

## **A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA É CONFIÁVEL PARA A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA DAS INSTALAÇÕES PREDIAIS?**

IS THE BRAZILIAN ENERGY MATRIX RELIABLE FOR THE ENERGY  
TRANSITION OF BUILDING FACILITIES?

**Dalil Mady Filho**

Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local do Centro  
Universitário Augusto Motta (Unisuam), Rio de Janeiro-RJ, [dalilm@hotmail.com](mailto:dalilm@hotmail.com)

**Lucio Fabio Cassiano Nascimento**

Mestre em Engenharia Mecânica e Doutor em Ciência dos Materiais. Professor  
permanente no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local do Centro  
Universitário Augusto Motta (Unisuam), Rio de Janeiro-RJ,  
[lucionascimento@souunisuam.com.br](mailto:lucionascimento@souunisuam.com.br)

### **RESUMO**

O aquecimento global é consequência do aumento dos gases de efeito estufa, gerados essencialmente por uma matriz energética majoritariamente constituída de combustíveis fósseis. Este artigo analisa a confiabilidade da matriz energética brasileira (conjunto de fontes de energia ofertado no país) em face da transição energética das instalações prediais, preconizada no programa emissões líquidas zero de gases de efeito estufa, da Agência Internacional de Energia (IEA, 2021). A abordagem metodológica adotada possui caráter exploratório, quantitativo e qualitativo, realizada por meio de levantamento bibliográfico na literatura brasileira, via sites especializados e instituições setoriais de energia. A matriz energética brasileira não tem um planejamento estratégico consistente no que tange a confiabilidade e sustentabilidade, pois depende, sobretudo, do uso de hidrelétricas, que no período de secas torna o sistema instável e dependente de termoeletricas (com custo monetário e ambiental relevantes). O artigo fornece uma nova visão do conceito de confiabilidade operacional na gestão da matriz elétrica brasileira, ao inserir a sustentabilidade como tema fundamental na formulação de estratégias e incentivar a transição energética das instalações prediais públicas. Desta forma, o uso de energias renováveis em instalações prediais públicas deve ser incentivado, pois temos condições de implantá-las e o futuro do

setor é inexorável quanto o uso de fontes de energia sustentáveis.

**Palavras-chave:** Matriz Energética Brasileira; Energia Sustentável; Eficiência Energética; Mercado de Energia.

## **ABSTRACT**

Global warming is a consequence of the increase in greenhouse gases, generated essentially by an energy matrix consisting mostly of fossil fuels. This paper analyzes the reliability of the Brazilian energy matrix (set of energy sources offered in the country) in view of the energy transition of building installations, recommended in the program net zero emissions of greenhouse gases, the International Energy Agency (IEA, 2021). The methodological approach adopted has an exploratory, quantitative, and qualitative nature, carried out by means of a bibliographical survey of the Brazilian literature, via specialized websites and energy sector institutions. The Brazilian energy matrix does not have a consistent strategic planning in terms of reliability and sustainability, as it depends, above all, on the use of hydroelectric plants, which in the dry season makes the system unstable and dependent on thermoelectric plants (with relevant monetary and environmental costs). The article provides a new vision of the concept of operational reliability in the management of the Brazilian electricity matrix, by inserting sustainability as a fundamental theme in the formulation of strategies and encouraging the energy transition of public building facilities. Thus, the use of renewable energy in public building facilities should be encouraged because we have conditions to deploy them, and the future of the sector is inexorable regarding the use of sustainable energy sources.

**Keywords:** Brazilian Energy Matrix, Sustainable Energy, Energy Efficiency, Energy Market.

## **1. INTRODUÇÃO**

A humanidade está numa corrida para limitar o aumento da temperatura terrestre em no máximo 1,5°C até o ano de 2050 (acima dos níveis pré-industriais) e por conseguinte mitigar os efeitos drásticos das alterações climáticas (como a elevação dos níveis dos oceanos, a ocorrência de eventos extremos em maior intensidade e o aumento da temperatura em determinadas regiões do planeta). Este aquecimento é consequência do aumento dos gases de efeito estufa (GEE), gerados essencialmente por uma matriz energética majoritariamente constituída de combustíveis fósseis (ALBUQUERQUE; FAGUNDEZ; MOSMANN, 2020).

A Agência Internacional de Energia (AIE), por meio de seus influentes países membros e associados, promove o programa *Net-zero emissions 2050 (NZE)*, emissões líquidas zero de GEE, este relatório é o que de mais avançado existe de forma consolidada e consistente para limitar o aquecimento global, através de uma transição energética dos combustíveis fósseis para as fontes renováveis (IEA, 2021). Por ser responsável por grande

parte das emissões, além das principais soluções, o setor elétrico é a chave para esta urgente mudança de costumes, tecnologias e principalmente comunhão com o meio ambiente, como pode ser visto na tabela 1.

**Tabela 1: Geração de GEE por setor (2020)**

<b>Setor</b>	<b>% GEE</b>
Eletricidade	40,0
Indústria	24,0
Transporte	19,0
Prédios	8,5
Outros	8,5

Fonte: (IEA, 2021).

Diversos protocolos internacionais abordaram o assunto e recentemente os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 inspiraram o lançamento de diversas iniciativas globais, regionais e nacionais. Este tema comunga com o ODS 7, energia limpa e acessível.

Este artigo analisa a qualidade da matriz energética brasileira, com foco na matriz elétrica, sobre o que é ser sustentável, moderniza conceitos de segurança operacional e de gestão estratégica do setor elétrico. Desta forma será possível avaliar se a matriz energética brasileira é confiável para a transição energética das instalações prediais.

## **2. METODOLOGIA**

A princípio foi realizada uma pesquisa exploratória com a temática direcionada para assuntos interligados com o ODS 7 da Agenda 2030, desenvolvida pela Organização das Nações Unidas (ONU, 2015), “energia limpa e acessível”. Obtiveram-se as palavras-chaves utilizadas neste artigo e o acesso a renomadas instituições que deliberam sobre energia sustentável para ajudar no planejamento estratégico do setor energético brasileiro e mundial, com intuito de assegurar um futuro energético seguro e sustentável para todos. Estas instituições, tal como a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) serão citadas e

referenciadas conforme a interação com o artigo.

A abordagem metodológica adotada possui caráter exploratório, quantitativo e qualitativo, realizada por meio de levantamento bibliográfico na literatura brasileira, via sites especializados e instituições setoriais de energia. A pesquisa foi realizada no dia 15 de janeiro de 2022 e o período pesquisado foi do ano de 2018 - 2022. Foram utilizados como base as palavras-chave: "matriz energética brasileira", "energia sustentável", "eficiência energética" e "mercado de energia" (com o uso do operador Booleano "and"). Os artigos foram selecionados após leitura e análise do título e resumo, correlacionando-os com a temática da energia sustentável e descartando os menos aderentes. Foram selecionados 16 artigos para análise. Estes foram classificados pela área de maior impacto do seu conteúdo, para avaliar a extensão e robustez da pesquisa: análise setorial do setor energético (2), biomassa (2), descarbonização (2), eficiência energética (1), energia eólica (1), fontes renováveis (4) e energia solar (4).

Somadas, ao conteúdo dos artigos, as contribuições das instituições de referência do setor elétrico e sustentável, entre elas a Arcadis, International Energy Agency (IEA), International Renewable Energy Agency (IRENA) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE).

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 DESENVOLVIMENTO**

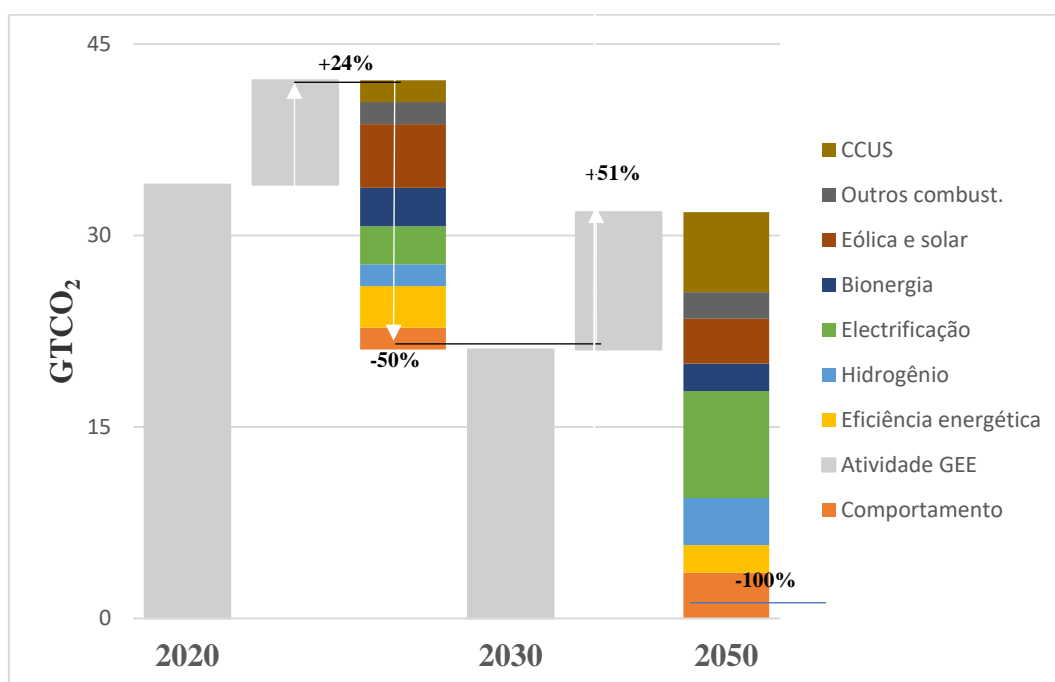
A matriz energética do mundo gerou 34 GtCO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) em 2020 (1 gigatonelada equivale a 1 bilhão de toneladas). Neste ritmo e sem cumprir as etapas das emissões líquidas do Net-zero emissions (NZE), em 2100 haverá 50% de probabilidade de aumentar a temperatura global em até 2,7 °C. A geração de energia elétrica é responsável por cerca de 40% deste passivo. O plano de emissões líquidas de carbono para 2050 prevê a redução, com base em 2020, da demanda de carvão em 90%, do petróleo em 75% e do gás natural em 55%. Os eixos essenciais da descarbonização do sistema energético global são (IEA, 2021):

- ✓ Eficiência energética
- ✓ Mudanças comportamentais
- ✓ Eletrificação

- ✓ Energias renováveis
- ✓ Hidrogênio e combustíveis a base de hidrogênio
- ✓ Bioenergia
- ✓ CCUS (captura de carbono, utilização e estocagem).

A figura1 demonstra de forma consolidada a projeção dos impactos das medidas de mitigação, dos eixos essenciais da descarbonização. Existe o impacto natural do aumento do GEE, em função do crescimento econômico e populacional, + 24% até 2030 e +51 entre 2030 e 2050. As medidas terão impacto relevante, 50% de redução do GEE até 2030 e 100% em 2050. A mitigação será baseada principalmente nas energias solar, eólica e na eletrificação.

**Figura 1 – Impactos dos eixos essenciais de descarbonização**



Fonte: IEA, 2021.

### 3.1.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O eixo da eficiência energética é expresso pela intensidade energética, o qual representa um indicador que tem como finalidade medir a eficiência e a sustentabilidade da economia, através da razão entre o consumo de energia e o PIB. Em 2020, a nível mundial ele melhorou (ou seja, reduziu) 0,5%, em 2050 ele deve estar em -2,7%. Diminuir a

intensidade no uso do gás natural e produtos químicos primários na indústria, reduzir o consumo médio de combustível da frota de caminhões pesados e ter zero emissão de carbono na construção de prédios novos. Tais medidas são as principais ações deste eixo para redução da emissão líquida de carbono em 2050 (IEA, 2021).

### **3.1.2 MUDANÇAS COMPORTAMENTAIS**

Quando se aborda o pilar das mudanças comportamentais, fica evidente a importância da participação ativa e espontânea dos cidadãos. Sem eles o mundo não conseguirá limitar o aumento da temperatura da Terra em até 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (em 2050). Mais de 55% das ações do NZE dependem da combinação entre pessoas e o uso de tecnologias de baixo carbono. Apenas 40% das ações dependem exclusivamente destas tecnologias. Como exemplo de iniciativas tem-se: a redução do uso de carros e viagens aéreas, utilizando-se transportes sustentáveis como a bicicleta, caminhadas, ou ainda a opção pelo transporte público e a preferência pelo transporte sobre trilhos. A busca por equipamentos com alto rendimento energético e a redução do consumo exacerbado, leva a sensação de pertencimento da atual sociedade. O planeta necessita ser levado em consideração na formulação de novos projetos e demandas da nossa civilização, seus limites naturais deveriam entrar na equação como uma restrição na capacidade de fornecer insumos e matérias-primas para a industrialização (IEA, 2021).

### **3.1.3 ELETRIFICAÇÃO**

A eletrificação é um grande desafio e fio condutor do NZE, 786 milhões de pessoas não tem acesso a eletricidade no mundo, destas 75% localizadas na África Subsaariana. A substituição dos combustíveis fósseis, por fontes renováveis respondem por 20% da redução esperada. A participação de veículos elétricos no mercado mundial passará dos atuais 1% para 86% em 2050 (IEA, 2021).

### **3.1.4 ENERGIAS RENOVÁVEIS**

As energias renováveis serão os principais atores para o êxito do NZE, no cenário de emissões zero, a energia solar e a eólica, somadas, terão participação relevante na geração de energia mundial: 50% na visão da IRENA, cerca de 70% na projeção da IEA e entre 70-85% no IPCC. A energia hidrelétrica tem sido um importante vetor como fonte de baixa emissão de carbono, mas principalmente as energias solar e eólica serão os pilares

desta mudança (IEA, 2021; IPCC, 2018; IRENA, 2021).

### **3.1.5 HIDROGÊNIO E COMBUSTÍVEIS A BASE DE HIDROGÊNIO**

O cerne para a utilização de hidrogênio na NZE é a conversão das utilizações existentes de energia fóssil em hidrogênio com baixo teor de carbono. Priorizando formas que não exijam investimentos em infraestrutura para transmissão e distribuição. Ao utilizar nas indústrias, refinarias, plantas de energia ou ao misturar hidrogênio em gás natural para distribuição aos utilizadores finais (IEA, 2021). O hidrogênio é o elemento mais leve e o que possui o maior valor energético. Não é tóxico. Não acarreta emissões nocivas para o ambiente. Quando a produção do hidrogênio vem de uma fonte renovável, sem emissão de carbono, ele é denominado hidrogênio verde.

### **3.1.6 BIOENERGIA**

O eixo da bioenergia será responsável por fornecer 5% da geração total de energia sustentável em 2050. Mas no seu modo moderno, sem o uso de fogões e fornos, desmatando a terra e liberando poluição. A biomassa moderna utiliza biocombustíveis, lenha de áreas reflorestadas, resíduos de outros processos, e não penaliza o meio ambiente e o uso da terra para produzir alimentos. Sem gerar poluição e com o uso acoplado do CCUS (IEA, 2021). Biomassa é uma fonte de energia renovável que utiliza elementos orgânicos como restos de animais e plantas.

### **3.1.7 CCUS**

Finalmente nesta proposição inicial sobre o estado da arte no combate aos gases do efeito estufa (GEE) e as consequências climáticas, temos o Carbon Capture, Utilisation and Storage (captura de carbono, utilização e estocagem), o CCUS. Este será um facilitador das tecnologias atuais durante a transição energética, ao combater as emissões dos ativos existentes. A meta é passar dos 40 MtCO<sub>2</sub> para 7.600 MtCO<sub>2</sub> em 2050 (as emissões são medidas em toneladas métricas de CO<sub>2</sub>, ou múltiplos como MtCO<sub>2</sub>, que são milhões de toneladas de dióxido de carbono). Capturando e armazenando CO<sub>2</sub> da bioenergia, dos combustíveis fósseis e seus processos (IEA, 2021; IPCC, 2018).

### **3.2 A MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA DIANTE DA SUSTENTABILIDADE E CONFIABILIDADE**

Defronte das ações apresentadas a nível mundial para efetivar o carbono líquido zero em 2050 e evitar alterações climáticas funestas, será abordada a confiabilidade e sustentabilidade da matriz energética brasileira para realizar esta transição. Primeiramente, deve ser entendido como foi a formulação de estratégias para a construção do parque nacional energético, num breve resumo para compreender as possíveis lacunas e as potencialidades. Com fulcro na oportunidade de o país assumir um papel relevante na ordem mundial na utilização de fontes sustentáveis.

As estratégias geopolíticas e socioeconômicas que nortearam a formulação de políticas para matriz energética brasileira não estavam baseadas em um projeto estruturado de país. Eram respostas a propósitos emergenciais, tais como solicitações prementes para gerar PIB a curto prazo, por exemplo, de empresas que necessitavam de mais volume de energia (para atender a demanda de indústrias de base ou servir empresas estrangeiras de eletrodomésticos instaladas no país). Ou fatores sociodemográficos, como a migração do campo para as cidades, em 1970 eram 56% que viviam nas cidades, em 2019, 86%. A migração gerou a expansão das cidades e evidenciou algumas carências: como transporte, novas tecnologias e necessidades de conforto (todas requereram mais energia).

Outro fator emergencial que aumentou a demanda por energia foi a mecanização do campo, ao substituir o uso dos animais ou processar resíduos para biomassa. Pode-se também citar a crise do petróleo e a necessidade de diversificação da matriz. Enfim, são alguns dos motivos para a matriz energética ter se alterado para atender todas estas necessidades, não como um projeto estruturado, mas de forma reativa a elementos externos (BORGES, 2021; EPE, 2021).

Em meados do século XX, a estruturação do setor elétrico brasileiro teve como base a geração centralizada, criando monopólios com forte participação do capital estrangeiro (no início da década de 30 era superior a 50%) e a conseqüente ausência de competitividade, em contrapartida facilitou a expansão do sistema e a distribuição da carga (DEBEIR; DÉLAGE & HÉMERY, 1993; SILVA, 2005). A crise de 1929 revela o esgotamento do modelo agroexportador e a necessidade de redefinir o papel do Estado na economia brasileira. A década de 30 apresentou tentativas incipientes de intervenção, por meio da regulação, na área econômica, por exemplo, o cancelamento da cláusula-ouro (reajuste automático de tarifas elétricas pela cotação do ouro). O período pós-guerra a 1962 (criação da Eletrobrás) estabelece uma importante mudança na atitude do Estado frente ao modelo brasileiro de desenvolvimento econômico, o qual passou a privilegiar a participação em funções

produtivas, financeiras e planificadoras (GOMES, 2002).

Os Estados brasileiros começaram a criar empresas públicas e substituir gradativamente as empresas privadas. Nesta época, o processo de substituição de importações pela industrialização brasileira evidenciou, entre outros pontos, a fragilidade da matriz energética para atender o volume demandado de energia. As hidrelétricas foram a opção principal para aumentar a oferta deste insumo. O modelo preparava-se para ser privatizado novamente (período de 1986 - 2002), com a venda de empresas e a criação de órgão regulador (a privatização começou antes do lançamento do marco regulatório, o que demonstrou a fragilidade do processo como projeto estratégico). Desde então, o pequeno volume de investimentos pelo setor privado, somado a falta de um plano estratégico para não depender das hidrelétricas e ser vítima das conseqüentes crises decorrentes do período anormal de secas (um dos produtos das alterações climáticas) (BORGES, 2021), nos leva a situação atual de uma matriz majoritariamente formada por hidrelétricas e com o uso de termoelétricas para não ter escassez de energia em períodos de reservatórios baixos.

Nesta breve introdução sobre a gestão da matriz energética brasileira, alternando através do regime privado – estatal – privado, desta vez com atuação forte do Estado na regulação e planificação do sistema, expõe o aspecto reativo e de curto prazo deste modelo.

Serão apresentados alguns indicadores, com os principais atores e a posição do Brasil, para entender a matriz energética mundial e o impacto que o atual modelo nacional de gestão pode causar para o mundo, além de analisar a lacuna apresentada sobre a confiabilidade neste momento de transição. Em 2018 a participação dos renováveis na matriz energética mundial era de apenas 26,37%, dentre as fontes de emissão de energia vimos que a fonte elétrica é responsável por 40% das emissões de gases estufa (principalmente pelo uso intensivo das termoelétricas a carvão) e tem participação relevante nas soluções de eletrificação para atingir o carbono zero em 2050, por isso serão priorizados os indicadores desta fonte. No ano de 2018 a capacidade de geração elétrica do mundo era de 7.064 GW (Gigawatt, equivale a  $10^9$  w), a distribuição percentual está demonstrada na tabela 2:

**Tabela 2: Distribuição percentual da capacidade de geração elétrica mundial (2018)**

<b>Posição</b>	<b>Continente</b>	<b>%</b>
1°	Ásia e Oceania	45,7
2°	América do Norte	19,0
3°	Europa	17,0
4°	Eurásia	5,7
5°	América do Sul e Central	5,2
6°	Outros	7,5

Fonte: EPE, 2021.

O Brasil tem a 7° maior capacidade de geração de energia global, existe uma relação direta entre os maiores produtores e a capacidade de geração de energia renovável (2.485 GW), que é apenas 35,18% da capacidade global de geração instalada. Podemos observar na tabela 3 que quando abordamos a capacidade de geração de energia renovável os principais atores se repetem, ou seja, os agentes responsáveis pela mudança têm um desafio enorme para alcançar a geração de carbono líquido zero.

**Tabela 3: Distribuição percentual da capacidade de geração de energia renovável elétrica mundial (2018)**

<b>Posição</b>	<b>País</b>	<b>%</b>
1°	China	29,1
2°	Estados Unidos	10,7
3°	Brasil	5,5
4°	Alemanha	5,1
5°	Índia	4,9
6°	Japão	4,6
7°	Outros	40,1

Fonte: EPE, 2021.

Quando é abordada a geração de energia do mundo, parcela da capacidade efetivamente utilizada, em 2018 (25.373 TWh, um TWh equivale a  $10^{12}$  Wh), as posições não se alteram muito, o Brasil com seus 601 TWh passa para o 8º lugar. A geração renovável de energia atinge 6.692 TWh, apenas 26,37% da geração de energia elétrica (EPE, 2021). Desta forma ficam claras as enormes possibilidades e dificuldades para atingir de 50% a 75% de participação das energias renováveis eólicas e solar em 2050.

Em relação a matriz de energia elétrica mundial o Brasil é um participante pouco influente (8º com 2,3% da geração total), entretanto, em uma das fontes tem-se papel relevante, na geração de energia hidrelétrica mundial de 4.104 TWh (16% do total gerado, em 2018). Um dos fatores de nossa participação na geração ser tão pequena é a aposta majoritária em apenas uma fonte, a hidrelétrica. O país é o 2º com 389 TWh (9,5%), com relevante participação, a China é a 1º com 1.175 TWh. No quesito emissão de gases estufa, em 2020, o mundo gerou 34 GtCO<sub>2</sub> com a matriz energética, sendo 13 GtCO<sub>2</sub> referentes a geração de energia elétrica. O Brasil gerou 398,3 MtCO<sub>2</sub> pela matriz energética e 49 MtCO<sub>2</sub> na matriz elétrica, 1,17% e 0,37% respectivamente da emissão global (EPE, 2021; IEA 2021). Perante a emissão de GEE pela matriz elétrica o Brasil desponta como um dos países que menos agride o meio ambiente. Pois a geração de GEE não é relevante (no intervalo de 0 a 43 gCO<sub>2</sub>eq/kWh), apesar dos poucos estudos realizados até agora (EPE, 2022).

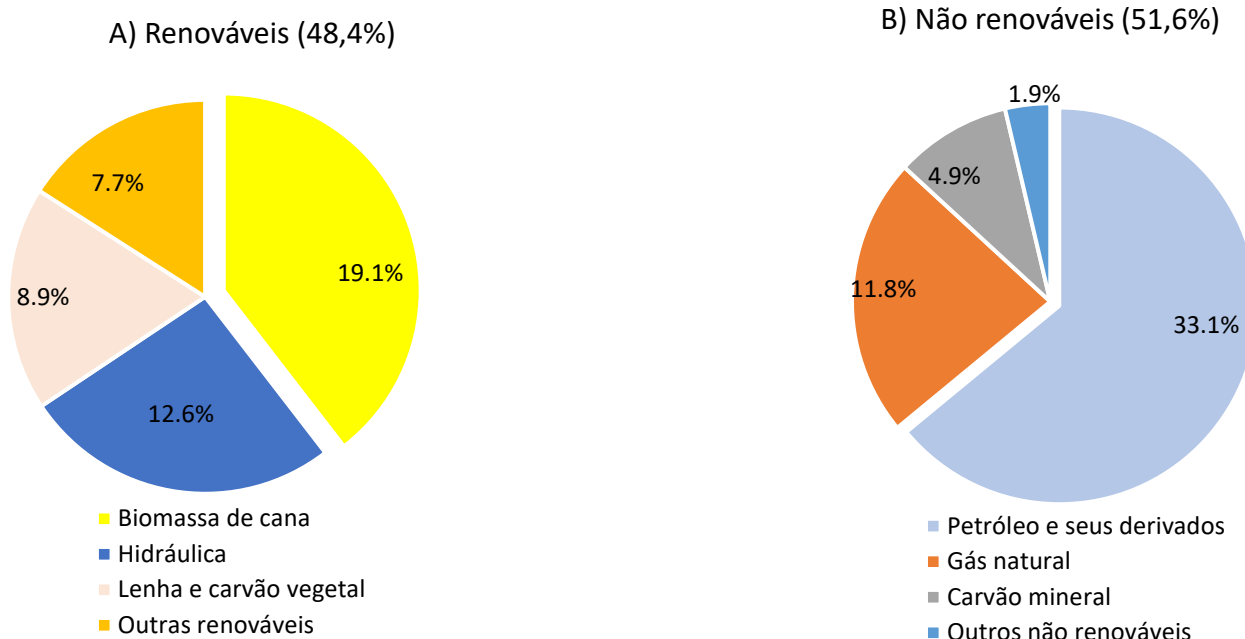
Brasil, Austrália e Reino Unido tem possibilidade de zerar as emissões de GEE até 2030, para isto, o Brasil tem que reduzir pela metade as emissões nos próximos 4 anos (ARCADIS, 2021). Desta forma, conclui-se que o Brasil tem possibilidade de ser um expoente no tema de emissão de GEE, apesar do pequeno impacto numérico a nível global. As ações de sustentabilidade não são medidas apenas de forma quantitativa, a mudança de hábitos e impactos em outros setores sociais-econômicos é enorme. Mas surgem dois paradoxos:

a) Perante a sustentabilidade, a matriz energética brasileira é confiável para a transição energética das instalações prediais?

b) Apenas a sustentabilidade é suficiente para justificar a transição energética?

É necessário conhecer o moderno conceito de segurança energética para responder estas questões. Mas antes, é pertinente inteirar-se sobre a composição da matriz energética brasileira, a figura 2 demonstra esta composição em 2020.

**Figura 2 – A composição da matriz energética brasileira**



Fonte: EPE, 2021

Portanto a matriz energética brasileira é um expoente no quesito renovabilidade. Quando se analisa apenas a matriz elétrica chega-se a 84,3% de renovabilidade, resultando uma matriz energética mais limpa, ou seja, o Brasil emite muito menos CO<sub>2</sub> (kg) para gerar 1 MWh (em função de ser o 2º maior gerador de energia hidrelétrica do mundo). Para cada 100 CO<sub>2</sub> (kg)/MWh que o Brasil emite: a China gera 685, os Estados Unidos 418 e a União Europeia 323 CO<sub>2</sub> (kg)/MWh, respectivamente (EPE, 2021). Desta forma, tem-se a oportunidade de liderar a transição energética mundial, com 100% da matriz sendo renovável, com ganhos para o meio ambiente, além disso, possibilita a ampliação dos negócios, num mundo cada vez mais exigente com a origem e consequências daquilo que consome.

Constata-se que o Brasil é o segundo maior produtor de energia hidrelétrica mundial, esta fonte representa 63,8% da matriz elétrica nacional. Este quesito será de fundamental importância para analisar a confiabilidade e a sustentabilidade da matriz energética brasileira.

A definição técnica de confiabilidade é a “capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo” (ABNT, 1994). Neste artigo, será definida como a capacidade de atender a demanda dos países

emergentes, com segurança energética, de forma constante e sustentável. Não apenas suprir os picos de fornecimento, ou manter o sistema estável nos distúrbios de curto prazo, ou então ter flexibilidade suficiente para aumentar ou diminuir a carga, em respostas a ofertas e demandas (EIGAMAL; DEMAJOROVIC, 2020; KRELL; SOUSA, 2020; MORAIS, 2015; PEREIRA; SILVA, 2021).

O fato de a matriz elétrica brasileira estar baseada nas grandes hidrelétricas, apenas 3,6% são pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e centrais geradoras hidrelétricas (CGH), expõe o sistema a vulnerabilidades, quando da ocorrência das secas, as quais interferem na produção de energia ao baixar o nível dos reservatórios de água (EPE, 2021). A cada 100 anos temos aproximadamente 20 anos de secas. No séc. XX, por exemplo, foram 27 anos, entre outros, de 1951 a 1956, 1993/98, 2001, 2012/14/15/21 (EMBRAPA). Estes eventos forçaram a implementação de racionamentos e estimularam a diversificação da matriz elétrica. Como solução paliativa foi aumentado o uso das usinas termoeletricas (UTE's).

Em 2020, tais instalações foram responsáveis por 25,3% da energia gerada (EPE, 2021). As termoeletricas foram criadas para serem uma fonte de energia reserva, de rápido despacho, para sanar uma anomalia, porém, tornaram-se um padrão (JUNIOR et al., 2021). O sistema brasileiro é basicamente centralizado, ou seja, são grandes centrais de produção de energia elétrica, hidrelétricas ou termoeletricas, com grandes capacidades instaladas e muito longe dos centros de consumo. Com isso, o sistema precisa arcar com longas e custosas linhas de transmissão e como consequência perdas na ordem de 17% da geração de energia elétrica. Por outro lado, o Sistema Interligado Nacional (SIN) que abrange praticamente 100% do território nacional, minimiza os apagões de energia. Reconhecido como confiável a nível global, diversas vezes se mostrou deficiente ao enfrentar os períodos de seca. Apesar da diversificação implementada nos últimos anos, para diminuir a dependência das chuvas, apenas 19,9% são de fontes sustentáveis, sem dependência da água (EPE, 2021).

A estratégia brasileira é apostar nas termoeletricas que emitem os GEE e prejudicam o meio ambiente (além de material particulado e outros gases). Outro senão é o custo extra, pois combustíveis fósseis são utilizados no processo de gerar energia proveniente desta fonte, tais como carvão mineral, óleo combustível e gás natural. Por exemplo, tendo como base 2020, o óleo combustível custa US\$ 367/t, o gás natural US\$ 414,9/10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>, a eletricidade industrial US\$ 125,7/MWh. Para ter noção da relação de preço entre as fontes, para cada US\$ 1 gasto na eletricidade, são gastos US\$ 4 no óleo combustível (EPE, 2020). Atualmente, acompanha-se o pior evento bélico na Europa após a 2<sup>o</sup> Grande Guerra

Mundial, a guerra da Ucrânia. Este episódio evidenciou a dependência da matriz energética deste continente em relação a Rússia (cerca de 40% do gás natural consumido) e como consequência deve-se ter uma aceleração da transição energética a médio prazo, assim como o aumento do uso de fontes fósseis no curto prazo (para diminuir a sujeição). O fator preponderante não é a sustentabilidade, mas o geopolítico. Como paralelo, para avaliar a segurança operacional do caso brasileiro, deduz-se que é perigoso ter uma fonte com participação majoritária na matriz, no caso da geração de energia elétrica, 63,8% provem da energia hidráulica, o que torna o sistema nacional altamente vulnerável em períodos de secas.

As hidrelétricas têm altos custos de implantação, com processo demorado de construção e como são localizadas distantes dos grandes centros, são custosas as linhas de distribuição. Outro fator relativo à segurança de uma matriz energética baseada em combustíveis fósseis é o esgotamento destas reservas a médio prazo. A diversificação é uma necessidade de segurança operacional, já que o consumo de energia é proporcional ao crescimento do PIB e o surgimento de novas tecnologias em todas as áreas (OLIVEIRA et al., 2018).

Assunto controverso é definir se a matriz energética brasileira é sustentável, grande parte das instituições e agentes de mercado entende que sim, em função da alardeada renovabilidade. Contudo, existem pontos de contradição, pois o grande uso do potencial hidrelétrico contraria a carta magna brasileira, no que tange a sustentabilidade, em função dos impactos ambientais, econômicos e sociais. As maiores hidrelétricas estão situadas na Amazônia, elas interferem radicalmente no meio ambiente, em função da construção de represas, que provocam inundações em enormes áreas da floresta, por exemplo, Belo Monte tem 478 km<sup>2</sup>, Balbina 2360 km<sup>2</sup>, Jatobá 467 km<sup>2</sup> (FN, 2022). Os sedimentos nas bacias geram GEE, alteram o fluxo dos rios, aniquilam espécies vegetais, devastam a fauna e estorvam a ocupação humana (PEREIRA; SILVA, 2021; RODRIGUES et al., 2020). Estes impactos se refletem na dificuldade de licenciamento de novos empreendimentos. Portanto, a transição energética é justificada pela sustentabilidade e confiabilidade de nossa matriz energética.

As principais opções para a transição energética são as fontes renováveis, considerando o uso das hidrelétricas para garantir a diversificação necessária para o aumento da demanda dos anos vindouros (não como estratégia principal). Conforme citado anteriormente, a eletrificação e o uso de fontes renováveis serão as principais saídas para a emissão líquida zero de carbono até 2050. Até então estas fontes foram utilizadas de forma complementar, sem políticas públicas consistentes de diversificação. Em 2020 a fonte

de biomassa representava 9,0 %, a eólica 9,2 % e a solar 1,7 % da geração de energia brasileira (EPE, 2021).

O uso irrisório da energia solar (o Brasil foi o 20º produtor mundial em 2020), apesar de crescente nos últimos anos, é impactante quando constata-se que a irradiação solar em território nacional está acima de 4 kWh/m<sup>2</sup>, considerando que esse parâmetro atinge 90 % do território pátrio (PINTO; AMARAL; JANISSEK, 2016; SILVA et al, 2019). O estado de pior irradiação, Santa Catarina, gera 40% mais do que a Alemanha (4º maior produtor mundial). Outro fator de potencialidade é que menos de 1 % da energia solar gerada em um dia bastaria para abastecer a energia consumida por toda a Terra durante um ano. No quadro 1 são apresentadas de forma resumida as vantagens e desvantagens do uso de fontes renováveis:

**Quadro 1: Vantagens e desvantagens das fontes de energias renováveis**

Vantagens	Desvantagens
Diversificação da matriz energética	Área de terra significativa para instalação dos parques eólicos, impacto visual e sonoro desagradável, erosão do solo e abatimento de aves
Possibilidade de gerar energia de forma descentralizada e atender a população sem acesso	Salinidade da água, grande profundidade e velocidade das ondas (eólica offshore)
Geração de empregos especializados, instituição de cadeia produtiva especializada local e regional	Ter de aumentar a infraestrutura para distribuição de energia renovável centralizada
Exuberância de biodiversidade, agroindústria sólida, produtiva e redução do êxodo rural (biomassa)	Prazos de licenciamento e infraestrutura descumpridos pelos órgãos públicos
Sem emissões de CO <sub>2</sub> na atmosfera (eólica e solar) e baixo para a biomassa	Tecnologia desconhecida pela maioria da população
Redução de resíduos urbanos, aproveitamento de subprodutos do agronegócio (biomassa)	Oposição das empreiteiras construtoras de hidrelétricas
Sem uso de combustíveis na produção (eólica e solar)	Intermitência na produção de energia solar e eólica (necessidade de vento e sol)
Grandes reservas de quartzo de alto teor de pureza (matéria prima das placas solares)	
Enorme dimensão territorial, grande potencial de volume de água, incidência de vento, irradiação solar e movimentação de ondas	

Fonte: ELGAMAL; DEMAJOROVIC, 2020; FERREIRA et al., 2020; GASPARIN et al., 2021;

Recentemente um estudo entre três fontes de energia renovável (eólica, solar e biomassa) apontou a energia vinda dos ventos como a de menor custo (OLIVEIRA, 2018). Conforme pode ser visto na tabela 4.

**Tabela 4: Comparação de custos entre energias renováveis**

<b>Energia renovável</b>	<b>Custo específico (R\$/kWh)</b>
Fotovoltaica	0,98
Biomassa	0,27
Eólica	0,12

Fonte: OLIVEIRA, 2018.

Ressalta-se que o custo diminui com o aumento do volume, como estas tecnologias terão uso intensivo a nível mundial, os custos unitários irão diminuir com o tempo. Outro fato relevante é que as capacidades instaladas das fontes eólicas e solar sofrem baixa influência da demanda, operam conforme a disponibilidade operacional, seja a oferta de ventos ou sol (BRITO et al., 2019). Ou seja, elas devem ser integradas e modeladas para compensarem esta intermitência, até com o desenvolvimento de tecnologias para armazenamento de energia. Considerando estes pontos, o que faz o Brasil explorar tão pouco as fontes renováveis?

Basicamente as políticas públicas são inconsistentes e fragmentadas. Ao longo dos anos o País teve inúmeras iniciativas, tais como o PROEÓLICA (Programa Emergencial de Energia Eólica), que foi o primeiro programa de incentivos ao desenvolvimento da energia eólica no Brasil, ou o Leilão de Fontes Alternativas, com o objetivo de atender ao crescimento do mercado no ambiente regulado e aumentar a participação de fontes renováveis - eólica, biomassa e energia proveniente de PCH. Os maiores produtores de energias renováveis mundiais têm políticas públicas consistentes e subsidiadas, conforme pode ser visto no quadro 2.

**Quadro 2: Políticas públicas usualmente utilizadas pelos maiores produtores de energia renovável**

<b>Mecanismo</b>	<b>Política pública</b>
Sistema “feed in”	O produtor de energia elétrica renovável é remunerado pelas empresas de energia recebendo o valor de tarifas especiais que o governo estipulou, que são garantidas por um certo período
Sistema de leilão	O governo determina a quantia de energia renovável a ser leiloada e produzida, sendo um sistema competitivo na qual os vencedores são os que apresentam propostas com menor valor, garantido por um longo prazo
Sistema “net metering”	O usuário utiliza a energia renovável produzida para compensar parcialmente ou totalmente seu consumo da rede elétrica
Incentivos e subsídios	Crédito fiscal para compra de sistemas por particulares e incentivos para fabricantes produzirem a menor custo e desenvolverem novas tecnologias
Legislação	Consistente e robusta para que os investidores tenham confiança nos programas de incentivo as fontes renováveis

Fonte: GASPARIN et al., 2021; JUNIOR et al., 2021.

Pode-se ligar um sinal de alerta ao se analisar os investimentos em pesquisa, desenvolvimento e demonstração (PD&D), em função da priorização dos investimentos públicos e publicamente orientados nos combustíveis fósseis. Foram R\$ 2.279,24 mi, enquanto nas energias renováveis R\$ 488,60 mi. Uma parte desta discrepância pode ser explicada pelas obrigações contratuais de investimento das empresas do setor de petróleo e gás, reguladas pela ANP (CEPAL, 2020). Mas é inegável a não priorização das fontes sustentáveis.

Portanto, a matriz energética brasileira não tem um planejamento estratégico consistente para a confiabilidade e sustentabilidade. Como exemplo recente podemos citar a inclusão de termoeletricas na desestatização da Eletrobras (Brasil, 2021). Entre 2026 e 2028 a lei prevê a inclusão, em regime de operação inflexível (opera durante todo o ano), de mais de 6 GW, indo de contramão com as ações relativas ao carbono zero. A alardeada renovabilidade da matriz é baseada no uso intensivo de hidrelétricas, com a sua inerente dependência das chuvas. Em períodos de reservatórios baixos acionamos as termoeletricas e a consequente geração de GEE. O uso de energias renováveis pela matriz é de forma complementar, quando deveria ser o foco principal. Precisamos de um planejamento

estratégico que integre as diferentes tecnologias sustentáveis (temos todas as condições ambientais necessárias), com foco em segurança operacional e sustentabilidade. Desta forma não ficaremos dependentes das alterações climáticas e poderemos ofertar o Brasil como locomotiva desse novo mundo verde.

Recomendações para o governo brasileiro aumentar a utilização de fontes renováveis:

- Divulgar campanhas educativas sobre as características, vantagens e desvantagens das fontes renováveis.
- Criar grupo de trabalho interministerial para analisar potencial de utilização das fontes renováveis por setor da economia e propor soluções para mudança de foco no planejamento estratégico da matriz energética brasileira.

Mesmo com essa constatação, o gestor predial pode aderir a transição energética. Pois a oferta atual de energias renováveis para as instalações prediais, somada aos compromissos assumidos em protocolos internacionais e a inevitável necessidade de aumentar a utilização de fontes renováveis: adquiridas no ambiente de contratação livre (ACL) de energia, geração distribuída (geração elétrica realizada junto ou próxima do consumidor independente da potência, tecnologia e fonte de energia) e afins; permite ao gestor público ter segurança para usar fontes sustentáveis nas instalações prediais.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Como foi visto, a matriz energética brasileira é uma potência mundial no quesito renovabilidade, apesar de seus 51,6 % de fontes não renováveis. Os líderes globais têm uma missão árdua para alcançar a emissão zero de carbono líquido em 2050 e assim evitar o aquecimento global. Os planos e projetos por eixo de ação do NZE foram apresentados, além da necessidade imperiosa de cunho ambiental e o provável esgotamento das reservas de combustíveis fósseis. O Brasil tem plenas condições de ser a locomotiva sustentável desta nova era, por possuir as características ambientais para desenvolver praticamente todas as fontes de energia renováveis. Porém, falta um projeto nacional consistente, preocupado com a diversificação e a segurança operacional da matriz elétrica. As hidrelétricas brasileiras representam 63,8 % dessa matriz, com seus problemas ambientais,

consequentes dificuldades de licenciamento e longos prazos de implantação. Modelos de políticas públicas mundiais dos maiores produtores de energias renováveis, consistentes e exitosas, foram apresentados, assim como as lacunas na evolução da estratégia brasileira.

Apesar da baixa confiabilidade atual da matriz energética brasileira, o gestor predial pode ter segurança para implantar a transição energética das instalações prediais. Pois já existe a oferta de energia renováveis para o aceleração da transição. O Brasil tem todas as condições para trilhar o caminho da transição energética, utilizando fontes renováveis que não dependam das chuvas. E assim capturar ganhos ambientais, sociais e econômicos, atendendo o ODS 7 da Agenda 2030, energia limpa e acessível.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, L.; FAGUNDEZ, G. T.; MOSMANN, M. P. Litigância climática como instrumento indutor da descarbonização da matriz energética brasileira. **R. Vid.**, Dourados, MS, v.11, n.22, p. 154-170, jul./dez. 2019.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**, Confiabilidade e manutenibilidade - Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ARCADIS. **Empoderando o carbono zero: metodologia**, 2021. Disponível em: [https://www.arcadis.com/en/knowledge-hub/perspectives/global/2021/energy-transition?gclid=Cj0KCQiA3rKQBhCNARIsACUEW\\_aPuy7TF95pqnjIY\\_ST0sVHD6WjxeG2KD5sNF1wH6Qi7LFH8ZjLxM8aAnrGEALw\\_wcB](https://www.arcadis.com/en/knowledge-hub/perspectives/global/2021/energy-transition?gclid=Cj0KCQiA3rKQBhCNARIsACUEW_aPuy7TF95pqnjIY_ST0sVHD6WjxeG2KD5sNF1wH6Qi7LFH8ZjLxM8aAnrGEALw_wcB). Acesso em: 15 de jan. 2022.

BORGES, F. Q. Análise histórica do setor elétrico brasileiro: uma revisão de literatura. **R. Observat. de las Cienc. Soc. en Iberoamérica**, Pará, PA, v. 2, n. 10, p. 151-167, maio 2021.

BRASIL. Lei nº 14.182 de 12 de julho de 2021. Dispõe sobre a desestatização da empresa Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobras). Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/Lei/L14182.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/Lei/L14182.htm). Acesso em: 15 de abr. 2022.

BRITO, F. B. da C. et al. Participação da geração eólica e fotovoltaica na matriz energética brasileira – 2013 a 2017. **Bolet. do Observat. Ambient. Alberto Ribeiro Lamago**, Campos dos Goytacazes, RJ, v. 13, n. 1, p. 168-184, jan./jun. 2019.

COMISSÃO ECONÔMICA PARA A AMÉRICA LATINA E O CARIBE/CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS (CEPAL/CGEE), “**Panorama dos investimentos em inovação em energia no Brasil: dados para um grande impulso energético**”, Documentos de Projetos (LC/TS.2020/62; LC/BRS/TS.2020/4), Santiago, 2020.

DEBEIR, J. C.; Délage, J. P. & Hémerly, D. . Uma história da energia. 2 ed. **UNB**, Brasília, 1993.

ELGAMAL, G. N. G., DEMAJOROVIC, J. As barreiras e perspectivas para geração de

energia elétrica por painéis solares fotovoltaicos na matriz energética brasileira. **Rev. Gest. Ambient. e Sust.** - GeAS, São Paulo, SP, v. 1, p. 1-28, 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Portal Embrapa Brasília**, DF. Disponível em <https://www.embrapa.br/tema-convivencia-com-a-seca/perguntas-e-respostas#:~:text=Desde%20ent%C3%A3o%2C%20in%C3%BAmeros%20registros%20j%C3%A1,20%20anos%20com%20secas%20intensas>. Acesso em: 22 mar. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Anuário Estatístico de Energia**, 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio\\_2021.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio_2021.pdf). Acesso em: 15 de jan. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **BEN Relatório síntese 2021 (base 2020)**, 2021. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN\\_S%C3%ADntese\\_2021\\_PT.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-588/BEN_S%C3%ADntese_2021_PT.pdf). Acesso em: 15 de jan. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Emissão de Gases de Efeito Estufa em Reservatórios Hidrelétricos (nota técnica EPE/DEA/SMA 012/2022)**, 2022. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-673/NT%20EPE-SMA-DEA\\_012-2022.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-673/NT%20EPE-SMA-DEA_012-2022.pdf). Acesso em: 10 de jul. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **BEN - Séries Históricas e Matrizes (base 2020)**, 2020. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/BEN-Series-Historicas-Compleatas>. Acesso em: 15 de jan. 2022.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **BEN 50 anos**, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/BEN%2050%20anos.pdf>. Acesso em: 15 de jan. 2022.

FAUNA NEWS (FN). **Alagamento e desmatamento: impactos das barragens de rios amazônicos para fins hidrelétricos**, 2022. Disponível em: <https://faunanews.com.br/2022/03/04/alagamento-e-desmatamento-impactos-das-barragens-de-rios-amazonicos-para-fins-hidreletricos/>. Acesso em: 10 de jul. 2022.

FERREIRA, H. G. R. et al. Resíduos sólidos urbanos (rsu): uma análise do setor energético em ascensão com base no impacto ambiental e na qualidade de vida. **Form. (Online)**, v. 27, n. 51, p. 65-83, 2020.

GASPARIN, F. B. et al. A Influência de Políticas Públicas para o Progresso da Geração Solar Fotovoltaica e Diversificação da Matriz Energética Brasileira. Palotina, PR: **UFP**, 2021.

GOMES, A. C. S. et al. BNDES 50 anos: histórias setoriais. Rio de Janeiro, RJ: **Dbá**, 2002. 321-347 p.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Net Zero até 2050: Um roteiro para o sistema energético global**, 2021. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>. Acesso em: 15 de jan. 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Resumo para**

**dirigentes políticos**, 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/spm/>. Acesso em oito de mar. 2022.

INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY (IRENA). **Perspectiva de transições energéticas mundiais: 1,5°C caminho**, 2021. Disponível em: <https://www.irena.org/publications>. Acesso em: 15 de jan. 2022.

JUNIOR, R.A.F.C. A geração distribuída e a redução de carbono na matriz elétrica brasileira. **Rev. Intern. de Ciênc.**, Rio de Janeiro, RJ, v. 11, n. 1, p. 42 - 60, jan.-abr. 2021.

KRELL, A. J.; SOUZA, C. B. C.. A sustentabilidade da matriz energética brasileira: o marco regulatório das energias renováveis e o princípio do desenvolvimento sustentável. **Rev. de Dir. Econ. e Socioamb.**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 157-188, maio/ago. 2020.

LOPES, K.; MARTINS, E. M.; MIRANDA, R. L. de. A potencialidade energética da biomassa no Brasil. **Rev. Desenvol. Socioecon. em Deb.**, Colatina, ES, v.5 n.1, jun. 2019.

MORAIS, L. C. D. Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras. 136 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – **Facul. de Eng. de Bauru/Unesp**, 2015.

NETO, A. J. et al. Evolução e perspectivas do setor eólico no Brasil: análise dos principais estados produtores. **Rev. em Agron. e M. Amb.**, Maringá, PR, v. 13, p. 1409-1432, dez. 2020.

OLIVEIRA, A. P. M. et al. Análise técnica e econômica de fontes de energia renováveis. **The Jour. of Eng. and Exact Scienc. (JCEC)**, São Paulo, SP, v4, n.1. 2018.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 2030**. Objetivos do desenvolvimento Sustentável, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 15 de jan. 2022.

PEREIRA, D. S.; ROMEU, S. N.; R. Diversificação de fontes geradoras da matriz elétrica brasileira: uma revisão sistemática. **M. Amb. (Brasil)**, v.3, n.1, p.02-21. 2021.

PINTO, J. T. M.; AMARAL, K. J.; JANISSEK, P. R.. Implantação de fotovoltaica no Brasil: Cenários, perspectivas e políticas para habitação de baixa renda. **Sol. Ener.**, v. 133, p. 73–84. 2016.

RODRIGUES, A. C. et al. O crescimento da geração distribuída fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Rev. Mythos**, Cataguases, Minas Gerais, 2020.

SILVA, Alexandre da et al. Energia fotovoltaica no Brasil: uma revisão de literatura. **PI – Pesq. e Inov.**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 100-115, jan./jun. 2019.

SILVA, M. V. M. da. A dinâmica excludente do sistema elétrico paraense. 2005. Tese (Doutorado em Interunidades em Energia) **EP/FEA/IEE/IF-USP**, São Paulo, 2005.

TEIXEIRA, W. DE P. Energia solar fotovoltaica: uma revisão sistemática sob a perspectiva da sustentabilidade. **Rev. Cient. Sem. Acad.**, Fortaleza, CE, n. 180, 2019.

## **SOBRE OS AUTORES:**

**AUTOR 1:** Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local do Centro Universitário Augusto Motta (Unisuam), engenheiro mecânico, gerente de manutenção predial e eficiência energética da Empresa de Tecnologia e Informações da Previdência Social (Dataprev). [dalilmady@souunisuam.com.br](mailto:dalilmady@souunisuam.com.br), E-mail: [dalilm@hotmail.com](mailto:dalilm@hotmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-9447-9512>.

**AUTOR 2:** Mestre em Engenharia Mecânica e Doutor em Ciência dos Materiais. Bolsista de Produtividade PQ-2 do CNPq e Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Local do Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM). Engenheiro Metalúrgico, experiência nas áreas de engenharia e desenvolvimento sustentável. E-mail: [lucionascimento@souunisuam.com.br](mailto:lucionascimento@souunisuam.com.br). <https://orcid.org/0000-0003-3484-145X>.