração fotovoltaica.

O objetivo do PRODEEM estava relacionado em atender comunidades carentes isoladas, não supridas por energia elétrica pela rede convencional, utilizando fontes renováveis locais em base autossustentável, de modo a promover o desenvolvimento social e econômico dessas localidades (MME, 2002).

O PRODEEM permitia a utilização de qualquer fonte alternativa de energia, porém a utilização de sistemas fotovoltaicos destacou-se, sendo baseada principalmente em três tipos de aplicações: sistemas para residências e escolas,

sistemas para bombeamento de água e para iluminação pública, destinados unicamente a aplicações comunitárias (Galdino & Lima, 2002).

As estimativas eram que ao final de quatro anos o projeto chegasse a 9,3 mil instalações em todo o Brasil, com uma população atendida de 3,72 milhões de pessoas a um custo de U\$ 110 milhões (Silva & Berman, 1999).

Os sistemas não tiveram custo ao usuário final, o programa obteve recursos, não reembolsáveis, de organismos como o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), programas como o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), recursos do Governo Federal, Estados e Municípios, segundo Rangel (2006).

13 ANÁLISE E CONCLUSÕES

Analisando a evolução na matriz elétrica das fontes alternativas de biomassa, eólica e solar, ressalta que o Brasil alcançou um alto nível de sustentabilidade em sua matriz energética em comparação a matriz energética mundial que utiliza como principal fonte de energia o uso de combustíveis fósseis. E essa pauta no uso de energias não renováveis tem sido levantado nos fóruns mundiais sobre mudanças climáticas com a finalidade de reduzir os impactos ambientais e socioeconômicos negativos, advindos do uso de recursos não renováveis como fonte energética.

Foi apresentado no decorrer deste trabalho que o Brasil possui um perfil de oferta e transformação de energia ao longo dos anos 1970-2019, confirmando uma forte alteração de estrutura, em função do recuo e ascendência de velhas e novas fontes energéticas, respectivamente, sinalizando para um futuro de alta participação das fontes renováveis, além de um equilíbrio nos fluxos de importação e exportação de energia.

A geração a biomassa, eólica e solar são vistas como uma das alternativas mais promissoras para o futuro energético sustentável nacional. Uma vez que o Brasil tem grande potencial para utilização de fontes renováveis de energia com a maior reserva de água doce do planeta que pode ser explorado por usinas hidrelétricas; ventos persistentes que podem ser utilizados na movimentação de geradores eólicos; um país tropical que permite radiação solar frequente ao longo do ano e facilmente captada por sistemas de energia solar, além da ampla disponibilidade de resíduos de biomassa para a produção de biocombustíveis e aquecimento de caldeiras em usinas.

Portanto, os mecanismos adotados no Brasil para incentivar a participação de fontes alternativas de energia elétrica da matriz elétrica brasileira estão associados aos programas governamentais de incentivo ao desenvolvimento de fontes alternativas que estimula a criação renováveis que trazem benefícios ambientais, sociais e econômicos.

ABSTRACT

This work has as main object the bibliographic review of alternative energy sources, biomass, wind and solar in the Brazilian electrical matrix. The study initially presents the importance of renewable energy sources, considering the need to reduce greenhouse gas emissions to minimize the impacts of climate change and reduce dependence on fossil fuels in the world energy matrix, in addition to analyzing how the Brazil supports and encourages the generation of renewable energy aiming at sustainability and energy savings. Next, the evolution of renewable sources in Brazil, the internal distribution and the energy incentives are reported. Subsequently, it was analyzed how each energy impacts the Brazilian energy matrix, its energy source, its advantages, and the use incentive program.

Keywords: Biomass Energy. Energy and sustainability. Solar energy. Wind Energy.

REFERÊNCIAS:

ABRACEEL, Associação Brasileira dos Comercializadores de Energia. **Boletim Anual de Mercado 2021**. Disponível em: <<https://abraceel.com.br/biblioteca/boletim/2022/04/boletim-anual-de-mercado-2021/>>. Acesso em: 12 jun. 2022.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 77, DE 18 DE AGOSTO DE 2004**.

BEN, BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **BEN 50 Anos**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/ben-50-anos>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

BEN, BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **BEN Relatório Síntese**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2021>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

BEN 2021, Balanço Energético Nacional 2021. **Balanço Energético Nacional: Ano base 2020**. Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>>. Acesso em: 15 abr. 2022.

CAPELLI, Alexandre. **Energia elétrica qualidade e eficiência para aplicações industriais**. São Paulo: Érica, 2013.

CAROLINE, Ane Pereira Borges; SANTANA, Marcelo Sliva; TONDO, Carine Alves e ANDRADE, Ednildo Torres. **Energias Renováveis: uma contextualização da biomassa como fonte de energia**. REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA Fortaleza, Brasil, v. 10, n. 2, jul. 2016.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **RenovaBio: Biocombustíveis 2030**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/>>. Acesso em: 02 jun. 2022.

EPE, EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

ELETROBRAS. **Relatório Anual 2020**. Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/Relatorio-Anual.aspx>>. Acesso em: 14 mar. 2022.

ENERGIA HOJE. **Atlas Renewable Energy compra projeto eólico da Voltalia**. Disponível em: <https://energiahoje.editorabrasilenergia.com.br/atlas-renewable-energy-compra-projeto-eolico-da-voltalia/>. Acesso em: 21 jun. 2022.

ELETROBRAS. **Energia Limpa**. Disponível em: <<https://eletrobras.com/pt/Paginas/Energia-Limpa.aspx>>. Acesso em: 15 maio 2022.

FAPESP. **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho**. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências, 2007.

FAERMAN, Henrique. **Brasil sobe para 6º lugar em ranking mundial de eólicas**. Canal Energia, 4 abr. 2022. Disponível em: <<https://www.canalenergia.com.br/noticias/53207229/brasil-sobe-para-6o-lugar-em-ranking-mundial-de-eolicas>>. Acesso em: 30 abr. 2022.

FREIRE, Felipe. **Conheça os maiores parques solares do Brasil**. Disponível em: <https://sharenergy.com.br/conheca-os-maiores-parques-solares-do-brasil/>. Acesso em: 04 jul. 2022.

GALDINO, M.A., LIMA, J.H.G. **PRODEEM - O Programa Nacional de Eletrificação Rural Baseado em Energia Solar Fotovoltaica**. In: Anais do IX Congresso Brasileiro de Energia-CBE. 2002.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia e meio ambiente no Brasil**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 7-20, abr. 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/tk9tsKdqdkSy3CzMf58V9bw/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

GWEC, GLOBAL WIND ENERGY COUNCIL. **GLOBAL WIND REPORT 2021**. Disponível em: <<https://gwec.net/wp-content/uploads/2021/03/GWEC-Global-Wind-Report-2021.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

IEA, 2002. World Energy Outlook, 2002. Paris, France, 2002.

JACKSON, Jose Amancio Alves. **Análise regional da energia eólica no Brasil**. 2010. Guarabira, Paraíba. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional. Disponível em: <<https://www.rbgdr.net/revista/index.php/rbgdr/article/view/266>>. Acesso em: 15 abr. 2022.

LARA, João Mesquita. **Energia da biomassa, conheça o potencial no Brasil**. Disponível em: <https://marsemfim.com.br/energia-da-biomassa-conheca-o-potencial-no-brasil/>. Acesso em: 04 maio 2022.

LIMA, Gabriela Marcomini de. **Fontes alternativas de energia**. Londrina, Paraná. Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

Lins&Cruz Inteligência em Gestão. **Complexo Eólico Santo Inácio**. Disponível em: <https://linsecruzgestao.com.br/complexo-eolico-santo-inacio.html>. Acesso em: 03 jul. 2022.

MME, Ministério das Minas e Energia. **PROGRAMA PRODEEM e a Universalização do Acesso à Energia Elétrica no Brasil**. Relatório outubro/2002.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/7>. Acesso em: 24 jun. 2022.

NÚCLEO DE ESTUDOS ESTRATÉGICOS DE ENERGIA. **Energia eólica no Brasil e no mundo**. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2014.

PNE 2030, Plano Nacional de Energia 2030. Brasil. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030**. Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME: EPE, 2007. p. 324.

PNE 2050, Plano Nacional de Energia 2050. **Plano Nacional de Energia 2050**. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília: MME/EPE, 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>>. Acesso em: 20 maio 2022.

SECRETARIA DE ENERGIA E MINERAÇÃO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Biomassa representa 8,8% da matriz elétrica do Brasil**. São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.energia.sp.gov.br/2016/07/biomassa-representa-88-da-matriseletrica-do-brasil/>>. Acesso em: 24 abr. 2022.

SILVA, M.V.M.;BERMAN,C. **Eletrificação Rural: Elementos para o Debate**. IN: Anais VIII Congresso Brasileiro de Energia, 1999.

Tolmasquim, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica**. EPE: Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/livro-sobre-energia-renovavel-hidraulica-biomassa-eolica-solar-oceanica>>. Acesso em: 15 maio 2022.