



**Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP**

**Escola de Minas - EM**

**Departamento de Engenharia de Produção,  
Administração e Economia - DEPRO**



## **Um Estudo Comparado entre as Matrizes Elétricas do Brasil e da França nos Últimos 10 anos**

Luciana Aparecida Dutra de Souza

Ouro Preto – MG

Junho/2022

**Luciana Aparecida Dutra de Souza**

**Um Estudo Comparado entre as Matrizes Elétricas do Brasil e da  
França nos Últimos 10 anos**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos necessários para a obtenção de Grau de Engenheiro de Produção.

**Orientador: Prof. Dr. Gustavo Nikolaus Pinto de Moura**

Ouro Preto – MG

Junho/2022



## FOLHA DE APROVAÇÃO

Luciana Aparecida Dutra de Souza

Um Estudo Comparado entre as Matrizes Elétricas do Brasil e da França nos Últimos 10 Anos

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Produção

Aprovada em 1 de junho de 2022

### Membros da banca

D.Sc. - Gustavo Nikolaus Pinto de Moura- Orientador Universidade Federal de Ouro Preto  
D.Sc. - Bruna de Fátima Pedrosa Guedes Flausino - Universidade Federal de Ouro Preto  
M.Sc. - Fidellis Bitencourt Gonzaga Louzada e Estanislau - Universidade Federal de Ouro Preto

Gustavo Nikolaus Pinto de Moura, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 01/06/2022



Documento assinado eletronicamente por **Fidellis Bitencourt Gonzaga Louzada e Estanislau, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/06/2022, às 15:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruna de Fatima Pedrosa Guedes Flausino, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/06/2022, às 15:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Nikolaus Pinto de Moura, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/06/2022, às 15:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0336494** e o código CRC **EF4450E7**.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, acima de tudo, pela minha vida e por sua infinita proteção.

À minha família e amigos que mesmo distantes se fazem presentes com suas palavras, orações e pensamentos; em especial a minha mãe Salete, por sempre acreditar nos meus sonhos, me incentivando e apoiando em todos os momentos.

Ao meu marido Etienne, por sempre me incentivar, oferecendo apoio, companheirismo e paciência, especialmente durante a realização deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gustavo Nikolaus Pinto de Moura, obrigada por aceitar esse desafio, me acompanhando e orientando com paciência, disponibilidade e confiança.

A todos os meus professores da Universidade Federal de Ouro Preto, que contribuíram para minha formação como profissional e pessoal.

Por fim, a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram, incentivaram e apoiaram na minha trajetória até aqui, o meu muito obrigada!

## RESUMO

A energia elétrica é um serviço imprescindível para o desenvolvimento da sociedade e um importante indicador da atividade econômica dos países. O consumo de eletricidade está diretamente ligado à qualidade de vida da população, uma vez que reflete a utilização de bens e serviços essenciais à sociedade. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo fazer uma análise comparativa entre as matrizes elétricas do Brasil e da França no período compreendido entre 2010 e 2020. A metodologia utilizada para a realização do trabalho estruturou-se em uma revisão bibliográfica acerca da temática matriz elétrica, abordando, a partir de uma análise descritiva, temas como: capacidade instalada e geração da matriz elétrica do Brasil e da França, impactos ambientais e sociais em ambos os países da pesquisa, bem como os principais desafios políticos enfrentados. Sendo assim, observou-se que a matriz brasileira é predominantemente renovável, visto que grande parte da energia elétrica gerada no país é proveniente de usinas hidrelétricas, apresentando ainda um crescimento relevante das fontes eólica e solar nos últimos anos. A França, por sua vez, possui a maior parcela da sua matriz elétrica composta por reatores nucleares, e assim como o Brasil, também apresentou um crescimento de fontes renováveis, em especial a eólica. Por fim, uma análise comparativa sobre as políticas energéticas de ambos os países mostra que estes enfrentam desafios distintos na busca de uma transição energética de baixo carbono.

**Palavras-chave:** Matriz elétrica, Brasil, França, fontes renováveis, geração de energia, transição energética

## ABSTRACT

Electricity is an essential service for the society's development and an important indicator of the economic activity of countries. Electricity consumption is directly linked to the population's quality of life, as it reflects the use of goods and services essential to society. In this context, this work aims to make a comparative analysis between the electrical matrices of Brazil and France from 2010 to 2020. The methodology used to carry out the work is founded on a bibliographic review about the electrical matrix theme, approaching, from a descriptive analysis, topics such as: installed capacity and generation of the electricity matrices in Brazil and France, environmental and social impacts in both countries, as well as the main faced political challenges. Thus, it was observed that the Brazilian matrix is predominantly renewable, since much of the electricity generated in the country comes from hydroelectric plants, with a significant growth in wind and solar sources in recent years. France, on its side, has the largest share of its electrical matrix composed of nuclear energy, and, like Brazil, is presenting a growth in renewable sources, especially wind power. Finally, a comparative analysis of the energy policies of both countries shows that they face different challenges in the search for a low carbon energy transition.

**Key-words:** Electrical matrix, Brazil, France, Renewable sources, power generation, energy transition

## **LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

Figura 1: Algumas das Grandes Centrais Hidrelétricas do Brasil em 2021 .....	25
Figura 2: Distribuição das Centrais Nucleares na França em 2021 .....	35

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados da matriz elétrica brasileira em 2010 .....	21
Tabela 2: Dados da matriz elétrica brasileira em 2020 .....	21
Tabela 3: Principais usinas hidrelétricas do Brasil.....	24
Tabela 4: Dados da matriz elétrica francesa em 2010.....	32
Tabela 5: Dados da matriz elétrica francesa em 2020.....	33
Tabela 6: Número de Reatores na França por Potência Instalada .....	35



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Participação de Renováveis na Matriz Elétrica Brasileira em 2020 .....	19
Gráfico 2: Matriz Elétrica Brasileira - 2020 .....	20
Gráfico 3: Evolução da geração da matriz elétrica brasileira (2010-2020).....	21
Gráfico 4: Consumo de eletricidade no Brasil (2010-2020).....	23
Gráfico 5: Evolução da Capacidade Instalada da fonte eólica no Brasil (2010-2020)....	27
Gráfico 6: Evolução da Capacidade Instalada da fonte solar no Brasil (2010-2020)....	28
Gráfico 7: Geração nuclear na França e no mundo em 2020 .....	31
Gráfico 8: Matriz Elétrica Francesa – 2020.....	32
Gráfico 9: Evolução da geração da matriz elétrica francesa (2010-2020) .....	33
Gráfico 10: Consumo de eletricidade na França (2010-2020) .....	34
Gráfico 11: Evolução da produção hidráulica na França .....	36
Gráfico 12: Evolução da Capacidade Instalada da fonte eólica na França (2010-2020).	38
Gráfico 13: Evolução da Capacidade Instalada da fonte solar na França (2010-2020) ..	38

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica  
ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica  
ABEN – Associação Brasileira de Energia Nuclear  
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
CCEE – Câmara de Comercialização de Energia Elétrica  
CGHs – Centrais Geradoras Hidrelétricas  
CMSE – Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico  
COVID-19 - Coronavírus  
CPFL – Companhia Paulista de Força e Luz  
DEPRO – Departamento de Engenharia de Produção  
EDF – *Électricité de France*  
EPE – Empresa de Pesquisa Energética  
IEA – *Energy International Administration*  
iNDC – *Intended Nationally Determined Contributions*  
LPEC – Lei de Programação de Energia e Clima  
LTEVC – Lei de Transição Energética para o Crescimento Verde  
MME – Ministério de Minas e Energia  
NDC - *Nationally Determined Contributions*  
ONS – Operador Nacional do Sistema  
PCHs – Pequenas Centrais Hidrelétricas  
PDE – Plano Decenal de Expansão de Energia  
PNE – Plano Nacional de Energia  
PNMC – Política Nacional sobre Mudança do Clima  
PPE – Programa Plurianual de Energia  
PPI – Programas Plurianuais de Investimentos  
PWR – *Pressurized Water Reactor*  
RTE – *Réseau de Transport d'Electricité*  
SCIELO - *Scientific Electronic Library Online*  
SIN – Sistema Integrado Nacional  
SNBC - *Stratégie Nationale Bas-Carbone*  
UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto

UHEs – Usinas Hidrelétricas

UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Considerações Iniciais .....	14
2. OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral .....	17
2.2 Objetivos Específicos .....	17
3. METODOLOGIA.....	18
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
4.1 Matriz Elétrica do Brasil .....	19
4.1.1 A geração hidrelétrica no Brasil .....	23
4.1.2 Análise da geração termelétrica.....	25
4.1.3 Análise da geração nuclear .....	26
4.1.4 Análise da geração eólica e solar.....	27
4.2 Principais Desafios Relacionados à Geração Hidrelétrica no Brasil.....	28
4.3 Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro.....	29
4.4 Matriz Elétrica da França .....	31
4.4.1 A produção de energia nuclear na França .....	34
4.4.2 Análise da geração hidráulica.....	36
4.4.3 Análise da geração térmica.....	36
4.4.4 Análise das fontes eólica e solar.....	37
4.5 Principais Desafios Enfrentados pela Fonte Nuclear .....	39
4.6 Estrutura do Setor Elétrico Francês .....	41
5. POLÍTICAS ENERGÉTICAS DO BRASIL E DA FRANÇA.....	42
5.1 Protocolo de Kyoto.....	43
5.2 Acordo de Paris .....	44
5.2.1 Compromissos do Brasil com a Transição Energética .....	44
5.2.2 Compromissos da França com a Transição Energética.....	45
5.3 Política Energética Brasileira para Transição de Baixo Carbono.....	46
5.4 Política Energética Francesa para Transição de Baixo Carbono.....	48
5.5 Análise Comparativa das Políticas Energéticas do Brasil e da França.....	51
6. CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS .....	58

## 1. INTRODUÇÃO

Este capítulo introduz um estudo comparativo entre as Matrizes Elétricas do Brasil e da França nos últimos dez anos.

### 1.1 Considerações Iniciais

A energia elétrica é um serviço imprescindível para o desenvolvimento da sociedade e um importante indicador da atividade econômica dos países. O consumo de eletricidade está diretamente ligado à qualidade de vida da população, uma vez que reflete a utilização de bens e serviços essenciais à sociedade (FERREIRA, 2017).

Segundo dados da Agência Internacional de Energia – IEA (2021), o Brasil e a França são considerados grandes consumidores de energia elétrica. De acordo com o *ranking* apresentado pelo IEA (2021), o Brasil é o 7º maior consumidor de energia elétrica do mundo e a França ocupa a 10ª posição. No entanto, ao analisarmos o consumo de energia elétrica *per capita*, é possível observar que um habitante da França consome aproximadamente 3 vezes mais (6,644 tep/ano) que um habitante do Brasil (2,405 tep/ano) (IEA, 2021). Isso se explica principalmente pelas diferenças climáticas entre França e Brasil, e por questões relacionadas ao desenvolvimento econômico dos países.

Dados apresentados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021) em relação à geração de energia elétrica por fonte, verifica-se que a matriz elétrica mundial é composta por aproximadamente 65% de combustíveis fósseis, seguido de 16% de hidrelétricas, 10% de nuclear e, os 9% restantes de novas fontes renováveis. O Brasil e a França se destacam nesse cenário de formas distintas.

No Brasil, aproximadamente 63,8% da energia elétrica é proveniente de fonte hidráulica, 19,6% de outras fontes renováveis como eólica, solar e biomassa, 14% de fontes fósseis e apenas 2,2 % é de origem nuclear. Neste cenário, as fontes renováveis somam mais de 80% do total, o que coloca o país como detentor de uma das matrizes elétricas mais limpas do mundo (EPE, 2021).

Outras fontes que vêm crescendo de forma relevante nos últimos anos são a eólica e a solar, contribuindo em grande parte para o índice de renovação da matriz, além de contribuir para a diversificação das fontes empregadas. Pode-se considerar que este é um fator favorável para o Brasil, pois além de possuir menores custos de operação e manutenção, as usinas que geram energia a partir de fontes renováveis, geralmente, emitem menos gases do efeito estufa (EPE, 2021). Todavia, levando em consideração que mais de 60 % da energia elétrica produzida no país vem das hidrelétricas, o crescimento

de outras fontes renováveis é importante e necessário, visto que tal fonte de energia gera grandes impactos socioambientais.

Na França, aproximadamente 67% da sua energia elétrica vem de fonte nuclear, 13% de hidráulica, 7% de combustíveis fósseis e 13% de novas fontes renováveis (RTE, 2021). Ao se analisar a atual matriz elétrica, observa-se o quanto a França é dependente da energia nuclear: o país possui 56 reatores nucleares no total e, em 2020, era o segundo maior produtor, atrás apenas dos Estados Unidos. Embora esta seja uma fonte de baixo carbono, o país tem a intenção de diminuir a utilização nuclear, investindo em novas fontes renováveis para os próximos anos (STAPPEL e SCHOLZ, 2015).

Nessa direção, Stappel e Scholz (2015) revelam que há uma forte intenção da França em conceber uma matriz elétrica até o ano de 2030 composta de pelo menos 30% advinda de fontes renováveis, isso, segundo a pesquisa, seria definido como a nova matriz, chave para atingir as metas estabelecidas pelo projeto de transição energética francês.

Tal singularidade de ambos os países, no que tange suas matrizes elétricas, são resultados de decisões geopolíticas - dentre as quais, uma grande extensão de bacias hidráulicas pertencentes ao território brasileiro e um anseio político de buscar uma independência energética para a França.

De acordo com a CPFL (2018), a França se viu obrigada a realizar mudanças em sua matriz elétrica após o choque do petróleo, de modo que era necessário se tornar independente dos países vizinhos, contudo, o acidente nuclear de Fukushima colocou em questão os paradigmas energéticos franceses, sendo necessário uma reformulação da política nacional (CPFL, 2018).

Vários desafios socioambientais têm levado esses dois países a buscarem novos meios para adaptar suas políticas energéticas. Em relação ao Brasil, o maior desafio é apoiar o desenvolvimento econômico do país, sustentando a demanda crescente de energia elétrica tanto pelas indústrias quanto pelo setor residencial, que são os maiores consumidores (RODRIGUES, 2019).

Por sua vez, a França viu-se diante do desafio de responder às inquietudes da população em relação ao impacto ambiental da sua política energética, tanto em termos da diminuição das emissões de carbono na atmosfera, quanto pelos riscos ligados à produção de energia nuclear (SILVA, 2007).

Neste sentido, a relevância desta pesquisa encontra-se no estudo comparativo entre as matrizes elétricas brasileira e a francesa, no período de 2010 a 2020, que inclui a discussão dos pontos característicos de ambas as matrizes, a análise das políticas energéticas dos dois países e as perspectivas futuras sobre a temática da produção e consumo de energia elétrica.

## **2. OBJETIVOS**

Os objetivos que regem esta pesquisa são:

### **2.1 Objetivo Geral**

Realizar uma análise comparativa entre as matrizes elétricas do Brasil e da França no período compreendido entre 2010 e 2020.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Descrever a composição da matriz elétrica do Brasil e da França;
- Identificar a capacidade instalada da matriz elétrica do Brasil e da França;
- Identificar a geração de energia elétrica no Brasil e na França;
- Identificar os principais impactos sociais e ambientais gerados pelas principais fontes de energia dos dois países;
- Identificar os principais desafios políticos associados ao setor energético de cada um dos países;
- Identificar e comparar as políticas energéticas do Brasil e da França para a transição energética de baixo carbono.



### 3. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a realização do trabalho estruturou-se em uma revisão bibliográfica acerca da temática matriz elétrica, abordando, a partir de uma análise descritiva, temas como: capacidade instalada e geração da matriz elétrica do Brasil e da França, impactos ambientais e sociais em ambos os países da pesquisa, bem como os principais desafios políticos enfrentados. Ademais, buscou-se explorar o estudo da matriz elétrica do Brasil e da França, priorizando o uso de literaturas recentes e atualizadas.

Para a realização da pesquisa utilizou-se como referencial teórico: dissertações de mestrado, artigos científicos publicados em revistas nacionais e internacionais, relatórios nacionais e internacionais, sites oficiais do governo, e as seguintes bases de dados: Scielo e *ScienceDirect*.

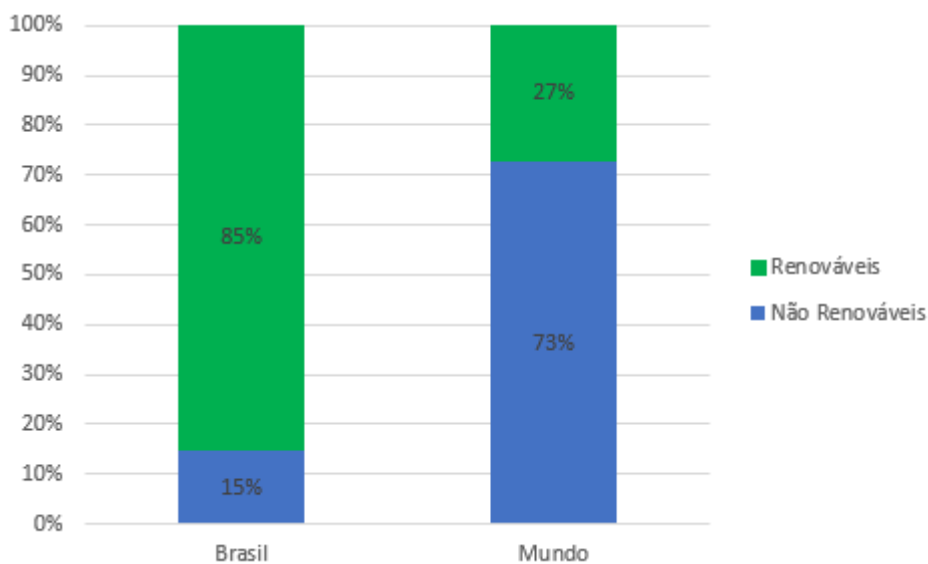
Para realização das buscas nas bases de dados, foram utilizadas as seguintes palavras-chave: Matriz elétrica, Brasil, França, capacidade, impactos, geração de energia, desafios políticos, políticas energéticas. Tais palavras foram combinadas para fins de pesquisa, como “Matriz elétrica Brasil”, “Matriz elétrica França”, “capacidade matriz elétrica Brasil”, “geração de energia matriz elétrica França”. As buscas foram realizadas dentro dos idiomas português, inglês e francês. Como critério de seleção para os resultados encontrados, foram primeiramente excluídos os textos sem relevância em seus títulos. Em seguida, analisou-se os resumos, quando se tratava de trabalhos acadêmicos ou artigos científicos, e as introduções ou prefácios, quando se tratava de relatórios nacionais ou internacionais, excluindo os que não estavam relacionados à temática de matriz elétrica do Brasil ou da França. Após as primeiras triagens, os textos foram estudados na íntegra, avaliando o nível de relevância para a pesquisa em questão.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Matriz Elétrica do Brasil

A matriz elétrica brasileira é consideravelmente diferente se comparada com a mundial. Em 2020, o Brasil apresentou uma das matrizes elétricas mais renováveis do mundo, com mais de 80% da geração de eletricidade de fontes renováveis, principalmente hidrelétricas, enquanto no mundo esse percentual representou apenas 27% (EPE, 2021). O Gráfico 1 apresenta um comparativo das fontes renováveis e não renováveis no Brasil e nos demais países em 2020.

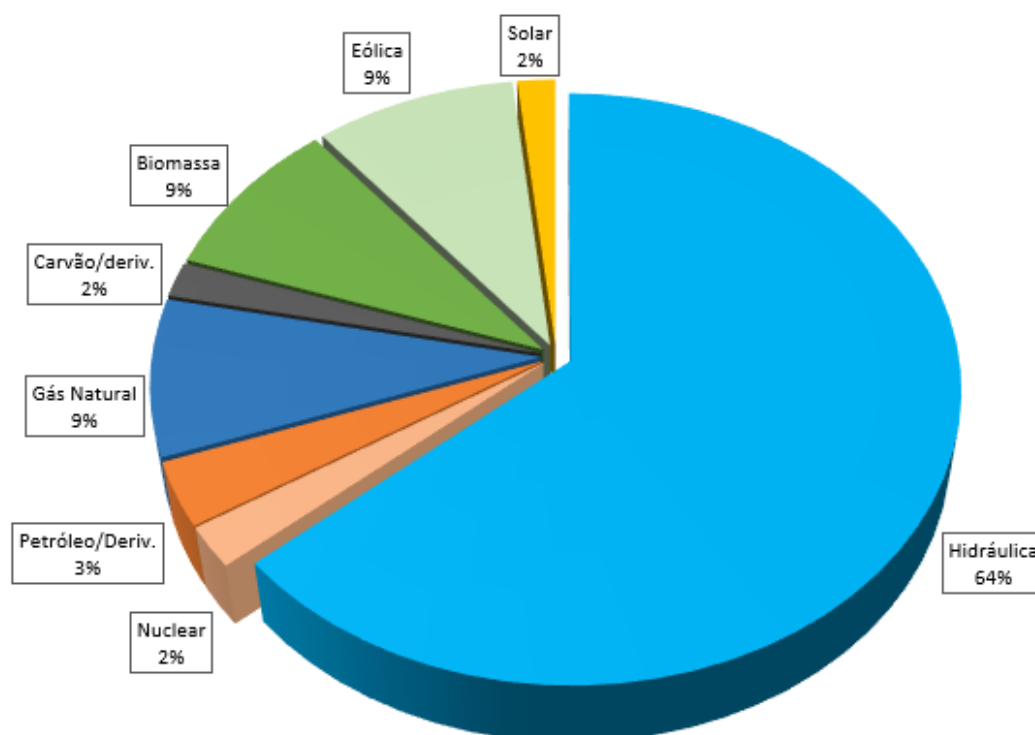
Gráfico 1: Participação de Renováveis na Matriz Elétrica Brasileira em 2020



Fonte: Adaptado de EPE (2021)

De acordo com o Gráfico 1, é possível observar que o Brasil tem em sua matriz elétrica muito mais fontes renováveis. A maior parte, 63,8%, é proveniente de fontes hídricas, visto que o país possui um território privilegiado em bacias hidrográficas, estando a maior parte localizadas na região amazônica. Na sequência, aparecem as fontes biomassa 9,1%, eólica 8,8% e solar 1,7%. A parcela restante da matriz é composta por fontes não renováveis que juntas somam 15,3% do total, sendo elas gás natural 8,3%, carvão e derivados 2,7%, nuclear 2,2% e derivados de petróleo 2,1% (EPE, 2021). O Gráfico 2 apresenta os valores percentuais de cada fonte que compõe a matriz elétrica brasileira.

Gráfico 2: Matriz Elétrica Brasileira - 2020



Fonte: Adaptado de EPE (2021)

De acordo com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2021), a matriz elétrica brasileira está passando por mudanças, caracterizadas principalmente pela redução da participação das usinas hidrelétricas. Durante muito tempo, o aspecto renovável da matriz brasileira esteve ligado às fontes hidráulicas, contudo, de 2010 a 2020, a participação percentual desta fonte foi diminuindo, principalmente devido a restrições ambientais ligadas a grandes projetos hidrelétricos e, também, ao consequente esgotamento dos recursos de geração (ANEEL, 2021).

Mesmo com a redução da participação das usinas hidrelétricas, o Brasil está mantendo o foco no aumento da participação de fontes renováveis na matriz elétrica (ANEEL, 2021). A geração de energia por recursos renováveis, atualmente, é sustentada pelo crescimento de fontes como a eólica e solar que juntas somam mais de 10%, tanto em termos de capacidade instalada quanto em energia gerada (EPE, 2021). As Tabelas 1 e 2 mostram a evolução da matriz elétrica brasileira em capacidade instalada e geração no período de 2010 a 2020. Além disso, o Gráfico 3 ilustra a evolução da geração da matriz elétrica brasileira no período analisado.

Tabela 1: Dados da matriz elétrica brasileira em 2010

BRASIL 2010				
Fonte	Capacidade Instalada (MW)	%	Geração (GWh)	%
Hidráulica	80.703	71%	403.251	79%
Térmicas	29.689	26%	89.272	18%
Eólica	927	1%	2.177	0%
Nuclear	2.007	2%	14.523	3%
Solar	0	0%	0	0%
Total	113.327	100%	509.223	100%

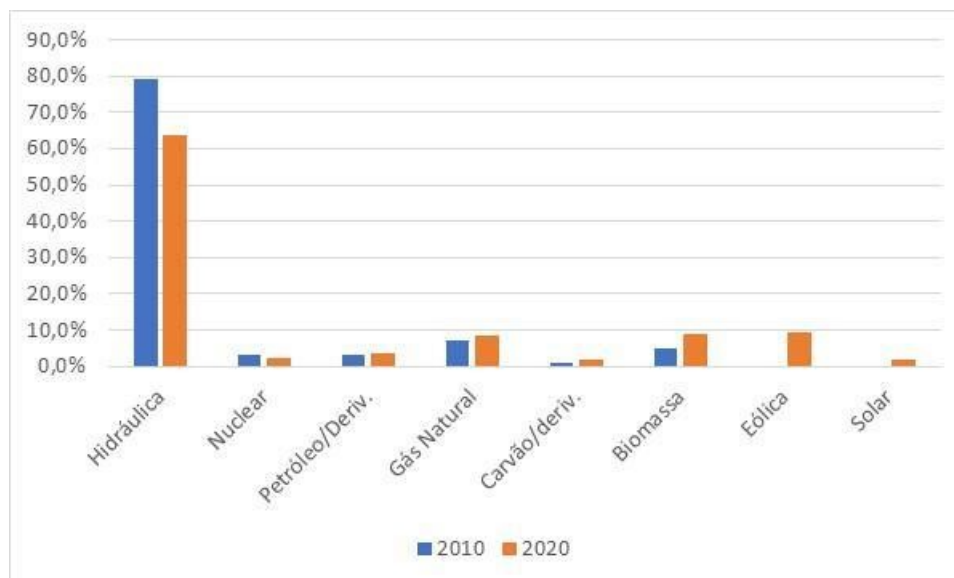
Fonte: Adaptado de EPE (2021)

Tabela 2: Dados da matriz elétrica brasileira em 2020

BRASIL 2020					
Fonte	Capacidade (MW)	%	Geração (GWh)	%	Delta Geração 2010-2020
Hidráulica	109.272	62,5%	396.381	63,8%	-2%
Térmicas	43.058	24,6%	143.017	23,0%	60%
Eólica	17.131	9,8%	57.051	9,2%	2521%
Nuclear	1.990	1,1%	14.053	2,3%	-3%
Solar	3.287	1,9%	10.717	1,7%	-
Total	174.738	100%	621.219	100%	22%

Fonte: Adaptado de EPE (2021)

Gráfico 3: Evolução da geração da matriz elétrica brasileira (2010-2020)



Fonte: Adaptado de EPE (2021)

De acordo com as Tabelas 1 e 2 e com o Gráfico 3, é possível observar a diminuição da participação de fontes hidráulicas para geração de energia elétrica com o passar dos anos. Em 2010, a participação de fontes hidráulicas era de aproximadamente 403.251 GWh e, em 2020, passou para 396.381 GWh.

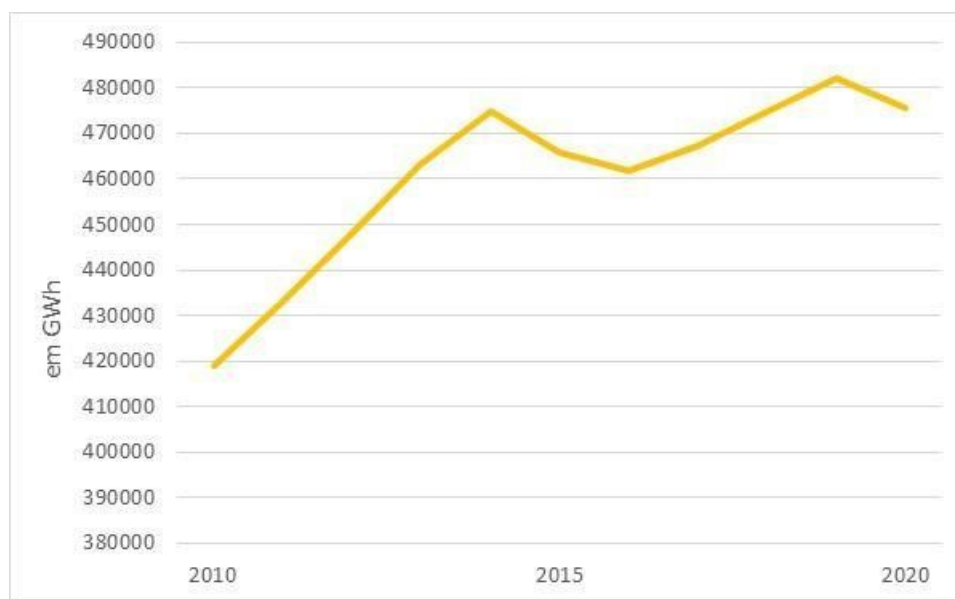
É notório que houve um grande aumento na utilização de energia solar. Em 2010, não havia participação da fonte solar na matriz elétrica brasileira e, em 2020, a produção já representava 10.717 GWh. Nota-se também elevação do suporte originado de fontes eólicas que, em 2020, contabilizou aproximadamente 57.051 GWh, apresentando um crescimento de 2,521% em relação ao ano de 2010, quando se alcançou 2.177 GWh. A fonte solar e a eólica foram as que mais cresceram no período analisado. Inclusive, o período considerado para a análise é interessante pois mostra, tanto para a eólica quanto para a solar, a rápida evolução de ambas as fontes, que muito foram incentivadas por leilões exclusivos para tais fontes energéticas, sendo o da eólica iniciando-se em 2009 e o da solar fotovoltaica em 2014.

A biomassa, fonte de energia renovável utilizada como combustível nas termelétricas e sistemas de cogeração para geração de eletricidade, apresentou um bom crescimento também, saindo de 5% em 2010 para 9% em 2020 (EPE, 2021).

A geração de eletricidade cresceu 22% no período analisado, fechando o ano de 2020 com total de 621.219 GWh. Esse crescimento seguiu duas tendências distintas, como pode ser visto no Gráfico 4, aproximadamente 16% foi de 2010 a 2014, visto que a população aumentou, em média, 0,9% ao ano, além do crescimento no consumo per capita médio de 2,5% ao ano no mesmo período (EPE, 2015). Entre 2015 e 2020, o crescimento da demanda de energia elétrica foi mais modesto, devido principalmente à lenta recuperação da economia brasileira da recessão de 2014-2016.

No que diz respeito ao consumo de energia elétrica no Brasil, em 2020 totalizou 475.600 GWh, representando um avanço em relação a 2010, que fechou com aproximadamente 419.000 GWh. O Gráfico 4 mostra a evolução no consumo de eletricidade de 2010 a 2020.

Gráfico 4: Consumo de eletricidade no Brasil (2010-2020)



Fonte: Adaptado de EPE (2021)

Como pode-se observar no Gráfico 4, houve um aumento no consumo de eletricidade no Brasil entre 2010 e 2020. Todavia, entre os anos de 2019 e 2020, houve uma queda de 1,6%. A diminuição no consumo nacional de eletricidade pode ser explicada pelos agravos sanitários e econômicos que surgiram devido à COVID-19. As políticas de fechamento do comércio e a diminuição do setor industrial podem estar relacionadas com essa menor taxa de consumo de energia elétrica (EPE, 2021).

#### 4.1.1 A geração hidrelétrica no Brasil

Desde sempre, a energia hidráulica tem sido a principal fonte de geração da matriz elétrica brasileira, isso se deve ao fato da competitividade econômica dessa fonte e, também, da abundância de recursos hídricos presentes no território brasileiro (TOLMASQUIM, 2016).

O Brasil possui um potencial hidrelétrico estimado em 172 GW, sendo mais de 60% já utilizado. Do total de recursos ainda disponíveis para aproveitamento, cerca de 70% encontram-se localizados na região Norte, principalmente nas bacias hidrográficas Amazônica e Tocantins-Araguaia (EPE, 2022). Tal fator é favorável para o país, visto que as principais bacias como as do Paraná e São Francisco já estão com seu potencial praticamente esgotado.

Neste contexto, Souza *et al.*, 2017 relatam que:

*No Brasil, há condições favoráveis para o desenvolvimento e a consolidação da hidroeletricidade na engenharia nacional, principalmente porque o país dispõe do maior potencial hídrico do mundo, o que contribui para a inserção dessa fonte renovável na matriz energética brasileira. Devido à escassez de grandes rios na região Centro-Sul do Brasil, a exploração de rios na região Norte ganhou importância estratégica para a expansão energética do país. (SOUZA et al., 2017, p.155)*

De acordo com a ANEEL (2021), em 2020, o parque hidrelétrico brasileiro era composto por 219 Usinas Hidrelétricas (UHEs), cerca de 739 Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGHs) e 425 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), responsáveis por 109,3 GW de capacidade instalada em operação. Em 2020 produziram em conjunto 396.381 GWh de energia elétrica para atender o mercado (EPE, 2021). A Tabela 3 e a Figura 1 apresentam as principais usinas hidrelétricas do Brasil, onde estão localizadas e suas capacidades.

Tabela 3: Principais usinas hidrelétricas do Brasil

<b>USINA</b>	<b>ESTADO</b>	<b>RIO</b>	<b>CAPACIDADE (MW)</b>
<b>Itaipu (binacional)</b>	Paraná	Paraná	14.000
<b>Belo Monte</b>	Pará	Xingu	11.233
<b>Tucuruí</b>	Pará	Tocantins	8.370
<b>Jirau</b>	Rondônia	Madeira	3.750
<b>Santo Antônio</b>	Rondônia	Madeira	3.568
<b>Ilha Solteira</b>	Mato Grosso do Sul/São Paulo	Paraná	3.444
<b>Xingó</b>	Alagoas/Sergipe	São Francisco	3.162
<b>Paulo Afonso IV</b>	Bahia	São Francisco	2.462

Fonte: Adaptado de ANEEL (2015 e 2021)

Figura 1: Algumas das Grandes Centrais Hidrelétricas do Brasil em 2021



Fonte: Adaptado de ANNEL (2021)

De acordo com a Tabela 3, é possível observar que, dos empreendimentos hidrelétricos com maior potência instalada do país, quatro estão localizados na região Amazônica, entre eles a usina de Belo Monte, instalada no rio Xingu, no Pará, com capacidade de geração de 11.233 MW, sendo a maior hidrelétrica totalmente brasileira (FERREIRA, 2017).

Já a usina de Itaipu (Binacional), maior em capacidade instalada, com 14.000 MW de potência, está localizada no município de Foz do Iguaçu, fronteira com o Paraguai, na bacia do rio Paraná, sendo responsável pelo fornecimento de 8,4% da energia consumida no Brasil (ITAIPU, 2022).

#### 4.1.2 Análise da geração termelétrica

No Brasil, as termelétricas ocupam a segunda posição em termos de geração de eletricidade com aproximadamente 43.058 MW de capacidade instalada, partilhada entre usinas operadas a combustíveis fósseis e biomassa. A capacidade instalada de origem fóssil corresponde a aproximadamente 28.047 MW (65%) do total, distribuídos em usinas que operam a gás natural, derivados de petróleo, carvão mineral e outras origens fósseis.



Em relação às térmicas a biomassa, a capacidade instalada é de aproximadamente 15.011 MW, com predominância de usinas que utilizam o bagaço de cana como combustível (ANEEL, 2021). Em 2020, as termelétricas a combustíveis fósseis foram responsáveis pela geração de 87.400 GWh de energia elétrica, sendo a maior parte proveniente de usinas a gás natural. Quanto às termelétricas a biomassa, a geração foi de 55.613 GWh (EPE, 2021).

Segundo Tolmasquim (2016), no Brasil, as usinas termelétricas são essenciais para a produção de eletricidade, visto que desempenham o papel de complementação da geração hidrelétrica nos períodos de seca, além de oferecerem flexibilidade operativa ao Sistema Interligado Nacional (SIN).

Ainda sobre a função das termelétricas na complementação de energia, Tolmasquim (2016) revela que, térmicas a gás natural, em razão de características técnicas e econômicas, têm sido relacionadas à expansão de fontes renováveis que não podem ser armazenadas, como, por exemplo, eólica e solar, sendo capazes de substituí-las nos períodos de insuficiência ou falta dos ventos e do sol.

#### **4.1.3 Análise da geração nuclear**

O parque nuclear brasileiro possui capacidade instalada total de 1.990 MW, distribuídos entre as usinas Angra 1, com 646 MW, e Angra 2, com 1.352 MW, localizadas no Estado do Rio de Janeiro (ELETROBRAS ELETRONUCLEAR, 2022). Em termos de geração de eletricidade, em 2020, as duas usinas totalizaram 14.053 GWh, que correspondem a 2,3% de toda a energia elétrica produzida no país naquele ano (EPE, 2021).

De acordo com o Presidente da Associação Brasileira de Energia Nuclear – ABEN, Rogério Arcuri Filho, a participação da energia nuclear na matriz elétrica brasileira, além de oferecer segurança energética ao setor, também contribui para a diminuição das emissões CO<sub>2</sub> e na redução de custos da geração térmica (FILHO, 2022).

Em relação ao crescimento da participação da fonte nuclear na matriz de energia, estudos indicam que o Brasil possui ainda uma boa reserva de urânio capaz de abastecer um parque termonuclear composto por aproximadamente 12 usinas, sendo assim importante para garantir a segurança no fornecimento de energia elétrica do país (FILHO, 2022).

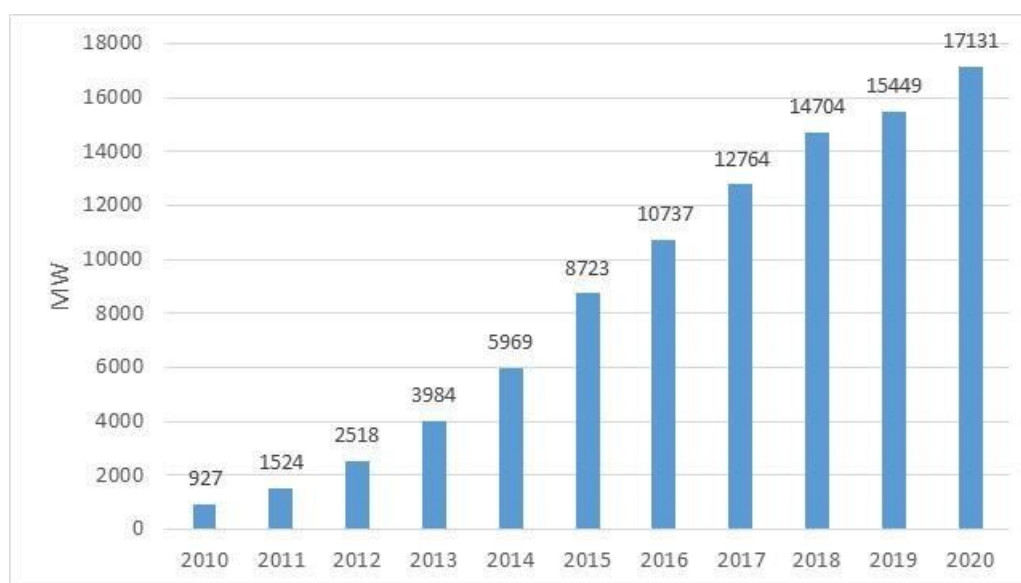
#### 4.1.4 Análise da geração eólica e solar

Devido à grande preocupação mundial com as mudanças climáticas, as fontes renováveis de energia têm ganhado cada vez mais espaço (IEA, 2021). No Brasil, observa-se um aumento significativo das fontes eólica e solar na matriz elétrica, principalmente por serem apontadas como soluções energéticas sustentáveis para o desenvolvimento econômico do país.

De acordo com dados do Boletim Anual de Geração Eólica de 2020 – (ABEEólica, 2021), o parque eólico brasileiro cresceu muito nos últimos anos. Em 2020, a capacidade instalada para geração expandiu 14,89% em relação a 2019, fechando o ano com a marca de 17.131 MW de potência instalada, atingindo uma participação de 10,1% da matriz elétrica nacional (ABEEólica, 2021).

Em termos de geração, as usinas eólicas alcançaram 57.051 GWh ao longo do ano, sendo o Nordeste a região de maior destaque, já que responde por cerca de 85% da capacidade instalada do país (ABEEólica, 2021). O Gráfico 5 mostra a evolução da capacidade instalada do parque eólico no Brasil entre 2010 e 2020.

Gráfico 5: Evolução da Capacidade Instalada da fonte eólica no Brasil (2010-2020)

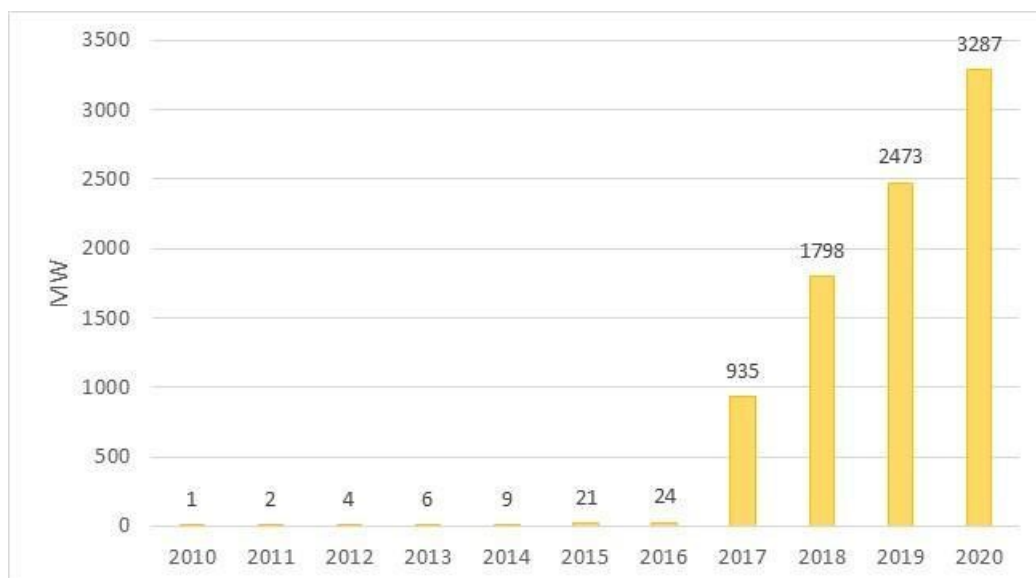


Fonte: Adaptado de ABEEólica (2021)

De acordo com dados do Ministério de Minas e Energia (2021), o Brasil possui mais de 10 mil aerogeradores, distribuídos em mais de 750 parques eólicos, o que coloca o país na sétima posição no ranking mundial de geração eólica. Em relação a geração de energia solar no Brasil, em 2020, a capacidade instalada foi de 3.287 MW, representando

1,9% da matriz elétrica. Em termos de produção de eletricidade, foi verificado um aumento de 61,1% da geração fotovoltaica em relação ao ano de 2019, saltando de 6.651 GWh para 10.717 GWh em 2020 (EPE, 2021). O Gráfico 6 apresenta a evolução da fonte solar fotovoltaica no Brasil entre 2010 e 2020, apenas para geração centralizada.

Gráfico 6: Evolução da Capacidade Instalada da fonte solar no Brasil (2010-2020)



Fonte: Adaptado de ABSOLAR (2020); EPE (2021)

Como pode ser observado no Gráfico 6, no período analisado, a fonte solar apresentou um crescimento considerável e tudo indica que essa fonte de energia alcançará ainda mais espaço na matriz brasileira, pois além de possuir um dos maiores índices de irradiação solar do mundo, o Brasil tem investido em políticas e projetos de combate ao aquecimento global.

#### 4.2 Principais Desafios Relacionados à Geração Hidrelétrica no Brasil

O Brasil é considerado um país privilegiado em recursos hídricos, que podem ser aproveitados como fontes geradoras de energia renovável. Todavia, a fonte de energia hidráulica, além de não ser suficiente para atender toda a demanda do país, possui grandes desafios, entre eles os impactos socioambientais que são gerados pela implantação de projetos hidrelétricos (FERREIRA, 2017).

Segundo o Relatório Especial de Mercado de Energia Hidrelétrica – (IEA, 2021), embora a energia de origem hidráulica ainda seja atraente do ponto de vista econômico para vários países, existem uma série de grandes desafios que esta fonte enfrenta.

Geralmente, novos projetos de implantação de usinas hidrelétricas enfrentam longos prazos de conclusão das obras, demora nos processos de licenciamento ambiental, custos altos, além de sérios riscos ambientais e oposição por parte das comunidades locais (IEA, 2021).

Segundo Borges e Silva (2011), o principal impacto relacionado ao meio ambiente é o alagamento de grandes áreas que afeta diretamente o habitat natural de inúmeras espécies. Mesmo com a correta realização dos Estudos de Impacto Ambiental, que apontam os impactos que serão gerados pela construção de usinas hidrelétricas, muitas vezes as ações mitigadoras não são capazes de atenuar ou impedir os efeitos negativos que serão gerados nas localidades onde os empreendimentos serão implantados (BORGES e SILVA, 2011).

Ademais, os rios possuem características distintas como biodiversidade, vazões e ciclos. Além do fato de ser comum encontrar populações ribeirinhas que vivem próximas às localidades e que serão atingidas em consequência das barragens (BORGES e SILVA, 2011). Os mesmos autores destacam que:

*Os impactos sociais, econômicos e culturais decorrentes da construção de barragens não se limitam à área inundada. Isso significa que também são afetadas populações que vivem a jusante da barragem e que de alguma maneira utilizam dos recursos existentes – tais como águas, florestas, pastos, estradas – destruídos pelo projeto. Em alguns casos aqueles que vivem a jusante podem ser os maiores prejudicados. Existem também populações que ficam no entorno dos reservatórios, depois das barragens construídas, e que sofrem prejuízos incalculáveis. (BORGES; SILVA, 2011, p. 224).*

Tendo em vista as implicações ambientais, sociais e econômicas relacionadas à geração hidrelétrica e, levando em consideração a configuração da futura matriz elétrica brasileira, evidencia-se a necessidade de diálogo e ações por parte do governo e das instituições do setor elétrico a respeito da demanda crescente de energia no país, mantendo o foco não somente na redução das emissões de CO<sub>2</sub> na atmosfera, mas também nas questões socioambientais.

### **4.3 Estrutura do Setor Elétrico Brasileiro**

No Brasil, o setor elétrico é dividido em quatro etapas: geração, transmissão, distribuição e comercialização. De acordo com a Associação Brasileira de Distribuidores

de Energia Elétrica - ABRADÉE (2022), o setor elétrico brasileiro, entre 1995 e 2004, passou por algumas reformas institucionais que resultaram na atual estrutura de funcionamento. As principais instituições que fazem parte do setor elétrico nacional estão organizadas de forma a garantir a segurança do suprimento de energia elétrica, a universalização do atendimento e a modicidade tarifária e de preços. Dentre as instituições, se destacam o Ministério de Minas e Energia (MME), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) e a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (MME, 2021).

O MME é o órgão do governo federal responsável por conduzir as políticas energéticas do país. Já a ANEEL é o órgão regulador do setor, seu papel é de regular e fiscalizar a prestação do fornecimento de eletricidade aos consumidores, bem como de definir as tarifas de energia conforme as políticas e diretrizes estabelecidas pelo governo federal (MME, 2021; ANEEL, 2022).

O ONS é um órgão importante, responsável por coordenar e controlar as operações de todas as instalações de geração e transmissão do Sistema Interligado Nacional (SIN). Ainda como parte do setor, tem-se a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) que, por sua vez, faz a gestão dos contratos de compra e venda negociados entre as geradoras e os consumidores livres. A CCEE funciona ainda como local para comercialização de déficits e sobras de energia (MME, 2021).

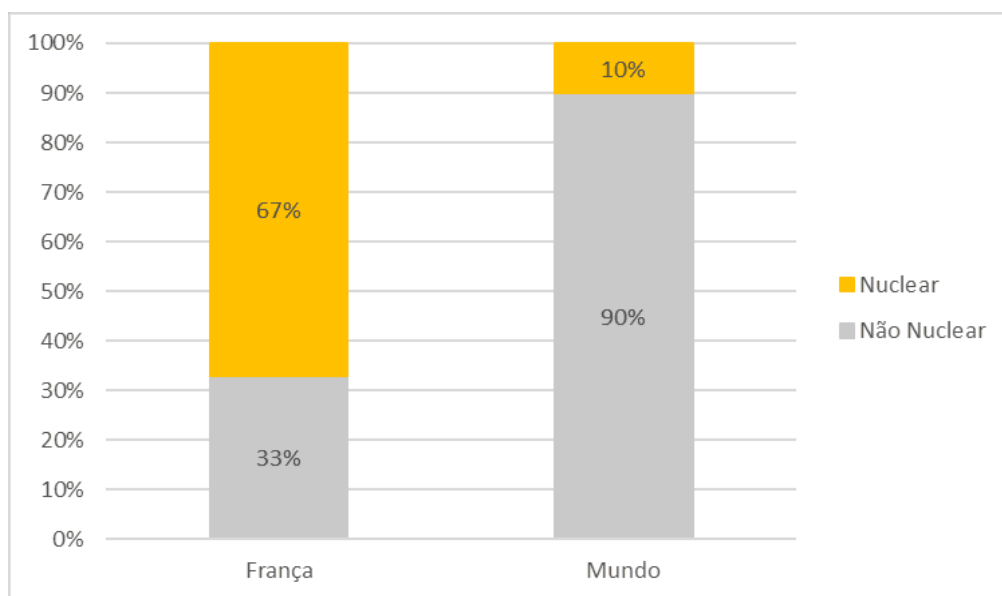
Por último, tem-se o CMSE, Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico, que realiza o acompanhamento e avaliação da continuidade e segurança do suprimento elétrico de todo o país e a EPE, responsável por todo o planejamento do setor, é ela que produz e publica os estudos e pesquisas referentes a todo o setor energético do país (MME, 2021).

As organizações e o cenário descritos acima norteiam sobre a configuração do setor elétrico no Brasil, que atualmente está associado ao Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro de 2004 (KISHINAMI, 2016). O modelo basicamente concede, por intermédio de leilão, concessão de beneficiamento por empresas privadas no setor elétrico nacional, ao qual basicamente a empresa que oferta o menor preço vence o leilão promovido pela CCEE (KISHINAMI, 2016).

#### 4.4 Matriz Elétrica da França

A França metropolitana apresenta uma matriz elétrica singular, caracterizada por uma grande participação da fonte de energia nuclear (RTE, 2021). O Gráfico 7 apresenta uma comparação da geração nuclear na França e no mundo no ano de 2020.

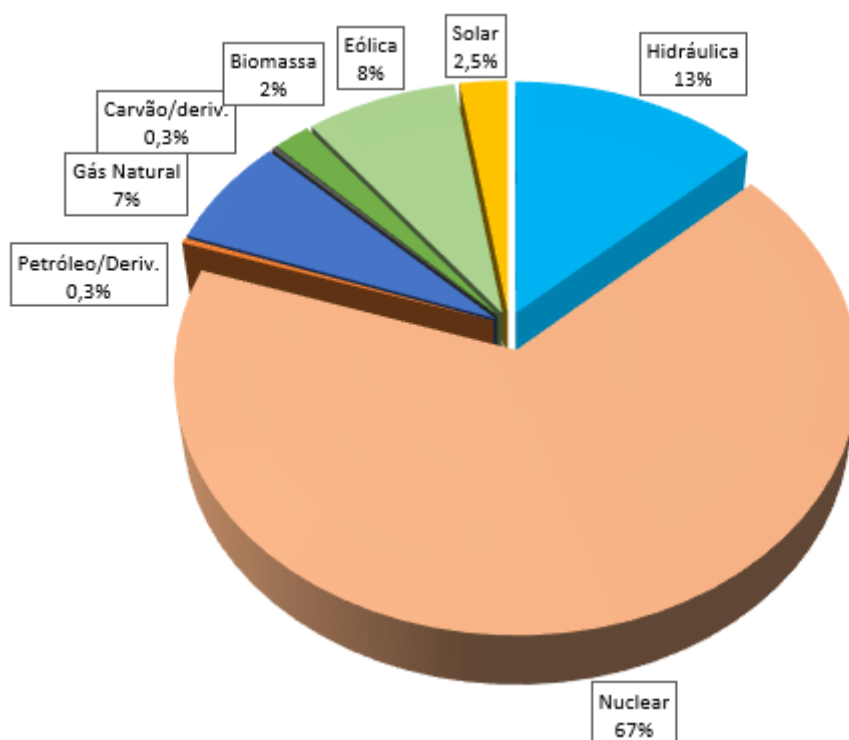
Gráfico 7: Geração nuclear na França e no mundo em 2020



Fonte: Adaptado de RTE (2021)

Através da análise do Gráfico 7 evidencia-se a grande dependência da França em relação à fonte de energia nuclear. De acordo com dados apresentados pelo *Bilan électrique* de 2020, a matriz elétrica francesa, em 2020, se decompõe em: nuclear, que representa 67,1% da produção anual com 335.400 GWh, seguida da hidráulica que representa 13%, eólica com 7,9%, solar com 2,5%, bioenergias com 1,9% e energias fósseis, com 7,5%, conforme ilustra o Gráfico 8 (RTE, 2021).

Gráfico 8: Matriz Elétrica Francesa – 2020



Fonte: Adaptado de RTE (2021)

As Tabelas 4 e 5 mostram a evolução da matriz elétrica da França em termos de capacidade instalada e geração de eletricidade no período de 2010 a 2020. Além disso, o Gráfico 9 ilustra a evolução da geração da matriz elétrica francesa no período analisado.

Tabela 4: Dados da matriz elétrica francesa em 2010

FRANÇA 2010				
Fonte	Capacidade Instalada (MW)	%	Geração (GWh)	%
Nuclear	63.130	51%	407.900	74%
Hidrúlica	25.392	21%	68.000	12%
Térmicas	28.623	23%	64.200	12%
Eólica	5.762	5%	9.600	2%
Solar	878	1%	600	0%
Total	123.785	100%	550.300	100%

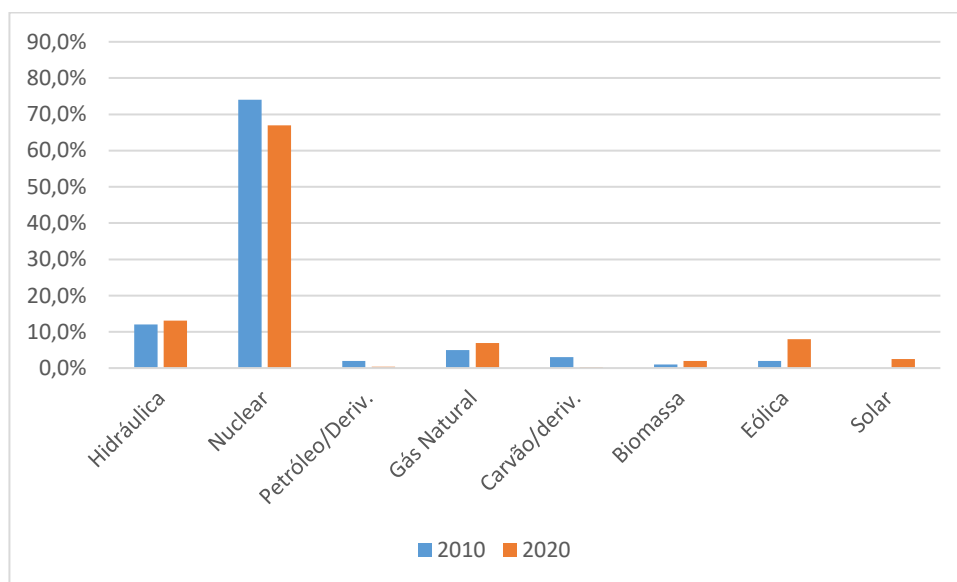
Fonte: Adaptado de RTE (2020)

Tabela 5: Dados da matriz elétrica francesa em 2020

FRANÇA 2020					
Fonte	Capacidade (MW)	%	Geração (GWh)	%	Delta Geração 2010-2020
Nuclear	61.370	45%	335.400	67%	-18%
Hidráulica	25.732	19%	65.100	13%	-4%
Térmicas	21.106	15%	47.200	9%	-26%
Eólica	17.616	13%	39.700	8%	314%
Solar	10.387	8%	12.700	3%	2017%
Total	136.211	100%	500.100	100%	-9%

Fonte: Adaptado de RTE (2021)

Gráfico 9: Evolução da geração da matriz elétrica francesa (2010-2020)



Fonte: Adaptado de RTE (2021)

De acordo com as Tabelas 4 e 5 e com o Gráfico 9, é possível observar a diminuição de 18% da participação da fonte nuclear para geração de energia elétrica no período analisado, passando de 407.900 GWh, em 2010, para 335.400 GWh, em 2020. É possível observar também uma forte redução da contribuição das fontes térmicas, correspondente a 26%, passando de 64.200 GWh, em 2010, para 47.200 GWh, em 2020. Além disso, houve uma queda de 4% na produção hidráulica, fechando o ano de 2020 com 65.100 GWh.

Por outro lado, as energias renováveis eólica e solar cresceram muito nos últimos anos. A fonte eólica apresentou um crescimento de 314%, somando 39.700 GWh em 2020, sendo que em 2010 produzia apenas 9.600 GWh. A energia solar saltou de 600

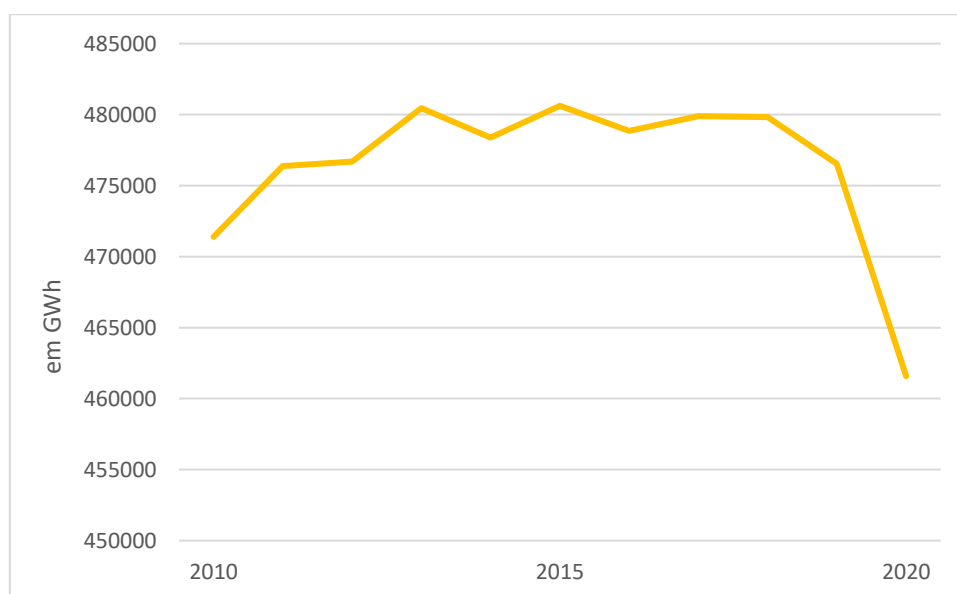


GWh em 2010 para 12.700 GWh em 2020, o que representa um aumento de mais de 2000% na capacidade instalada.

A geração total de eletricidade ficou apenas nos 500.100 GWh, ou -9% no período analisado, o que corresponde à geração mais baixa dos últimos 20 anos na França (RTE, 2021). Os fatores principais dessa queda estão relacionados à crise da COVID-19 que paralisou a economia e reduziu a demanda em eletricidade e ao fato de 2020 ter apresentado temperaturas mais quentes em relação aos anos anteriores (RTE, 2021).

No que diz respeito ao consumo de energia elétrica na França, em 2020 totalizou 461.500 GWh, representando uma leve queda de 2% em relação aos 471.400 GWh de 2010. O Gráfico 10 mostra a evolução no consumo de eletricidade de 2010 a 2020. É interessante notar que a demanda de um país desenvolvido, como a França, ficou muito estável no período analisado, caracterizando já uma diferença notável em relação ao Brasil.

Gráfico 10: Consumo de eletricidade na França (2010-2020)



Fonte: Adaptado de RTE (2020)

#### 4.4.1 A produção de energia nuclear na França

Como já citado, a França possui uma grande dependência em relação à fonte de energia nuclear, 67% da eletricidade produzida no país é proveniente de usinas nucleares. Atualmente, a França é o maior país produtor de energia nuclear da União Europeia e o segundo em escala mundial (EUROSTAT, 2022).

No total, o parque nuclear francês é composto por 56 reatores distribuídos entre as 18 centrais nucleares em operação no país, fornecendo aproximadamente 70% de sua eletricidade, todos funcionando com a tecnologia de água sob pressão (PWR), cuja capacidade de produção é de 61.370 MW de energia (EDF, 2022).

A Tabela 6 e a Figura 2 mostram, respectivamente, o número de reatores e suas potências e a distribuição das centrais nucleares na França metropolitana.

Tabela 6: Número de Reatores na França por Potência Instalada

Potência	Nº de Reatores
1450 MW	4
1300 MW	20
900 MW	32

Fonte: Adaptado de EDF (2020)

Figura 2: Distribuição das Centrais Nucleares na França em 2021



Fonte: Adaptado de EDF (2021)

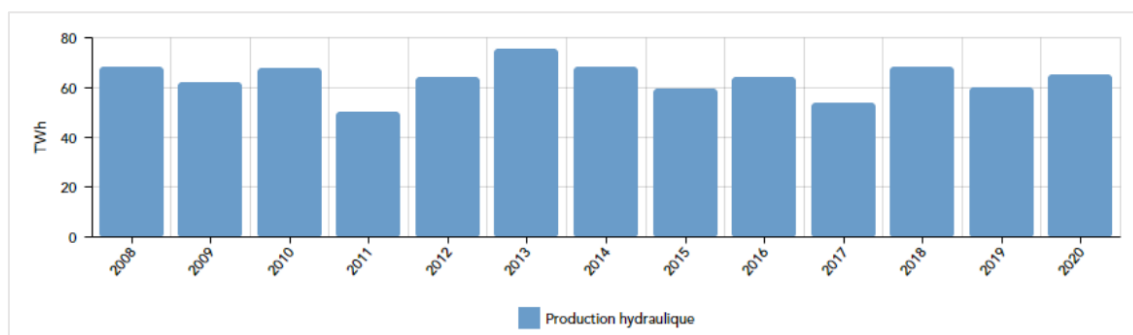
#### 4.4.2 Análise da geração hidráulica

A energia hidráulica é a principal fonte de eletricidade renovável na França e constitui um elemento essencial para a transição da matriz elétrica, tanto pela natureza livre de carbono na produção, quanto pela sua capacidade de armazenamento do recurso (EDF, 2021). O setor hidrelétrico na França se beneficia de um potencial significativo graças à presença de cadeias montanhosas, como os Alpes, Pirineus e o Maciço Central. Esse potencial já é amplamente explorado através do seu parque hidráulico que, em 2020, apresentou capacidade instalada de 25.732 MW (RTE, 2021).

De acordo com dados apresentados pelo *Bilan électrique 2020*, no presente ano a energia hidráulica produzida apresentou uma contribuição de 13% na matriz elétrica da França, enquanto sua capacidade de produção foi de 19%. Isso faz dessa fonte, a segunda mais importante em termos de contribuição na matriz elétrica do país, colocando a França no 3º lugar europeu, atrás da Noruega e Suécia, e no 12º lugar mundial (RTE, 2021).

Como pode-se observar no Gráfico 11, a produção de energia elétrica através de fonte hidráulica apresentou-se estável entre 2010 e 2020, porém sofreu variações devido às condições climáticas de cada ano. Em 2020, por exemplo, a produção de energia hidráulica cresceu 8.4% em relação à 2019 por causa de estoques elevados desde o início do ano (RTE, 2021).

Gráfico 11: Evolução da produção hidráulica na França



Fonte: RTE (2021)

#### 4.4.3 Análise da geração térmica

Na França, a utilização da capacidade instalada térmica depende principalmente da disponibilidade de unidades nucleares e da capacidade de produção de equipamentos hidráulicos, sendo assim, a eletricidade produzida por termelétricas é utilizada como

resposta às variações de consumo, desempenhando um papel indispensável no ajuste da produção (EDF, 2021).

O parque térmico do país é dividido em usinas a carvão mineral, a óleo, a gás natural, turbinas de combustão (TAC) e ciclos combinados de gás (CCG). A potência das unidades de produção varia de 120 a 700 MW para um total de 18,54 GW de potência instalada. No país, a combustão térmica é a 3ª fonte de produção de eletricidade, atrás da nuclear e da hidroeletricidade (EDF, 2021).

Em 2020, a produção de eletricidade por combustão térmica representou um total de 47.200 GWh, apresentando uma queda de 10,6% em relação a 2019. Esse declínio foi acentuado em todos os setores, tanto a produção de gás, que representa a grande maioria da produção térmica fóssil, quanto a produção de carvão e óleo combustível apresentaram quedas (RTE, 2021).

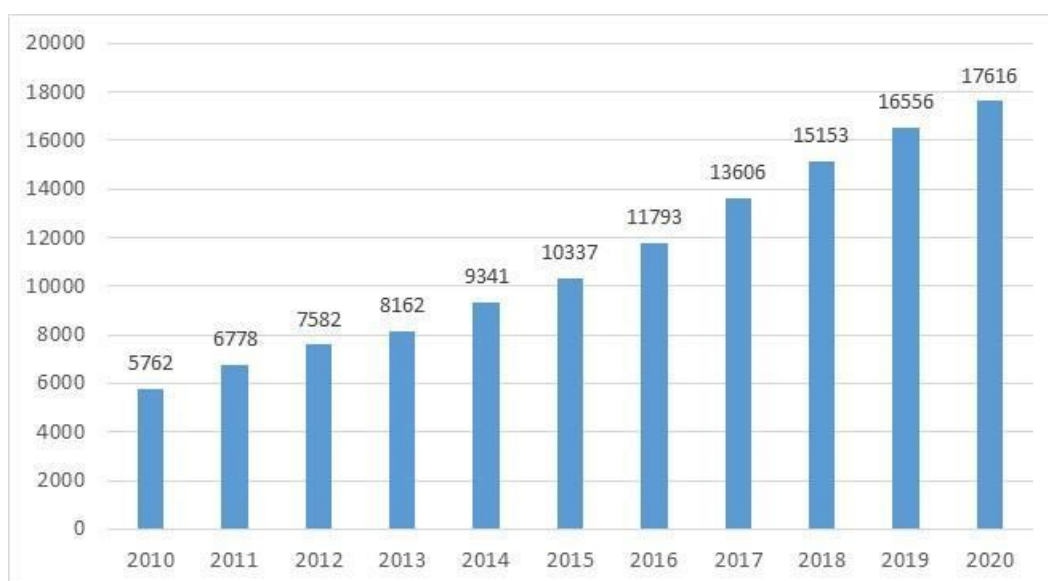
Segundo dados do *Bilan Electrique 2020*, a geração de eletricidade através de termelétricas a carvão atingiu uma baixa histórica de 1,4 TWh em 2020, queda de 12,7% em relação a 2019. A previsão é que o índice de produção cesse em 2022 com o fechamento ou troca de combustível das últimas térmicas a carvão anunciado pelo governo, abrindo ainda mais caminho de crescimento para as fontes de energia renováveis (RTE, 2021).

#### **4.4.4 Análise das fontes eólica e solar**

Na França, as fontes de energia renováveis, principalmente a eólica e a solar, têm mostrado um crescimento considerável na participação da atual matriz elétrica do país.

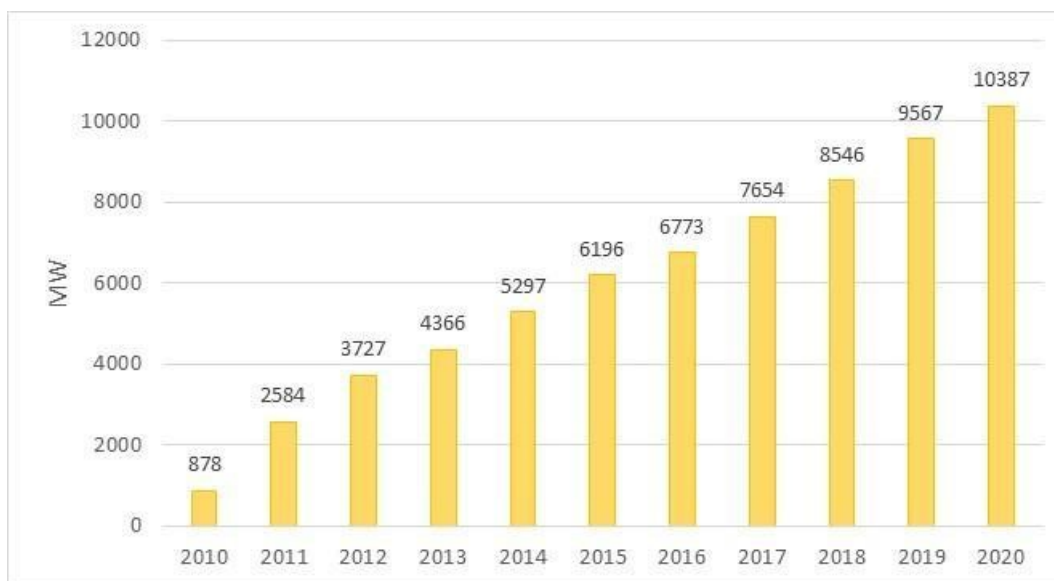
De acordo com o Ministério da Transição Ecológica da França (2017), graças à garantia do quadro de preços e ao levantamento gradual de determinadas restrições regulatórias, o aumento da capacidade instalada tanto do parque eólico quanto do solar aumentou muito nos últimos anos. Os Gráficos 12 e 13 mostram a evolução desse crescimento entre os anos 2010 e 2020.

Gráfico 12: Evolução da Capacidade Instalada da fonte eólica na França (2010-2020)



Fonte: Adaptado de RTE (2021)

Gráfico 13: Evolução da Capacidade Instalada da fonte solar na França (2010-2020)



Fonte: Adaptado de RTE (2021)

Em 2020, o potencial instalado para produção de eletricidade das duas fontes totalizou cerca de 28.047 MW, com geração de 52.400 GWh, cobrindo aproximadamente 11,6% do consumo metropolitano (RTE, 2021).

Em conformidade com dados apresentados pelo Panorama de Energia Renovável de 2020, 50% do total da capacidade de produção de energia renovável foi de origem eólica ou solar, apresentando ao longo do ano uma contribuição de 94% em relação ao crescimento da geração elétrica através de fontes limpas (RTE, 2021).

Baseando-se na estratégia política de reduzir a dependência do país em relação à geração nuclear e assegurar a baixa nas emissões de CO<sub>2</sub>, o crescimento das fontes de energias renováveis, em especial a eólica e solar, aponta um panorama favorável para a configuração futura da matriz elétrica da França.

#### **4.5 Principais Desafios Enfrentados pela Fonte Nuclear**

O processo de geração de energia elétrica através de usinas nucleares tem a grande vantagem ambiental de não utilizar combustíveis fósseis, o que evita a emissão de CO<sub>2</sub> e a concentração na atmosfera. Além disso as instalações ocupam espaços menores, podendo ser feitas próximas aos centros consumidores e o seu funcionamento não depende de fatores climáticos como chuva, sol, vento entre outros (ELETRONUCLEAR, 2022).

De acordo com Besnard e Marignac (2016), apesar de a energia nuclear desempenhar um papel fundamental na luta contra as alterações climáticas, além de outros fatores favoráveis, a França enfrenta múltiplos desafios relacionados à expansão da sua principal fonte de energia elétrica. Entre eles:

- O desafio da manutenção e renovação do parque nuclear – estratégia econômica.
- A questão da segurança, relacionada aos riscos de acidente envolvendo usinas nucleares.

Segundo a *World Nuclear Association* (2022), a construção da maioria das centrais nucleares francesas aconteceu entre 1974 e 1986, o que coloca a idade média dos reatores franceses em 35 anos. A vida útil de uma usina nuclear não é limitada na França, contando que passe por verificações sistemáticas de segurança nuclear a cada 10 anos. No entanto, a duração de uma usina nuclear é estimada por alguns especialistas em 30-40 anos de operação. No caso da França, em 2020, a metade das usinas nucleares atingiram esse limite (WNA, 2022).

Em relação à vida útil das usinas nucleares na França, a primeira consequência foi a decisão de reduzir, pela primeira vez, desde 2009, a capacidade de produção nuclear, com o fechamento de 2 reatores antigos em Fessenheim. A segunda foi o aumento de 25% da

taxa de indisponibilidade média do parque nuclear que atingiu 22.3 GW em 2020, contra 17,8 GW em 2019, consequência conjunta de um aumento nas manutenções necessárias para prorrogar a vida útil dos reatores e, também, dos efeitos provocados pela COVID-19, tendo impactado a realização dessas manutenções (RTE, 2021; WNA, 2022).

Para responder a esse desafio, a França pretende estender a vida útil de seus reatores em até 60 anos, através um plano chamado de “*grand carénage*”, e substituir aos poucos os reatores mais antigos por dispositivos de nova geração (WNA, 2022).

No cenário de perseguição da estratégia de independência energética através da energia nuclear, questiona-se a robustez econômica de tal decisão visto que a energia nuclear está perdendo partes na matriz elétrica da maioria dos países. Sendo assim, a França não poderá contar com o desenvolvimento massivo de projetos fora do país para financiar os grandes investimentos na renovação das suas usinas (BESNARD e MARIGNAC, 2016). Ao mesmo tempo, os capitais dedicados ao desenvolvimento de futuras soluções nucleares não estão vinculados ao desenvolvimento de outras soluções, o que poderia fragilizar e isolar a França no futuro, tornando-a dependente de outros países para tecnologias alternativas a nuclear (BESNARD; MARIGNAC, 2016).

Assim, mesmo com o benefício de ser uma fonte de energia disponível continuamente, ao contrário de energias dependentes do vento ou do sol por exemplo, o futuro econômico mundial parece ser nas fontes de energias renováveis.

Outro desafio enfrentado pelo país em relação ao desenvolvimento da energia nuclear está ligado aos riscos de acidentes, principalmente após o ocorrido com a usina de Fukushima, em 2011, no Japão. Segundo Besnard e Marignac (2016), após o desastre nuclear de Fukushima, surgiram muitas reflexões sobre a dependência da economia e da sociedade francesas em relação a tecnologia nuclear.

Entretanto, de acordo com a *Électricité de France – EDF* (2022), a empresa está preparada para trabalhar no lançamento do novo programa de construção de usinas nucleares anunciado pelo atual Presidente da República, Emmanuel Macron, em 9 de novembro de 2021. Ao mesmo tempo, será necessário apoiar a busca por uma diversificação das fontes energéticas de suas matrizes, em particular as novas fontes renováveis, que juntamente ao programa garantirá o fornecimento de eletricidade da França e ajudará a alcançar a neutralidade em carbono (EDF, 2022).

#### 4.6 Estrutura do Setor Elétrico Francês

Na França, assim como no Brasil, o setor elétrico é dividido em produção, transmissão, distribuição e abastecimento, sendo cada segmento gerido por diferentes atores, públicos ou privados (SYDELA, 2022).

Em relação a produção de energia elétrica, toda a parte nuclear e uma parcela da térmica convencional e da produção das renováveis são geridas pela EDF (Electricité de France). Existem também outras empresas privadas que cuidam de uma parte da produção térmica, hidráulica e de outras renováveis como a Engie e sua subsidiária Compagnie Nationale du Rhône, SNET (Société Nationale d'Electricité et de Thermique) e a TotalEnergies (SYDELA, 2022; RTE, 2022;).

A transmissão de eletricidade na França é de responsabilidade da RTE (Réseau de Transport d'Electricité), subsidiária da EDF (Électricité de France), cuja função é levar a energia dos grandes centros produtores para as diferentes regiões do país, garantindo o equilíbrio entre produção e consumo no país (SYDELA, 2021; RTE, 2022).

A distribuição de eletricidade aos consumidores finais é de responsabilidade das cidades. É comum que as cidades se agrupem para dar concessão da distribuição a uma empresa. A principal é a Enedis, filial da EDF, responsável pela gestão de 95% do território francês (SYDELA, 2022; ENEDIS, 2022).

De acordo com a *Commission de Régulation de L'Énergie* (2020), o fornecimento de energia é um setor aberto à concorrência desde 2007, que hoje é dominado pela EDF, com 59% do mercado no fim de 2020.



## **5. POLÍTICAS ENERGÉTICAS DO BRASIL E DA FRANÇA**

A matriz energética de uma nação é fundamento primordial para o seu desenvolvimento econômico. De modo geral, isso se justifica pelo aumento no consumo de bens e serviços que em algum momento requer o uso de alguma fonte de energia, seja essa elétrica, pela queima de combustíveis fósseis ou demais, o fato é que sem uma boa disponibilidade energética e processos otimizados de aproveitamento destas fontes certamente haveria diversos infortúnios para setores essenciais da sociedade. Sendo assim, tanto é oportuno como também necessário ter a existência de paradigmas de bom manejo das fontes de energia em face de sua necessidade, bem como dos problemas relacionados a seu impacto ambiental e social.

A partir da década de 90, começou a surgir uma maior preocupação com as questões ambientais. A alta das emissões, consequência direta do desenvolvimento econômico de várias nações, fez com que a atenção mundial começasse a se voltar para questões acerca dessa problemática. O debate a respeito das mudanças climáticas ocorreu por meio de importantes acordos internacionais, entre eles o Protocolo de Kyoto e o Acordo de Paris, que se destacam como marcos históricos.

Como forma de atingir as metas climáticas de redução das emissões, propostas nos acordos internacionais, é importante que cada país desenvolva e coloque em prática uma política energética sólida e eficaz que irá garantir a transição energética para uma economia de baixo carbono. Para tanto é importante que as ações governamentais estejam moldadas no sentido de buscar medidas que favoreçam o desenvolvimento sob uma perspectiva mais sustentável possível, sem colocar em risco à disponibilidade dos seus recursos e, conseqüentemente, a qualidade de vida das próximas gerações.

Nesse sentido, em relação à geração de eletricidade, a grande preocupação global tem sido voltada para a composição de uma matriz elétrica cada vez mais sustentável, capaz de atender as crescentes demandas de uma nação sem causar grandes danos ao meio ambiente.

Neste capítulo são apresentadas as políticas energéticas implantadas pelo Brasil e pela França nos últimos anos em função de alcançar a transição energética para uma economia de baixo carbono, uma breve contextualização sobre os principais acordos internacionais, Protocolo de Kyoto e Acordo de Paris, bem como uma comparação no âmbito das estratégias voltadas ao cumprimento das metas propostas por cada um dos dois países como forma de redução das emissões de gases de efeito estufa, e, por fim, as

perspectivas futuras com relação à produção de eletricidade para garantir a segurança energética nacional e o cumprimento das metas.

### 5.1 Protocolo de Kyoto

Diante da crescente preocupação voltada para as mudanças climáticas que o mundo vem passando, em dezembro de 1997, durante a 3ª Conferência das Partes da Convenção das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, realizada no Japão, foi assinado o Protocolo de Kyoto, primeiro tratado internacional com o objetivo de controlar as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, determinando metas individuais, abordagem “*top-down*” (de cima para baixo), de redução a serem alcançadas pelos países desenvolvidos que o ratificassem – os principais responsáveis pelos altos níveis de emissões (SOUZA; CORAZZA, 2017; UNFCCC, 2022).

No entanto, o Tratado só entrou em vigor mais tarde, em fevereiro de 2005, logo após o atendimento às condições que exigiam a ratificação por, no mínimo, 55% do total de países-membros da Convenção e que fossem responsáveis por, pelo menos, 55% do total das emissões de CO<sub>2</sub> em 1990 (UNFCCC, 2022).

Entre as metas estabelecidas pelo Tratado, estava a redução média de 5,2% de emissões de gases de efeito estufa para os países desenvolvidos, entre eles a França, em relação aos níveis de 1990, no período compreendido entre 2008 e 2012. O Brasil, do seu lado, embora tenha aderido ao Protocolo, não foi incluído na meta, assim como outros países em desenvolvimento. Além disso, o protocolo estimulou a criação de métodos para o desenvolvimento sustentável a fim de preservar o meio ambiente (CARMONA; KASSAI, 2019; UNFCCC, 2022).

Expirado em 2012, o Protocolo de Kyoto foi renovado até 2020. No entanto, grandes países industrializados não apoiaram os objetivos do protocolo. De fato, China, Estados Unidos, Canadá e Austrália temiam que essa restrição afetasse seu desenvolvimento econômico. Os Estados Unidos assinaram sem ratificar o acordo e o Canadá retirou-se dele, ameaçando ser punido por não cumprir seus objetivos (SOUZA; CORAZZA, 2017).

De acordo com estudo realizado por Carmona e Kassai (2019), o acordo não conseguiu atingir sua meta de reduzir as emissões mundiais de gases poluentes, tendo como efeito contrário um crescimento de 16,2% entre 2005 e 2012. A falta de engajamento de países considerados grandes emissores e a não ratificação do Protocolo

contribuíram fortemente para a ineficácia e fragilidade do regime climático de Kyoto (SOUZA; CORAZZA, 2017). Todavia, o Protocolo de Kyoto é de um marco histórico para as questões climáticas, já que foi responsável para aumentar a conscientização mundial sobre o aquecimento global e por abrir espaço para outros importantes acordos que surgiram mais tarde, como o Acordo de Paris, dando impulso para a criação de políticas e projetos voltados para um desenvolvimento econômico de cunho mais sustentável (CARMONA; KASSAI, 2019).

## 5.2 Acordo de Paris

Após o Protocolo de Kyoto, outra importante ação para frear o avanço das emissões de gases ocorreu em dezembro de 2015, durante a realização da 21ª Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP-21). As 196 partes reunidas firmaram o Acordo de Paris, cujo objetivo principal é conter o aquecimento global, limitando o aumento médio da temperatura do planeta a 1,5°C, em comparação com os níveis pré-industriais (UNFCCC, 2022).

Para garantir o cumprimento da meta, cada país se propôs a elaborar um estudo específico conforme suas particularidades, por meio de uma abordagem do tipo “*bottom-up*” (de baixo para cima), propondo um plano de ação para reduzir suas emissões de gases de efeito estufa e medidas práticas para seu cumprimento, de forma a superar a resistência dos países em adotar medidas para combater as mudanças climáticas como ocorreu no Protocolo de Kyoto. O documento elaborado ficou conhecido como INDCs (*Intended Nationally Determined Contributions*) passando, após ser ratificado pela UNFCCC e pelo governo do país, a se chamar apenas NDCs (*Nationally Determined Contributions*) e, podendo então, ser colocado em prática a fim de alcançar os objetivos (CARMONA; KASSAI, 2019; UNFCCC, 2022).

Por se tratar de um acordo com metas a serem alcançadas a longo prazo, as NDCs devem ser enviadas a cada cinco anos, sendo previstas propostas com planos de ação cada vez mais ambiciosas ao longo do tempo (UNFCCC, 2022).

### 5.2.1 Compromissos do Brasil com a Transição Energética

Na primeira NDC, ratificada em 2016, o Brasil comprometeu-se em reduzir suas emissões de gases de efeito estufa em 37% até 2025, com uma contribuição indicativa

subsequente de redução de 43% até 2030, em comparação aos níveis de emissões de 2005 (UNFCCC, 2016).

Em dezembro de 2020, o Acordo de Paris completou cinco anos concluindo, então, o prazo para que os países apresentassem NDCs novas ou atualizadas, ou seja, com metas climáticas mais ambiciosas do que as anteriores. Contraopondo tal proposta, a nova NDC brasileira submetida surpreendeu vários países, visto que o governo assumiu como meta os mesmos índices de redução de emissões até 2030, previstos na sua primeira NDC.

De acordo com o Ministério das Relações Exteriores (2021), a nova NDC brasileira reafirma o compromisso de redução das emissões de gases de efeito estufa já firmado na primeira, ou seja, a redução de 37% até 2025 e 43% até 2030, tendo ainda como base de referência o ano de 2005. Além disso, a nova NDC traz como objetivo a intenção do país em atingir a neutralidade climática até 2060, podendo ser alterado no futuro, conforme o andamento dos mecanismos de mercado do Acordo de Paris (BRASIL, 2021; UNFCCC, 2021).

Todavia, como parte dos esforços para alcançar a meta do Acordo de Paris, o governo brasileiro, através de uma carta explicativa enviada à UNFCCC no dia 28 de outubro de 2021, se compromete a aumentar sua ambição antecipando em dez anos o objetivo de longo prazo referente à neutralidade climática, passando então o prazo para 2050 (UNFCCC, 2021).

Dos compromissos assumidos pelo governo brasileiro para atingir a meta do acordo, ainda em conformidade com a primeira NDC, aqueles específicos para o setor de energia são de alcançar uma participação estimada de 45% de energias renováveis na composição da matriz energética em 2030, incluindo: expandir o uso de fontes renováveis, além da energia hídrica, na matriz total de energia para uma participação de 28% a 33% até 2030; expandir o uso doméstico de fontes de energia não fóssil, aumentando a parcela de energias renováveis (além da energia hídrica) no fornecimento de energia elétrica para ao menos 23% até 2030, inclusive pelo aumento da participação de eólica, biomassa e solar; alcançar 10% de ganhos em eficiência no setor elétrico até 2030 (CARMONA; KASSAI, 2019; UNFCCC, 2021).

### **5.2.2 Compromissos da França com a Transição Energética**

O compromisso francês com o Acordo de Paris inscreve-se na NDC submetida pela União Europeia, publicada em março de 2015. O país comprometeu-se em reduzir

suas emissões de gases de efeito estufa em, no mínimo, 40% até 2030, em comparação aos níveis de emissões de 1990 (UNFCCC, 2015).

Esse objetivo foi assumido pela União Europeia, alinhado com o objetivo de redução de 80-95% das emissões até 2050, comparado a 1990, e a necessidade de reduzir pela metade as emissões globais até 2050. Até 2015, a União Europeia já havia reduzido as suas emissões em cerca de 19% em relação aos níveis de 1990 (UNFCCC, 2015).

Em dezembro de 2020, a União Europeia apresentou uma nova versão da sua NDC com metas climáticas mais ambiciosas do que as anteriores. O novo documento apresenta um compromisso atualizado de redução das emissões de gases de efeito estufa de 55% até 2030, tendo ainda como base de referência o ano de 1990. Além disso, a NDC atualizada continua alinhada com o objetivo da União Europeia de conseguir uma neutralidade climática até 2050 – sendo uma contribuição justa para atingir os objetivos de redução do aumento da temperatura global definido no Acordo de Paris. No fim de 2019, a União Europeia afirmou ter reduzido as suas emissões em cerca de 26% em relação a 1990 (UNFCCC, 2020).

### **5.3 Política Energética Brasileira para Transição de Baixo Carbono**

Losekann e Tavares (2019) afirmam que o processo de transição energética exige um grande comprometimento por parte dos países em relação às mudanças necessárias na forma como a energia é produzida e consumida dentro de cada território. Isso significa que para se alcançar a consolidação de uma economia de baixo carbono é preciso trabalhar na criação e no investimento em políticas energéticas que irão dar suporte ao desenvolvimento de novas fontes renováveis de energia bem como ao aumento da eficiência energética. Entre as possibilidades de políticas, as escolhas de cada país irão depender diretamente dos recursos físicos, políticos, econômicos e sociais de cada um (LOSEKANN; TAVARES, 2019).

De acordo com o Plano Nacional de Energia 2050 (PNE 2050), elaborado pela EPE, o Brasil não possui políticas específicas para transição energética, porém existem uma série de políticas e instrumentos que favorecem e interferem na transição energética com implicação sobre a expansão do setor de energia (EPE, 2020).

Segundo Losekann e Tavares (2019), no que concerne à mitigação de emissões de gases de efeito estufa, na área de energia, os principais instrumentos de política nacional são os incentivos para a adoção de energias renováveis, através dos leilões de capacidade

voltados para renováveis, consolidados com a efetiva participação de várias instituições do Setor Elétrico Brasileiro.

Além disso, em 2009, foi instituída a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC pela Lei 12.187, buscando garantir um alinhamento entre desenvolvimento social e econômico e mudanças climáticas. Dentre as diretrizes da PNMC estão os compromissos assumidos pelo Brasil na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, no Protocolo de Kyoto e nos demais documentos sobre mudança do clima dos quais vier a ser signatário (BRASIL, 2009). Dessa forma, em novembro de 2021, foi aprovado pelo Senado Federal o projeto de lei PL 6539/2019 que atualiza a PNMC no contexto do Acordo de Paris e dos novos desafios relativos às mudanças climáticas. Em conjunto com a PNMC, as NDCs apresentadas à UNFCCC, são os principais documentos norteadores das ações de mitigação e adaptação às alterações climáticas no Brasil.

O Decreto nº 7.390/10, que regulamenta a PNMC, instituiu o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), elaborado pela EPE com o apoio do Ministério de Minas e Energia, como o plano setorial de mitigação e adaptação à mudança do clima do setor de energia (BRASIL, 2009). O PDE indica as perspectivas da expansão do setor de energia no horizonte de dez anos e subsidia decisões de política energética, além de fornecer importantes elementos para o planejamento do setor de energia, com maior confiabilidade, redução de custos de produção e de impactos ambientais (BRASIL, 2021).

Nesse sentido, o cenário apontado pelo Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2030), evidencia uma predominância de fontes renováveis na matriz elétrica, como Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), eólica e solar fotovoltaica (centralizada e distribuída), além da biomassa para o suprimento de energia, sendo complementada com termelétricas flexíveis e modernização com ampliação das usinas hidrelétricas existentes (BRASIL, 2021).

Como já mencionado neste estudo, a matriz elétrica brasileira é uma das mais renováveis do mundo, graças a grande participação da fonte hídrica. Porém, além de não serem suficientes para suprir a demanda crescente de eletricidade do país, as limitações quanto ao desenvolvimento de novas usinas hidrelétricas de grande porte evidenciam o desafio do Brasil em manter o alto índice de fontes renováveis da sua matriz elétrica, destacando a necessidade de investimento em outras fontes renováveis para garantir o cumprimento das metas estabelecidas, pelo governo, em relação à transição energética,

para a consolidação de uma economia de baixo carbono (LOSEKANN; TAVARES, 2019).

Como forma de expandir as energias renováveis, o Governo Federal tem investido em incentivos como a eliminação de impostos de importação para equipamentos de energia solar, favorecendo o aumento da competitividade dessa fonte, tanto em termos de geração centralizada quanto distribuída (BRASIL, 2021).

A geração distribuída tem apresentado um potencial de crescimento cada vez maior no Brasil graças a um crescente interesse em fontes alternativas e renováveis de energia. O mais recente Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2031) estima um crescimento de 37 GW de potência instalada nas micro e minigerações distribuídas (MMGD), atingindo 17% de participação na matriz elétrica ao final do horizonte decenal, fator que beneficiará pouco mais de quatro milhões de unidades de geração no Brasil em 2031. No segmento, a tecnologia solar fotovoltaica mantém-se como a principal fonte, respondendo por cerca de 93% de toda essa expansão. (EPE, 2022).

Nesse cenário, a perspectiva brasileira para a matriz elétrica nos próximos anos é de uma expansão considerável, em especial para uso de fontes renováveis como eólica, solar e biomassa. Segundo dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a energia eólica deve alcançar a marca de 13,6% da matriz elétrica até o fim de 2025, contribuindo para que o índice de participação das fontes renováveis da matriz elétrica permaneça acima de 80% até 2030 (BRASIL, 2021).

#### **5.4 Política Energética Francesa para Transição de Baixo Carbono**

Stappel e Scholz (2015) explicam sobre a dependência da sociedade francesa em relação ao uso de usinas nucleares na geração de energia elétrica. De modo geral, isso se deve pela própria escassez de recursos, visto que o país não possui grande disponibilidade hídrica como o Brasil, e a escolha pelo uso da energia nuclear deve-se a não existência de outras fontes que satisfaçam as demandas e possibilitem também segurança a energética ao país.

A transição da matriz energética na França inicia-se com a crise do petróleo nos anos 1970, quando o país buscou reformular profundamente as suas fontes de energia (STAPPEL; SCHOLZ, 2015). Segundo o *Ministère de La transition Écologique* (2017), a partir do ano de 2011, a França se comprometeu com as questões do meio ambiente e

seu equilíbrio, apesar de usar reatores nucleares para a geração de energia elétrica, adotando mudanças em suas políticas voltadas para fontes renováveis.

Para atingir a meta da NDC, a França definiu uma folha de rota chamada de “Estratégia Nacional de Baixo Carbono (*Stratégie Nationale Bas-Carbone*)”, ligada à Lei de Transição Energética para o Crescimento Verde – LTEVC do ano de 2015. Esta apresenta orientações, para todos os setores, sobre a efetivação de uma transição energética direcionada para uma economia de baixo carbono. Este documento foi revisado em 2018/2019, tendo como novo objetivo a neutralidade de carbono em 2050 (FRANÇA, 2021).

Em particular, para o setor de energia, os indicadores para realização da meta presentes na (*Stratégie Nationale Bas-Carbone* – março 2020) são:

- Em 2030: atingir 33% de energias renováveis consumidas, sendo 40% para o setor de produção de energia elétrica;
- Em 2035: 50% da produção elétrica oriunda de origem nuclear;
- A limitação da dependência das energias fósseis através da interdição, desde 2018, de nova exploração de combustíveis fósseis na França, do fim da renovação da permissão para exploração de combustíveis fósseis após 2040, e do fim do uso de carvão mineral na produção de eletricidade até 2022 (FRANÇA, 2021).

Para poder, de fato, cumprir com os objetivos, o governo francês adotou o Programa Plurianual de Energia (PPE), responsável por fixar as metas para cada setor da matriz energética em um período de dez anos, com revisão dos Programas Plurianuais de Investimentos (PPI) a cada cinco anos, sendo esse revisado em 2018 (FRANÇA, 2021).

Sendo assim, de maneira geral, a França adotou diversas mudanças em sua política energética, buscando incentivar a inovação tecnológica através de pesquisa e desenvolvimento, não somente no uso das fontes, mas o governo também se esforçou para que pudesse otimizar a indústria, os negócios e eliminar o máximo possível de obstáculos para auxiliar a implantação de energias renováveis (FRANÇA, 2021).

A mudança de postura do governo francês se deu em toda a matriz energética. No âmbito da eletricidade reformulou-se a política de preços para instalações com potência menor que 500 KW e unidades de produção eólica, bonificação e remuneração do mercado para instalações com potência superior a 500 KW e produção eólica; bem como o uso de recursos tecnologicamente neutros em instalações com potência superior a 1



MW; ou produção eólica com pelo menos 6 unidades (6 MW), sendo em 2017 promovida isenções para o uso de tecnologias neutras (FRANÇA, 2021).

Com a revisão dos programas plurianuais de energia (PPE), expandiu-se o comprometimento do governo francês para com as emissões de CO<sub>2</sub>, de modo que alguns pontos centrais foram definidos, dentre os quais:

- Segurança no abastecimento energético;
- Melhorar a eficiência energética e redução de energia primária (em especial combustíveis fósseis);
- Desenvolvimento e exploração de fontes de energias renováveis;
- Desenvolvimento de redes inteligentes (*smart grids*) e de autoprodução;
- Desenvolvimento de mobilidade limpa;
- Preservação do poder de compra dos consumidores (FRANÇA, 2021).

Já para o ano de 2019, a administração pública francesa promulgou normas sobre o uso de “energia e clima adotados em novembro de 2019 que criou a Lei de Programação de Energia e Clima (LPEC) que irá definir os principais objetivos do Programa Plurianual de Energia (PPE) e da Estratégia Nacional de Baixo Carbono (SNBC)” (FRANÇA, 2021, n.p).

Sendo assim, nos próximos 10 anos ficaram definidos 5 objetivos referentes a redução de gases de efeito estufa (FRANÇA, 2021):

- Redução do consumo final de energia e consumo de energia fóssil;
- Desenvolvimento de energias renováveis para eletricidade, aquecimento, combustível e gás;
- Diversificação da matriz de produção elétrica;
- Renovação energética no setor da construção;
- Manter a autonomia energética.

Além disso, a revisão realizada em 2018 e publicada em 2019 ainda estabeleceu outros planos e demais estratégias articuladas juntamente com o EPI (FRANÇA, 2021):

- Desenvolvimento de mobilidade limpa;
- Uso de biomassa para abastecimento de instalações de produção de energia que fornecem para o aquecimento doméstico, caldeiras coletivas e industriais;
- Plano de programação de emprego e competências para transição ecológica e energética;
- Estratégia nacional para investigação energética;

- Plano nacional de redução de emissões de poluentes atmosféricos.

Nesse sentido, a perspectiva para a transição energética na França para os próximos anos está diretamente ligada ao Acordo de Paris, que em essência, busca dirimir as emissões de carbono e gases de efeito estufa. Para a matriz elétrica, a França busca esforços no desenvolvimento de energias renováveis como a eólica e solar, como também observa de perto a disponibilidade nuclear já em atuação, de forma a garantir segurança energética.

Diante disso, mais recentemente, a França notificou que pretende expandir sua base nuclear realizando a construção de pelo menos 14 novos reatores nucleares até o ano de 2050 (EDF, 2022), sendo que tal decisão foi tomada, segundo o governo francês, em virtude das necessidades de energia elétrica do país. O novo programa de construção de usinas nucleares juntamente com a expansão de energias renováveis irá garantir o fornecimento de eletricidade no país, além de contribuir para o alcance da neutralidade de carbono (EDF, 2022).

De acordo com as análises aprofundadas do relatório *Futurs Énergétiques 2050* (RTE, 2022), a manutenção sustentável de uma grande frota nuclear ajuda a descarbonizar a economia, mas não é suficiente para alcançar a neutralidade de carbono tornando-se evidente a importância absoluta do desenvolvimento significativo de fontes renováveis de energia para cumprir os compromissos climáticos assumidos pelo país.

### **5.5 Análise Comparativa das Políticas Energéticas do Brasil e da França**

A transição energética para uma economia de baixo carbono se constitui em um enorme desafio mundial, demandando o desenvolvimento de fontes renováveis de energia e o aumento da eficiência energética. Sendo assim, espera-se que cada país que tenha se comprometido com as metas estabelecidas no Acordo de Paris tenha um plano de ação climático bem estruturado que irá trabalhar no sentido de atingi-las em tempo hábil.

Uma comparação entre Brasil e França, em termos de políticas energéticas, aponta que ambos os países possuem objetivos semelhantes no sentido de atingir uma economia de baixo carbono e ao mesmo tempo assegurar a segurança energética. Por outro lado, os dois países possuem desafios distintos, a França busca manter uma independência energética, adquirida nos anos 1960 e 1970, e que se vê reforçada pela atual crise na Europa, relacionada à dependência de fontes energéticas da Rússia e, ao mesmo tempo, manter custos baixos para não gerar uma revolta na população. O Brasil, por sua vez,

precisa alinhar a crescente demanda de energia, consequência do desenvolvimento econômico e social do país, à meta de atingir a neutralidade climática em 2050.

Em termos de recursos energéticos disponíveis para o processo de transição para um futuro de baixo carbono, o Brasil possui uma grande vantagem em relação à França, além de o país já possuir umas das matrizes elétricas mais renováveis do mundo, há ainda um grande potencial de fontes limpas a ser aproveitado, como solar, eólico, hidráulico e de biomassa. Outro recurso presente de forma significativa no país é o urânio, que apesar de não ser renovável, a energia nuclear produz emissões muito menores comparada aos combustíveis fósseis. Mesmo com duas usinas nucleares em atividade, Angra I e Angra II, o Brasil não é um grande produtor de energia nuclear, porém, em caso de aumento da demanda por energia, o país pode contar também com a expansão dessa fonte de eletricidade.

A França, por sua vez, possui algumas limitações geográficas. Ainda que o país disponha de recursos renováveis como solar, eólico e bioenergias a serem explorados, estes não são suficientes para suprir a alta demanda por energia, fazendo com que o governo opte em investir para prorrogar as usinas nucleares atuais e na construção de novas centrais de geração, além do investimento em renováveis. A decisão política é de assegurar que a energia nuclear mantenha seu papel de principal fonte de eletricidade do país, contribuindo com as metas climáticas e com a independência energética. Porém, tal decisão poderia enfrentar reações adversas tanto por parte da população quanto de outras frentes do governo francês já que o urânio utilizado como combustível nas usinas nucleares do país vem de outros países.

Uma análise dos dois cenários mostra que o Brasil é ainda carente de uma política energética bem estruturada, com vistas a longo prazo, que irá atender as metas de combate às mudanças climáticas firmadas no Acordo de Paris. De acordo com uma pesquisa conduzida por Lucena *et al.* (2016), até 2020, a política energética do Brasil era bastante limitada, isenta de clareza ou discussões mais profundas por parte do governo sobre estratégias de políticas climáticas para os próximos anos. A França, ao contrário do Brasil, tem já em prática uma política climática com metas e ações mais definidas.

Em relação aos objetivos estabelecidos em suas NDCs, uma breve análise dos documentos, bem como a implementação de programas e políticas, mostra que até o momento a França apresenta compromissos mais sólidos e metas mais ambiciosas que o Brasil.

A nova NDC, apresentada pelo Brasil no fim de 2020, foi alvo de críticas por parte de especialistas por não ser considerada ambiciosa o suficiente. Embora o país tenha submetido, recentemente, uma segunda atualização do documento, com novo cálculo mais ambicioso do que a versão de 2020, no qual prevê uma redução de 37% nas emissões de gases de efeito estufa até 2025 e de 50% até 2030 em relação a 2005, segundo especialistas, este ainda continua abaixo do compromisso assumido em 2016. Além disso, o documento não apresenta as ações que o governo pretende tomar para alcançar suas metas, o que deixa o Brasil numa situação desfavorável em relação às nações mais comprometidas com as questões climáticas, já que afeta diretamente a credibilidade do país no cenário internacional. Ademais, a falta de ambição da meta climática brasileira pode interferir nas negociações do Tratado de Livre Comércio entre o Mercosul e a União Europeia e ainda dificultar a entrada do país na Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE).

Por outro lado, de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE 2031), o Brasil já conquistou um contexto privilegiado em relação à composição de fontes renováveis nas atuais matrizes energética e elétrica que hoje apresentam 47% e 85% respectivamente, com previsão para chegar a 48% e 83% nos próximos anos. Ainda segundo o estudo, diante do cenário de crescimento econômico estimado de 2,9% ao ano, para o país alcançar este patamar serão necessários investimentos da ordem de mais de R\$ 3,2 trilhões nos próximos 10 anos, sendo R\$ 2,7 trilhões relacionados a petróleo, gás natural e biocombustíveis, e quase R\$ 530 bilhões na geração e transmissão de energia elétrica (EPE, 2022).

De acordo com Carmona e Kassai (2019), o maior desafio do Brasil em relação ao cumprimento das metas dos acordos internacionais envolve ações e investimentos por parte do governo. O conjunto dessas ações somadas ao apoio de instituições de pesquisa e investimentos oriundos da iniciativa privada serão decisivos para o futuro do setor energético do país, principalmente em relação a barreiras de mercado e a conflitos de interesses entre os vários agentes que atuam nesse setor. É de suma importância que o país desenvolva políticas bem orientadas para garantir o desenvolvimento sustentável (CARMONA; KASSAI, 2019).

Em relação à França, o relatório Revisão da Política de Energia da França de 2021, realizado pela Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês), aponta que o país ainda não está seguindo o melhor caminho para atingir suas metas de eficiência energética, aumento de energias renováveis e redução de emissões, acordadas na primeira NDC, em 2015 (IEA, 2021).

Segundo a IEA (2021), apesar do papel importante assumido pela França no impulsionamento das políticas para transição energética mundial, a política energética de baixo carbono do país não é rápida o suficiente para que o governo possa cumprir suas metas de energia e clima, exigindo esforços políticos mais fortes e maiores investimentos para acelerar o processo. Mesmo o programa de investimentos do governo para 2030 e seu plano de recuperação econômica estando entre os mais ambiciosos, com arrojados planos de financiamento para encorajar reformas de edifícios e transição de baixo carbono, a Agência Internacional de Energia aponta que, para o ano de 2022, o governo francês precisará tomar decisões importantes para que o país consiga cumprir com sua meta de descarbonização para 2050, dentre as quais a modernização de suas instalações nucleares e a expansão de fontes renováveis (IEA, 2021).

O relatório aponta ainda que o governo francês está trabalhando para acelerar a expansão das fontes eólica e solar através da simplificação de licenças, da promoção de iniciativas emblemáticas e do alinhamento das ambições regionais e nacionais, mas sem políticas mais consistentes todos esses esforços correm o risco de serem prejudicados (IEA, 2021).

Nos últimos anos, mudanças impactantes vêm alterando o caminho para o crescimento das energias renováveis na França. A primeira delas é decorrente da mudança de governo, da esquerda socialista, mais alinhada com os partidos verdes (ecológicos), para um movimento de centro-direita, cuja pretensão maior é o investimento em energia nuclear, além de fontes renováveis.

A decisão anunciada em 2022 de investir massivamente na renovação do parque nuclear francês para substituir o parque envelhecido, desenvolvido desde os anos 1970, irá comprometer grande parte dos investimentos que poderiam ser destinados para as energias renováveis. O governo francês anunciou um plano de investimentos de 30 bilhões de euros em cinco anos, cujo objetivo é descarbonizar a economia francesa, através de uma reindustrialização com menor índice de emissões de gás carbônico.

Por outro lado, a instabilidade energética ligada à guerra entre a Rússia e a Ucrânia terá como uma das consequências a elevação dos custos da energia na Europa, o que poderia tornar-se favorável ao desenvolvimento ampliado de energias renováveis para substituir a dependência do petróleo e gás russo. Possivelmente, a Alemanha será obrigada a agir para não mais importar o gás da Rússia, o que poderia servir como incentivo para outros países da Europa como a França.

Em relação aos setores elétricos, Brasil e França compartilham semelhanças relacionadas tanto à configuração quanto aos desafios do processo de reestruturação. Ambos os países mantiveram a participação relevante de capital público no setor e o protagonismo de suas empresas verticalmente integradas – a Eletrobras e a *Électricité de France (EDF)*.

Como já apontado anteriormente, os dois países em estudo possuem matrizes elétricas com baixa emissão de carbono, com maior predominância de usinas hidrelétricas no Brasil e nucleares na França. Apesar disso, cada governo vem debatendo questões sobre a necessidade de reestruturação de seus setores elétricos bem como do futuro papel de suas empresas de capital majoritário público.

Ambos os países possuem um desafio semelhante de adaptação de empresas essencialmente públicas no mercado de energia que se abre ao privado e a necessidade de gerar valor para sustentar as demandas de investimentos para renovar e manter os seus principais parques geradores de eletricidade – parque hidráulico no Brasil e parque nuclear na França, além dos investimentos necessários em fontes renováveis.

No caso da França, a pressão é ainda maior, visto que há uma forte intenção por parte da União Europeia em abrir o mercado de energia e impedir o favorecimento estatal, que resultaria num desequilíbrio na competição e, além disso, numa pressão do custo de renovação do parque nuclear combinado ao alto endividamento da empresa.

A atual situação geopolítica europeia tem dado indícios de que pode não acontecer grandes alterações na EDF nos próximos anos. Com a guerra na Ucrânia, os preços da energia aumentaram consideravelmente, vindo a pressionar o poder de compra da sociedade. Sendo assim, é possível que o governo queira manter ao máximo o controle dos preços para não gerar um movimento social, fator que impediria a condução das reformas defendidas na recente campanha eleitoral do presidente francês. Além disso, existem muitas resistências também por parte dos deputados e dos sindicatos, que representam uma força social importante na França.

No que diz respeito ao Brasil, a pressão é menor pois a pretensão de abrir a estatal ao setor privado é uma decisão totalmente brasileira e se inscreve numa política de desestatização em vários setores econômicos. O objetivo seria de expandir a capacidade de investimentos da empresa e torná-la uma importante competidora no setor elétrico, garantindo assim o futuro da segurança energética brasileira. Como desafio, destaca-se a grande assimetria existente na infraestrutura do setor elétrico no Brasil, com regiões onde o serviço de eletricidade é mais desenvolvido e em outras onde ainda existem grandes gargalos.

## 6. CONCLUSÃO

Como objetivo deste trabalho, um estudo comparativo sobre a evolução das matrizes elétricas do Brasil e da França mostrou as direções que cada um tomou entre os anos de 2010 e 2020 e qual será o melhor caminho a seguir, pensando num futuro energético mais sustentável. Para tanto, buscou-se compreender a composição das matrizes elétricas de ambos os países, seus maiores desafios e as políticas energéticas que estão sendo implantadas para atingir uma economia de baixo carbono alinhada à segurança energética dos dois países.

No caso do Brasil, mesmo a matriz elétrica sendo em grande parte renovável, com elevada participação das hidrelétricas, observou-se que no decorrer deste período houve um crescimento significativo de outras fontes renováveis, com destaque para eólica, solar e biomassa, evidenciando não somente o potencial que o país possui para desenvolver estas fontes, mas a crescente intenção por parte do governo em diversificar a matriz elétrica para não permanecer na dependência da fonte hidráulica.

A França, por sua vez, apresentou um crescimento de fontes renováveis, com maior relevância para eólica, ao passo que reduziu a utilização de térmicas a carvão buscando atingir metas climáticas. Além disso, como anunciando recentemente pelo governo, sua intenção é de investir no seu parque nuclear para os próximos anos, que já é a maior fonte de energia elétrica do país há anos.

Assim sendo, foi verificado que as matrizes elétricas do Brasil e da França são bem diferentes. A matriz elétrica brasileira é majoritariamente composta de fontes consideradas limpas e renováveis, com especial uso de hidrelétricas, ao passo que a matriz elétrica francesa é composta em sua maioria pela fonte nuclear.

A França, no período pesquisado, implementou esforços para a mudança de sua matriz elétrica, tentando diminuir a participação de usinas nucleares. Contudo, recentemente viu-se mudanças nos paradigmas políticos do país, uma vez que há em curso um planejamento para aumentar a quantidade de reatores nucleares, de modo a atender as demandas internas, e, os franceses não fiquem dependentes de fontes externas ao país.

De modo geral, há um ponto em comum entre as políticas energéticas dos dois países. No período pesquisado, foi possível verificar que ambas as nações buscam esforços para implementar fontes renováveis e que estejam mais ligadas ao meio ambiente, tentando diminuir a emissão de gases de efeito estufa, em especial o carbono.

Tanto o Brasil quanto a França firmaram acordos norteados pela diminuição de suas emissões, sendo o Acordo de Paris crucial para essa direção.

O Brasil tem muito a avançar nessa questão, já que seus objetivos para atingir a meta de emissões desejada pelo Acordo de Paris estão abaixo do esperado. O grande desafio para que o país consiga atingir os objetivos com os quais se comprometeu gira em torno das ações e investimentos por parte do governo que deverão acontecer para colocar o país no caminho de uma economia de baixo carbono. Todavia, o Brasil tem buscado investir cada vez mais em fontes renováveis, mas ficou claro que o país ainda é carente de uma política energética que se mostra eficaz a longo prazo, deixando a pensar que o futuro energético é algo para se preocupar.

A França, por sua vez, apesar de ter em curso uma política energética de baixo carbono mais estruturada em relação a do Brasil, esta não tem se mostrado rápida o suficiente para que o governo possa cumprir suas metas climáticas dentro do tempo estabelecido, exigindo maiores esforços políticos, além de grandes investimentos para acelerar o processo.



## REFERÊNCIAS

AIE [Agência Internacional da Energia]. World International Outlook, 2020. Disponível em <[www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2020](http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2020)>. Acesso em 10/01/22.

AIE [Agência Internacional da Energia]. France 2021 – Energy Policy Review. Disponível em <<https://iea.blob.core.windows.net/assets/7b3b4b9d-6db3-4dcf-a0a5-a9993d7dd1d6/France2021.pdf>> Acesso em 01/05/22.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. **Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC e dá outras providências.** Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm)>. Acesso em 04/03/22.

ABBEólica [Associação Brasileira de Energia Eólica]. **Boletim Anual de Geração 2020.** Disponível em <[http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2021/06/PT\\_Boletim-Anual-de-Gera%C3%A7%C3%A3o\\_2020.pdf](http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2021/06/PT_Boletim-Anual-de-Gera%C3%A7%C3%A3o_2020.pdf)>. Acesso 04/02/22.

ABRADEE. **Visão geral do setor.** Disponível em:< <https://www.abradee.org.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor/>>. Acesso em 02/02/22.

ABSOLAR [Associação Brasileira de Energia Fotovoltaica]. **Energia Solar Fotovoltaica no Brasil - Infográfico ABSOLAR 2020.** Disponível em <<https://www.absolar.org.br/wp-content/uploads/2021/02/2020.11.24%20Infogr%C3%A1fico%20ABSOLAR%20n%C2%BA%2025.pdf>>. Acesso em 04/02/22.

ANEEL [Agência Nacional de Energia Elétrica]. Disponível em <[https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset\\_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/no-dia-mundial-da-agua-aneel-publica-infografico-sobre-hidreletricas-no-brasil/](https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao-2/-/asset_publisher/zXQREz8EVIZ6/content/no-dia-mundial-da-agua-aneel-publica-infografico-sobre-hidreletricas-no-brasil/)>. Acesso em 04/02/22

BORGES, R. S. B.; SILVA, V. de P. S. (2011). **USINAS HIDRELÉTRICAS NO BRASIL: a relação de afetividades dos atingidos com os lugares inundados pelos reservatórios.** *Caminhos De Geografia*, 12(40). Disponível em <<https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16665>>

BRASIL, Ministério das Relações Exteriores. **Apresentação da Contribuição Nacionalmente Determinada do Brasil perante o Acordo de Paris.** (2020). Disponível em <[https://www.gov.br/mre/pt-br/canais\\_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/2020/apresentacao-da-contribuicao-nacionalmente-determinada-do-brasil-perante-o-acordo-de-paris](https://www.gov.br/mre/pt-br/canais_atendimento/imprensa/notas-a-imprensa/2020/apresentacao-da-contribuicao-nacionalmente-determinada-do-brasil-perante-o-acordo-de-paris)>. Acesso em 01/03/22.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030.** (2021). Disponível em < <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2030-e-entregue-ao-presidente-da-republica/PDE2030.pdf> >. Acesso em 11/03/22.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2050**. (2021). Disponível em <http://antigo.mme.gov.br/documents/36208/468569/Relat%C3%B3rio+Final+do+PNE+2050/77ed8e9a-17ab-e373-41b4-b871fed588bb>>. Acesso 05/03/22.

BRASIL, Governo do Brasil. **Energia renovável chega a quase 50% da matriz energética brasileira**. (2021). Disponível em <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/08/energia-renovavel-chega-a-quase-50-da-matriz-eletrica-brasileira-1>>. Acesso em 16/03/22.

CARMONA, Bruna de Souza; KASSAI, José Roberto. A matriz energética brasileira: uma análise perante a NDC e o ODS7. (2019). Anais. São Paulo: EAC/FEA/USP, 2019. Disponível em: <https://congressosp.fipecafi.org/anais/19UspInternational/ArtigosDownload/1751.pdf>.

CPFL. CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS ELÉTRICOS E DO SETOR ELÉTRICO DE PAÍSES E/OU ESTADOS SELECIONADOS. (2014). Disponível em <https://www.cpfl.com.br/energias-sustentaveis/inovacao/projetos/Documents/PB3002/caracteristicas-de-sistemas-eletricos-de-paises-selecionados.pdf>>

CRE [Commission de Régulation de L'Énergie]. **Observatoire des Marchés de Détail Quatrieme Trimestre 2020**. Disponível em [www.cre.fr](http://www.cre.fr)>. Acesso em 02/02/22.

EDF [Électricité de France]. **Le thermique à flamme em chiffres**. Disponível em <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/le-thermique-a-flamme-en-chiffres>>. Acesso em 03/01/22.

EDF [Électricité de France]. **Shaping the Future of Nuclear**. Disponível em <https://www.edf.fr/en/the-edf-group/producing-climate-friendly-energy/nuclear-energy/we-are-preparing-tomorrow-s-nuclear-energy>>. Acesso em 11/02/2022.

ELETOBRAS ELETRONUCLEAR. **Energia Nuclear**. Disponível em <https://www.eletronuclear.gov.br/Sociedade-e-Meio-Ambiente/Espaco-do-Conhecimento/Paginas/Energia-Nuclear.aspx>>. Acesso em 03/02/22.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Expansão da Geração**. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-da-geracao/fontes>>. Acesso em 15/01/22.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em 20/12/21.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Balanco Energético Nacional (BEN) 2011: Ano base 2010**. Disponível em <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2011>>. Acesso em 14/12/21.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Balanco Energético Nacional (BEN) 2021: Ano base 2020**. Disponível em <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2021>>. Acesso em 14/12/21.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2015: Ano base 2014**. Disponível em <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015.pdf>>. Acesso em 09/05/22.

ENEDIS. *Notre Entreprise*. Disponível em <<https://www.enedis.fr/notre-entreprise>>. Acesso em 06/02/22.

EUROSTAT. *25% of EU electricity production from nuclear sources (2022)*. Disponível em <<https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220111-1>>. Acesso em 04/02/22.

FERREIRA, L. **Os impactos socioeconômicos e ambientais gerados pela construção de hidrelétrica na Amazônia: estudo de caso Belo Monte**. 2017, 91 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Economia, 2017. Disponível em <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/41811/1/FERREIRA%2C%20Lindomayra%20Fran%C3%A7a.pdf>>.

FILHO, Rogério Arcuri, 2022. **Energia Nuclear no Brasil atinge nova marca mundial**. Disponível em <<http://www.aben.com.br/Arquivos/731/731.pdf>>. Acesso 04/02/2022.

FRANÇA, Bilan Életrique 2020. **O Plano Decenal de Desenvolvimento da Rede (SDDR)**. 2020. Disponível em <<https://bilan-electrique-2020.rte-france.com/reseau-de-transport-sddr/>>. Acesso em 05/03/22.

FRANÇA, Ministère de La transition Écologique. **La production d'électricité**. 2017. Disponível em <<https://www.ecologie.gouv.fr/production-delectricite>>. Acesso em 05/03/22.

FRANÇA, Ministère de La transition Écologique. **Programmes de soutien aux énergies renouvelables**. 2021. Disponível em <<https://www.ecologie.gouv.fr/dispositifs-soutien-aux-energies-renouvelables>>. Acesso em 05/03/22.

FRANÇA, Ministère de La transition Écologique. **Programmes pluriannuels de l'énergie (PPE)**. 2021. Disponível em <<https://www.ecologie.gouv.fr/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe>>. Acesso em 05/03/22.

GOVERNO DO BRASIL. **Geração eólica ultrapassa os 20 GW de capacidade instalada no Brasil**. Disponível em <<https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/11/geracao-eolica-ultrapassa-os-20-gw-de-capacidade-instalada-no-brasil>>. Acesso em 04/02/2022.

FMI [Fundo Monetário Internacional]. Disponível em <<https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPD@WEO/OEMDC/ADVEC/WEO/ORLD>>. Acesso em 25/01/22.

ITAIPU BINACIONAL. **Geração**. Disponível em <<https://www.itaipu.gov.br/energia/geracao>>. Acesso em 02/02/22.

KISHINAMI, Roberto. **Impactos de mudanças na Matriz Elétrica Brasileira**. 2016. Disponível em <<https://escolhas.org/wp-content/uploads/2016/10/Impacto-Matriz-Elétrica-RelatorioFinal-Escolhas.pdf>>.

LOSEKANN, Luciano; TAVARES, Felipe Botelho. **Política Energética no Brics: desafios da transição energética**. 2019. Disponível em <[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44922/1/S1901010\\_pt.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44922/1/S1901010_pt.pdf)>. Acesso em 15/03/22.

LUCENA A. F.P.; CLARKE, L.; SCHAEFFER, R., SZKLO, A., ROCHEDO, P.R.R., DAENZER, K., GURGEL, A., KITOUS, A., KOBER, T. **Climate Policy Scenarios in Brazil: a multi-model comparison for energy**. *Clim. Policy* (2015), pp. 1-25.

MARIGNAC, Yves; BESNARD, Manon. **Nucléaire français: l'impasse industrielle Le poids du pari industriel nucléaire de la France à l'heure de la transition énergétique**. 2016. Disponível em <<https://www.greenpeace.fr/nucleaire-francais-limpasse-industrielle/>>.

MME [Ministério de Minas e Energia]. **Conheça as instituições do setor elétrico brasileiro e as competências de cada uma**. 2021. Disponível em <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/conheca-as-instituicoes-do-setor-eletrico-brasileiro-e-as-competencias-de-cada-uma>>. Acesso em 04/02/22.

RODRIGUES, Marcus Vinícius C. **A geração de energia e os novos paradigmas para a utilização de energia elétrica no Brasil: uma análise com ênfase na teoria crítica da tecnologia**. 2019.

RTE [Réseau de Transport d'Électricité]. **Bilan Electrique 2020**. Disponível em <[https://assets.rte-france.com/prod/public/2021-03/Bilan%20electrique%202020\\_0.pdf](https://assets.rte-france.com/prod/public/2021-03/Bilan%20electrique%202020_0.pdf)>. Acesso em 08/12/21.

SILVA, Gláucia. **A (di)gestão do risco nuclear na França: o caso das Comissões Locais de Informação\***. 2007. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/mana/a/QgfDqZmhm5BcV5GYq8tRfMf/?format=pdf&lang=pt>>.

SOUZA, D. P. et al. **Desenvolvimento urbano e saúde pública: impactos da construção da UHE de Belo Monte**. 2017. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/56040/35988>>.

SOUZA, Maria Cristina Oliveira; CORAZZA, Rosana Icassatti. **Do Protocolo de Kyoto ao Acordo de Paris: uma análise das mudanças no regime climático global a partir**

**do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa.** 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/51298>>.

STAPPEL, Mirjam Katrin Gerlach; SCHOLZ, Angela Carsten Pepe. **O Sistema de Energia Europeu em 2030: Desafios de Flexibilidade e Benefícios da Integração.** 2015. Disponível em <[https://emaisenergia.org/wp-content/uploads/2020/06/03\\_sistema-energia-europeu-Folder-Maio-2020.pdf](https://emaisenergia.org/wp-content/uploads/2020/06/03_sistema-energia-europeu-Folder-Maio-2020.pdf)>.

SYDELA. **L'organisation du service public de l'électricité et du gaz en France.** Disponível em <<https://www.sydel.fr/organisation-du-service-public-de-lelectricite-en-france-2/#:~:text=L%E2%80%99organisation%20du%20service%20public%20de%20l%E2%80%99%C3%A9lectricit%C3%A9%20en%20France,production%2C%20le%20transport%2C%20la%20distribution%20et%20la%20fourniture>>. Acesso em 05/02/22.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica.** EPE: Rio de Janeiro, 2016. 452p.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia Termelétrica: gás natural, biomassa, carvão, nuclear.** EPE: Rio de Janeiro, 2016, 417p. ISBN 978-85-60025-05-3.

UNFCCC, NDC Registry. **Submission By Germany and The European Commission on Behalf of The European Union and its Member States.** (2020). Disponível em:<[https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/France%20First/EU\\_NDC\\_Submission\\_December%202020.pdf](https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/France%20First/EU_NDC_Submission_December%202020.pdf)>. Acesso em 03/03/22.

UNFCCC [United Nations Framework Convention on Climate Change]. **Contributions déterminées au niveau national (CDN).** (2022). Disponível em <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/nationally-determined-contributions-ndcs/nationally-determined-contributions-ndcs#eq-1>>. Acesso em 01/03/22.

UNFCCC [United Nations Framework Convention on Climate Change]. **Carta do Ministério do Estado das Relações Exteriores (2021).** Disponível em <<https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/2021%20-%20Carta%20MRE.pdf>>. Acesso em 08/03/22.

UNFCCC [United Nations Framework Convention on Climate Change]. **NDC Registry Brazil.** Disponível em <<https://www4.unfccc.int/sites/ndcstaging/PublishedDocuments/Brazil%20First/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf>>. Acesso em 10/03/22.

UNFCCC [United Nations Framework Convention on Climate Change]. **The Paris Agreement.** Disponível em <<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>>. Acesso em 01/03/22.

UNFCCC [United Nations Framework Convention on Climate Change]. **What is the Kyoto Protocol?** Disponível em <[https://unfccc.int/kyoto\\_protocol](https://unfccc.int/kyoto_protocol)>. Acesso em 25/05/22.

WORLD NUCLEAR ASSOCIATION. **Nuclear Power in France (2022)**. Disponível em <<https://www.world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france.aspx>>. Acesso em 06/02/22.