

GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E SUSTENTABILIDADE: UM PANORAMA DAS FONTES RENOVÁVEIS NO BRASIL

DISTRIBUTED GENERATION AND SUSTAINABILITY: AN OVERVIEW OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN BRAZIL

GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y SOSTENIBILIDAD: PANORAMA DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN BRASIL



<https://doi.org/10.56238/rcsv16n1-001>

Data de submissão: 07/12/2025

Data de aprovação: 07/01/2026

Maria de Fátima Silva Cavalcanti

Especialista em Gestão Escolar

Instituição: Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

E-mail: fatimasilva.cavalcanti@gmail.com.br

Robson Silva Cavalcanti

Mestre em Meio Ambiente pelo Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA)

Instituição: Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Docente de Biologia da ECIT Advogado Nobel Vita – Coremas-PB

E-mail: robsonsilvacavalcanti@yahoo.com.br

RESUMO

A crescente demanda energética e os desafios ambientais têm impulsionado a busca por alternativas sustentáveis, entre as quais a geração distribuída (GD) se destaca como ferramenta estratégica para a diversificação da matriz elétrica brasileira. Este estudo teve como objetivo analisar as principais fontes de GD – solar, eólica, hidráulica, biomassa, biogás e hidrogênio –, discutindo, principalmente, suas potencialidades. A metodologia adotada foi de caráter bibliográfico, com levantamento e análise de referenciais teóricos e documentos institucionais que abordam os impactos, avanços e desafios do setor. Os resultados evidenciam que a GD contribui para a redução de emissões de gases de efeito estufa, aumenta a segurança energética, diminui perdas na transmissão, gera empregos e promove o desenvolvimento socioeconômico. Observou-se, contudo, que barreiras como os altos custos de implantação, a dificuldade de acesso a financiamento e a necessidade de aprimoramento tecnológico ainda limitam sua expansão. A discussão demonstra que, apesar dessas restrições, a GD apresenta tendência de crescimento e consolidação no Brasil, especialmente com o avanço do hidrogênio verde e o fortalecimento de políticas públicas voltadas à transição energética. Conclui-se que a geração distribuída, se devidamente incentivada, tem potencial para se tornar um dos pilares da sustentabilidade energética no país, contribuindo tanto para os compromissos climáticos internacionais quanto para o desenvolvimento econômico e social em âmbito nacional.

Palavras-chave: Geração Distribuída. Energias Renováveis. Sustentabilidade. Transição Energética.

ABSTRACT

The growing energy demand and environmental challenges have driven the search for sustainable alternatives, among which distributed generation (DG) stands out as a strategic tool for diversifying the Brazilian electricity matrix. This study aimed to analyze the main DG sources – solar, wind, hydro, biomass, biogas, and hydrogen –, discussing primarily their potentialities. The methodology adopted was bibliographic in nature, with a survey and analysis of theoretical references and institutional documents addressing the impacts, advances, and challenges of the sector. The results show that DG

contributes to reducing greenhouse gas emissions, increases energy security, decreases transmission losses, generates jobs, and promotes socioeconomic development. It was observed, however, that barriers such as high implementation costs, difficulty in accessing financing, and the need for technological improvement still limit its expansion. The discussion demonstrates that, despite these restrictions, DG shows a growth and consolidation trend in Brazil, especially with the advancement of green hydrogen and the strengthening of public policies aimed at energy transition. It is concluded that distributed generation, if properly incentivized, has the potential to become one of the pillars of energy sustainability in the country, contributing both to international climate commitments and to economic and social development at the national level.

Keywords: Distributed Generation. Renewable Energies. Sustainability. Energy Transition.

RESUMEN

La creciente demanda energética y los desafíos ambientales han impulsado la búsqueda de alternativas sostenibles, entre las cuales la generación distribuida (GD) se destaca como herramienta estratégica para la diversificación de la matriz eléctrica brasileña. Este estudio tuvo como objetivo analizar las principales fuentes de GD – solar, eólica, hídrica, biomasa, biogás e hidrógeno –, discutiendo principalmente sus potencialidades. La metodología adoptada fue de carácter bibliográfico, con levantamiento y análisis de referencias teóricas y documentos institucionales que abordan los impactos, avances y desafíos del sector. Los resultados evidencian que la GD contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, aumenta la seguridad energética, disminuye pérdidas en la transmisión, genera empleos y promueve el desarrollo socioeconómico. Se observó, sin embargo, que barreras como los altos costos de implantación, la dificultad de acceso a financiamiento y la necesidad de perfeccionamiento tecnológico aún limitan su expansión. La discusión demuestra que, a pesar de esas restricciones, la GD presenta tendencia de crecimiento y consolidación en Brasil, especialmente con el avance del hidrógeno verde y el fortalecimiento de políticas públicas orientadas a la transición energética. Se concluye que la generación distribuida, si debidamente incentivada, tiene potencial para convertirse en uno de los pilares de la sostenibilidad energética en el país, contribuyendo tanto a los compromisos climáticos internacionales como al desarrollo económico y social en ámbito nacional.

Palabras clave: Generación Distribuida. Energías Renovables. Sostenibilidad. Transición Energética.

1 INTRODUÇÃO

A matriz elétrica brasileira historicamente se destaca pela forte presença de fontes renováveis, em especial a hídrica, que ainda responde pela maior parte da geração de energia do país. Entretanto, o que tem se observado nos últimos anos é o crescimento acelerado da demanda, aliado à variabilidade hidrológica e aos efeitos das mudanças climáticas, o que tem revelado a necessidade de diversificar a matriz e reduzir a dependência de grandes usinas centralizadas. Nesse cenário, a Geração Distribuída (GD) apresenta-se como uma alternativa estratégica, pois permite a produção de energia em menor escala, próxima ao ponto de consumo, contribuindo para a diminuição de perdas no transporte, o alívio do sistema elétrico e a democratização do acesso à energia.

A geração distribuída traz benefícios relevantes à sociedade, especialmente por favorecer a descentralização urbana e mitigar impactos ambientais localizados. No entanto, sua disseminação ainda enfrenta barreiras significativas, relacionadas principalmente aos custos das tecnologias e combustíveis empregados, bem como à logística necessária para sua distribuição (Souza, 2012).

De acordo com o Art. 14 do Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, considera-se GD “a produção de energia elétrica proveniente de empreendimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, [...] conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador, exceto aquela proveniente de empreendimento” (Brasil, 2004).

A GD vem se fortalecendo no Brasil desde a publicação da Resolução Normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e suas atualizações, que regulamentaram a micro e minigeração distribuída, possibilitando ao consumidor não apenas utilizar, mas também gerar e injetar energia limpa na rede. Essa transformação não é apenas técnica, mas também social e ambiental, uma vez que pode ampliar as possibilidades de participação dos cidadãos na transição energética e estimular modelos de desenvolvimento mais sustentáveis. As fontes renováveis disponíveis para a GD — solar, eólica, hídrica em pequena escala, biogás, biomassa e hidrogênio — possuem características distintas, que variam em termos de viabilidade técnica, custos, impactos ambientais e aplicabilidade regional, formando um campo fértil para análises comparativas e projeções de futuro.

A justificativa deste estudo encontra-se, portanto, na relevância de compreender como a diversidade de fontes renováveis pode contribuir para a expansão da GD no Brasil e quais são as potencialidades desse modelo diante das demandas atuais de sustentabilidade, segurança energética e redução de emissões de gases de efeito estufa. Além disso, o tema dialoga diretamente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente aqueles relacionados à energia limpa e acessível, à inovação e à ação contra as mudanças climáticas.

Diante desse contexto, o presente artigo tem como objetivo analisar algumas das principais fontes de geração distribuída renovável no Brasil — solar, eólica, hídrica, biogás, biomassa e

hidrogênio — discutindo suas potencialidades no processo de transição energética. Busca-se, assim, oferecer um panorama atualizado que auxilie na compreensão da importância da GD como instrumento de sustentabilidade e de descentralização do setor elétrico. A metodologia adotada é de caráter qualitativo e bibliográfico, fundamentada na revisão de literatura especializada, em documentos regulatórios e em dados institucionais sobre a matriz elétrica e a geração distribuída no país.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

“A geração distribuída, mais especificamente por meio da energia fotovoltaica, proporciona uma série de benefícios em diversas áreas na sociedade” (Barbosa; Azevedo, 2013 *apud* Dantas, 2020, p. 14). Dentre elas, destacam-se:

geração de energia limpa, renovável e sustentável; contribuição para as metas de redução de emissões de GEE no Brasil, expressas em sua Contribuição Nacionalmente Determinada – NDC (MMA, 2015); redução das perdas de transmissão e dos custos, além do adiamento de investimentos na expansão da rede de transmissão; e diversificação da matriz energética e diminuição da dependência da geração centralizada despatchada (Dantas, 2020, p. 14).

O IPEA reforça ainda que a energia fotovoltaica tem se expandido de forma significativa no Brasil, configurando-se como uma alternativa promissora para a adaptação da matriz elétrica nacional diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas futuras. Apesar do crescimento da geração fotovoltaica no Brasil, sua participação na matriz energética permanece limitada, principalmente devido aos elevados custos de implantação e à falta de linhas de financiamento acessíveis, o que faz com que os maiores beneficiados pelo sistema de compensação atual sejam, em geral, os grupos de maior poder aquisitivo (Dantas, 2020).

Já a energia eólica, de acordo com Araujo (2016, p. 48),

pode se tornar uma alternativa no planejamento energético brasileiro. Por estar próximo do consumo, a energia gerada é injetada na rede de distribuição secundária, podendo ser consumida localmente, evitando perdas com a transmissão de energia elétrica. As vantagens da utilização da geração distribuída ressaltadas pelos avanços tecnológicos, tendem a propagar o seu emprego, contribui com o aumento da introdução da energia de fontes renováveis na matriz energética e a redução dos impactos ambientais. Essas condições são essenciais no desenvolvimento de cidades de contexto sustentável.

Pinto e Santos (2019) complementam que a geração eólica no Brasil tem apresentado uma redução progressiva de custos, impulsionada pelo desenvolvimento industrial e tecnológico, bem como por políticas e incentivos fiscais. Além de competitiva dentro da matriz energética nacional, essa fonte de energia se destaca por gerar impactos ambientais relativamente baixos, promover o desenvolvimento sustentável e socioeconômico, gerar empregos e renda, ampliar o fornecimento de

eleticidade residencial por meio de energia renovável, reduzir emissões de CO₂ e colaborar para a redução de custos no atendimento à demanda energética, especialmente em períodos de crise hídrica.

Já as usinas hidrelétricas de pequena escala, especialmente as do tipo fio d'água, configuram-se como uma forma de geração distribuída, apresentando vantagens em relação às grandes hidrelétricas e às usinas a gás natural construídas recentemente. Entre os benefícios destacam-se maior confiabilidade com interrupções mais curtas e limitadas, menor exigência de margem de reserva, energia de melhor qualidade, redução de perdas nas linhas, controle da energia reativa, mitigação de congestionamentos na transmissão e distribuição, além da possibilidade de ampliar a capacidade do sistema com menores investimentos em infraestrutura de T&D (transmissão e distribuição) (Eco Invest, 2005).

Por seu turno, o biogás, produzido a partir de resíduos agrícolas, animais ou urbanos por meio de digestão anaeróbica, representa uma fonte de energia limpa e renovável para a geração distribuída. Além de reduzir resíduos e mitigar emissões de gases de efeito estufa, sua purificação em biometano permite substituí-lo ao gás natural em diversas aplicações (GNPW Group, 2024).

Para a GD, o biogás

tem um impacto significativo na mitigação das mudanças climáticas. O uso do biogás para geração de energia reduz as emissões de metano, um gás de efeito estufa mais potente que o CO₂. Além disso, ao substituir combustíveis fósseis, o biogás contribui para a redução das emissões de CO₂. A descentralização da geração de energia promovida pela GD é essencial para reduzir perdas na transmissão e aumentar a resiliência do sistema elétrico. A integração do biogás na GD contribui para cumprir as metas de redução de emissões estabelecidas pelo Acordo de Paris e as NDCs do Brasil (GNPW Group, 2024, n.p.).

Assim, o uso do biogás na geração distribuída contribui para a mitigação das mudanças climáticas, reduzindo emissões de gases de efeito estufa e fortalecendo a resiliência do sistema elétrico, além de apoiar o cumprimento das metas do Acordo de Paris.

O aproveitamento da biomassa para geração distribuída, por sua vez, de acordo com o Portal Brasileiro de Energia Solar, tem ganhado relevância no Brasil, embora sua participação na matriz energética mundial ainda seja reduzida. Apesar do grande potencial nacional, apenas cerca de 8% da produção energética brasileira é proveniente dessa fonte. Ainda assim, a GD por biomassa já representa aproximadamente 65% da geração distribuída no país, desconsiderando a solar, o que demonstra um cenário positivo. Essa alternativa não apenas contribui para a redução de gases de efeito estufa, mas também fortalece a segurança energética e gera oportunidades econômicas. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a tendência é de crescimento desse setor entre 2020 e 2030, com maior inserção de biodigestores, aproveitamento do biogás para biometano e utilização em aterros agroindustriais (Portal Brasileiro de Energia Solar, 2021).

Por fim, o hidrogênio é apontado como um combustível promissor devido à sua abundância e versatilidade, podendo se tornar um substituto ao petróleo diante da expectativa de escassez futura. No entanto, sua produção ainda é majoritariamente associada a tecnologias que emitem gases de efeito estufa. A difusão do hidrogênio verde tende a impulsionar sua inserção na geração distribuída, ampliando a participação das energias renováveis, diversificando as opções de geração e reduzindo emissões. O Brasil apresenta grande potencial nesse setor em função de suas condições naturais favoráveis, atraindo investimentos públicos e privados que podem consolidá-lo como produtor de destaque, com impacto positivo na economia e na geração de empregos. Para isso, é necessário superar desafios relacionados ao transporte, ao armazenamento e à redução dos custos dos eletrolisadores, pontos que poderiam ser mitigados com a produção descentralizada via GD.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Evidencia-se que a geração distribuída GD no Brasil se apresenta como um campo em franca expansão, sustentado pela diversidade de fontes renováveis e pelas condições naturais favoráveis do país. Os resultados apontam que, embora a energia solar fotovoltaica seja a forma mais consolidada de GD, outras fontes como a eólica, a biomassa, o biogás, as pequenas hidrelétricas e, em perspectiva, o hidrogênio verde, vêm ganhando espaço e relevância no cenário energético nacional.

A energia solar fotovoltaica, apesar de sua expressiva expansão, ainda encontra limitações relacionadas aos altos custos de implantação e às restrições de acesso a linhas de financiamento. Esse cenário restringe seus benefícios, sobretudo às camadas de maior poder aquisitivo. Contudo, permanece como uma das principais estratégias para diversificação da matriz e cumprimento das metas de redução de gases de efeito estufa (Dantas, 2020).

A energia eólica se destaca por sua competitividade crescente, alcançada pela queda progressiva de custos e pelo baixo impacto ambiental. Além de ser considerada a segunda fonte mais competitiva da matriz, contribui para o desenvolvimento sustentável e socioeconômico por meio da geração de emprego, renda e ampliação da segurança energética, especialmente em períodos de crise hídrica (Pinto; Santos, 2019).

As pequenas hidrelétricas a fio d’água revelam-se uma alternativa com vantagens operacionais significativas, sobretudo no que diz respeito à confiabilidade do fornecimento, redução de perdas na transmissão e menores custos de expansão de infraestrutura. Essa fonte, embora menos debatida, pode desempenhar papel importante no fortalecimento da GD, sobretudo em localidades afastadas (Eco Invest, 2005).

O biogás, por sua vez, representa uma solução que alia sustentabilidade ambiental à eficiência energética, pois reduz emissões de metano e CO₂ e fortalece a resiliência do sistema elétrico. Sua

utilização contribui diretamente para o cumprimento do Acordo de Paris e das NDCs do Brasil, além de gerar energia a partir de resíduos que, de outra forma, seriam descartados (GNPW Group, 2024). Complementarmente, a biomassa, embora ainda pouco explorada na matriz mundial, já representa 65% da GD brasileira quando desconsiderada a fonte solar, o que evidencia seu potencial. A tendência é de crescimento, especialmente com a ampliação de biodigestores e maior aproveitamento do biometano (Portal Brasileiro de Energia Solar, 2021).

Por fim, o hidrogênio verde surge como uma alternativa promissora para o futuro da GD. Apesar dos atuais desafios relacionados a custos, transporte e armazenamento, o Brasil apresenta condições naturais e investimentos crescentes que podem posicioná-lo como um dos grandes produtores globais dessa fonte. Sua inserção no sistema energético diversificará ainda mais a matriz e reduzirá significativamente as emissões de gases de efeito estufa, alinhando-se às demandas por transição energética sustentável.

Diante desses achados, observa-se que a GD no Brasil não apenas favorece a descentralização da matriz elétrica, mas também se configura como um vetor estratégico para a sustentabilidade ambiental, a segurança energética e o desenvolvimento socioeconômico. Contudo, sua consolidação depende de políticas públicas consistentes, ampliação de incentivos financeiros e inovação tecnológica que garantam maior acesso e competitividade às diferentes fontes renováveis (Silva, 2022).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A geração distribuída no Brasil se apresenta como uma alternativa estratégica para a diversificação da matriz elétrica e para a promoção de um modelo energético mais sustentável e resiliente. Os resultados demonstram que diferentes fontes renováveis – como solar, eólica, pequenas hidrelétricas, biomassa, biogás e o hidrogênio verde – possuem potencial para contribuir de forma significativa na redução de emissões de gases de efeito estufa, na segurança do abastecimento e no fortalecimento do desenvolvimento socioeconômico.

Apesar dos avanços observados, persistem desafios que dificultam a consolidação plena da GD no país. Entre eles, destacam-se os altos custos de implantação, a dificuldade de acesso a linhas de financiamento, a necessidade de investimentos em pesquisa e inovação tecnológica e a criação de políticas públicas mais consistentes e acessíveis.

Nesse contexto, a expansão da geração distribuída depende de esforços integrados entre governo, setor privado e sociedade civil, para que seja possível não apenas ampliar a inserção de fontes renováveis na matriz, mas também democratizar o acesso a essas tecnologias. Assim, a GD pode se consolidar como um pilar central da transição energética brasileira, alinhando-se às metas globais de sustentabilidade e ao desenvolvimento econômico e social do país.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Sandro Roberto Nascimento. **Microgeração eólica conectada à rede elétrica para uso residencial**. 2016. 55 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

BRASIL. **Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004**. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 30 jul. 2004. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5163.htm. Acesso em: 09 set. 2025.

DANTAS, Stefano Giacomazzi. **OPORTUNIDADES E DESAFIOS DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA NO SEMIÁRIDO DO BRASIL**. Rio de Janeiro: Ipea, 2020. ECO INVEST. **Projeto de Pequena Central Hidrelétrica**. 12 abr. 2005. Disponível em: https://antigo.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/ciencia/SEPED/clima/mecanismo_de_desenvolvimento_limpo/submetidos/aprovados_termos_resolucao_1/publicacoes/19/Documento-de-Concepcao-de-Projeto.pdf. Acesso em: 09 set. 2025.

GNPW Group. **Biogás e Geração Distribuída: a revolução energética sustentável no Brasil**. GNPW, 7 jun. 2024. Disponível em: <https://www.gnpw.com.br/energia-pt/biogas-e-geracao-distribuida-a-revolucao-energetica-sustentavel-no-brasil/>. Acesso em: 9 set. 2025.

PINTO, Rodrigo Jambeiro; SANTOS, Vivianni Marques Leite dos. **Energia eólica no Brasil: evolução, desafios e perspectivas**. *RISUS - Journal on Innovation and Sustainability*, v. 10, n. 1, p. 124-142, 2019.

PORTAL BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR. **Uso da biomassa para gerar energia através da Geração Distribuída está em crescimento**. Brasil Solar, 07 jul. 2021. Disponível em: <https://www.portalenergiasolar.com.br/energia-solar/resultadonoticias.asp?id=2090>. Acesso em: 09 set. 2025.

SILVA, Thamyres de Andrade. **O hidrogênio na geração distribuída: desafios e possibilidades**. 2022. 55 f. : il. TCC (Graduação - Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Instituto Federal de Educação da Paraíba / Unidade Acadêmica de Processos Industriais, 2022. Orientação : Profº D.Sc. Walmeran José Trindade Júnior.

SOUZA, Marcio Eli Moreira de. **Impactos da geração distribuída nas redes de baixa tensão**. 2012. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) – Centro Superior de Ensino e Pesquisa (CESEP), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.