



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE GESTÃO
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

TACIELE MORAIS SILVA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO NORDESTE BRASILEIRO: uma análise dos aspectos
econômicos e sociais da transição energética na região

Caruaru
2025

TACIELE MORAIS SILVA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO NORDESTE BRASILEIRO: uma análise dos aspectos
econômicos e sociais da transição energética na região

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Ciências Econômicas
do Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo
científico, como requisito parcial para a
obtenção do grau de bacharel em Economia.

Área de concentração: Energias Renováveis.

Orientador (a): Prof.^a Dra. Cynthia Xavier de Carvalho

Caruaru

2025

Dedico este trabalho aos meus pais, pela base firme, pelo amor constante e pelo exemplo silencioso de força e coragem.

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO NORDESTE BRASILEIRO: uma análise dos aspectos econômicos e sociais da transição energética na região

ENERGY EFFICIENCY IN NORTHEAST BRAZIL: an analysis of the economic and social aspects of the energy transition in the region

Taciele Morais Silva¹

RESUMO

A necessidade de uma transformação energética envolvendo políticas que promovam o desenvolvimento baseado na sustentabilidade tornou-se tema central de discussões socioeconômicas, que tratam das condições para uma descarbonização das matrizes energéticas. A crise econômica generalizada causada pela pandemia da COVID-19 intensificou ainda mais a urgência por buscas de alternativas sustentáveis capazes de sustentar os processos de oferta e demanda energética da população mundial e, em menor escala, as economias regionais. Assim, este artigo analisa dados estruturados sobre o tema para conhecer o cenário e interpretar os aspectos das mudanças energéticas dentro do contexto econômico e geográfico do Nordeste brasileiro, observando os componentes da matriz energética nacional e regional, seus dados de produção e consumo desagregados por estado e suas variações ao longo dos anos. Através de uma metodologia qualitativa foram analisadas de que maneira esses processos de transição energética transformaram a economia da região e, conseqüentemente, o padrão de vida da população. Utilizando-se fontes secundárias para o período de 2013 a 2022, trabalhou-se no contexto do método hipotético-dedutivo, testando os resultados por meio da comparação dos resultados apresentados ao longo do tempo. A hipótese é de que houve um aumento na produção e consumo de energia no Nordeste brasileiro advindos de diferentes fontes. Os resultados apontaram que, de fato, há um aumento na produção e consumo de energia no Nordeste brasileiro advindas de diferentes fontes, além das fontes hídricas, através de ações de intensificação da demanda por diferentes alternativas de produção energética ao longo do período estudado, porém, sua relação com uma melhora econômica para a população dos estados nordestinos se mostrou equivocada e não pode ser sustentada.

¹ Graduando em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. E-mail: taciele.morais@ufpe.br

Palavras-chave: desenvolvimento sustentável; eficiência energética; transição energética; desenvolvimento regional.

ABSTRACT

The need for an energy transformation involving policies that promote development based on sustainability has become a central theme of socioeconomic discussions, which deal with the conditions for the decarbonization of energy matrices. The widespread economic crisis caused by the COVID-19 pandemic has further intensified the urgency for searching for sustainable alternatives capable of sustaining the energy supply and demand processes of the world population and, to a lesser extent, regional economies. Thus, this article analyzes structured data on the topic to understand the scenario and interpret aspects of energy changes within the economic and geographic context of the Brazilian Northeast, observing the components of the national and regional energy matrix, its production and consumption data disaggregated by state and its variations over the years. Using a qualitative methodology, we analyzed how these energy transition processes transformed the region's economy and, consequently, the population's standard of living. Using secondary sources for the period from 2013 to 2022, we worked in the context of the hypothetical-deductive method, testing the results by comparing the results presented over time. The hypothesis is that there was an increase in energy production and consumption in the Brazilian Northeast coming from different sources. The results showed that, in fact, there is an increase in energy production and consumption in the Brazilian Northeast coming from different sources, in addition to water sources, through actions to intensify the demand for different energy production alternatives throughout the studied period, however, its relationship with an economic improvement for the population of the northeastern states proved to be mistaken and cannot be sustained.

Keywords: Sustainable Development. Energy Efficiency. Energy Transition. Regional Development.

DATA DE APROVAÇÃO: 28 de MARÇO de 2025.

1 INTRODUÇÃO

Durante as últimas décadas, o setor energético brasileiro vem passando por inúmeras transformações. O período entre 1950 e 1970 foi de grande crescimento para a economia brasileira, que dependia principalmente do mercado externo devido a vigência do modelo primário-exportador. Entretanto, ao final dos anos 1970, a crise mundial ocasionada pelos choques do petróleo alterou profundamente a dinâmica econômica internacional (Bastos, 2001).

A crise que assolou o Brasil durante a década de 1980 foi a responsável por dismantelar gradativamente a economia do país, que se tornava cada vez mais “corroída pela alta inflação e por juros elevados” (Silvestre et al., 2010, p. 95). Concomitantemente, havia o aumento da dívida externa que, devido às altas taxas de juros, não conseguia ser sanada, levando o Estado à inadimplência.

Ainda segundo Silvestre et al. (2010, p. 95), o setor de energia elétrica foi um dos mais afetados pela crise econômica, pois com o aumento do consumo de energia “o fornecimento de eletricidade ficou comprometido, uma vez que não foi possível realizar uma expansão necessária do setor que acompanhasse a expansão da demanda por energia”. Na posição de crescente demandante de energia estava a região Nordeste. Segundo Lins (1973, p. 122), o consumo de energia “em termos de crescimento médio anual cumulativo nos anos de 1961-1971 acusaram no país 7,4% contra os 15,5% registrados no Nordeste”. Esses dados mostram historicamente a importância do setor para a região.

Lins (1973) também sinalizava a previsão de que, àquela época, já havia uma estimativa de crescimento da demanda por energia na região, indicando que o consumo em 1990 seria equiparado ao consumo nacional total de 1970. Essa estimativa pode ser comprovada com os dados informados na Nota Técnica DEN 04/08, do Ministério de Minas e Energia (MME), que demonstra que no período de 1976-1980 a média anual das taxas de crescimento do número de consumidores residenciais no Brasil foi de 8,9% ao passo que no Nordeste essa mesma taxa foi de 13,3%. Os números para o período de 1985-1990 foram, respectivamente, de 5,1% e 6,6% (EPE, 2008).

Além disso, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2008), empresa vinculada ao Ministério de Minas e Energia do Brasil, as taxas de crescimento do número de consumidores residenciais consolidadas durante o período de 1976-2007 foram de 5,3% para o Brasil e 7,0% para o Nordeste, apontando, assim, uma diferença de 1,7 pontos percentuais. Para o consumo total de energia elétrica no país no período de 2008-2022 os dados apresentam os seguintes percentuais para as regiões do país: Nordeste 17,0%, Norte 6,8%, Sudeste 51,1%,

Sul 17,8% e Centro-Oeste 7,3%, demonstrando, desta forma, o potencial de competitividade do setor de energia ao evidenciar a proximidade do consumo total da região Nordeste do Brasil em comparação com o consumo da região Sul do país (EPE, 2023).

Isto posto, a produção de energia e, conseqüentemente, suas formas de distribuição e consumo ainda hoje passam por importantes discussões, provando que o tema permanece atual. A ONU, através da Agenda 2030, estabelece a necessidade de propor fontes de energia limpas e acessíveis em busca de um desenvolvimento sustentável a longo prazo, como exposto no objetivo 7, que consiste em “assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos” (ONU, 2015).

Com base nesse cenário, este estudo define como questão principal de análise: qual a dinâmica de produção e consumo de diferentes matrizes energéticas no contexto geográfico e econômico da região Nordeste do Brasil para o período de 2013 a 2022. A partir disso, questiona-se: de que maneira os processos de transição energética transformaram a economia da região e, conseqüentemente, o padrão de vida da população?

A discussão sobre a questão energética e, mais precisamente, sua dinâmica nos estados que compõem a região Nordeste do Brasil, tem ganhado novas contribuições ao passo que novas oportunidades de energia renovável, complementares à distribuição hidroelétrica, começam a conquistar espaço no planejamento energético nacional (Da Silva e Cândido, 2015). Diante dessas implicações, fez-se necessário analisar de que forma a região se organizou em torno de suas demandas de energia e os impactos causados por essa transição energética no seu desenvolvimento econômico.

Não obstante, o conceito de desenvolvimento implica mudanças estruturais, institucionais e culturais, abrangendo, assim, diversas áreas da sociedade em um processo complexo de transformações sociais, políticas e econômicas (Bresser-Pereira, 2003). Com base na definição apresentada por Bresser-Pereira, é relevante desmembrar o conceito de desenvolvimento em aspectos mais específicos para segmentar o objeto de estudo, como é o caso deste trabalho, que foca na delimitação do desenvolvimento econômico com enfoque no Nordeste brasileiro. Especificamente, analisa-se a produção e o consumo de energia na região em determinado período do século XXI.

Desse modo, para que seja possível analisar o impacto das mudanças energéticas dentro do contexto econômico e geográfico do Nordeste do Brasil fez-se necessário observar os componentes da matriz energética brasileira, seus dados de produção e consumo desagregados por estado, e suas variações ao longo dos anos. Para isso, serão utilizados dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), do Produto Interno Bruto (PIB), do Índice de

Desenvolvimento Humano (IDH) e do Índice de Gini, o indicador que mede o grau de concentração de renda em grupos determinados. A partir da análise desses diferentes indicadores será possível ter um panorama mais amplo no que diz respeito à situação socioeconômica desse recorte geográfico diante da questão-problema.

A metodologia adotada neste trabalho pretende-se, principalmente, qualitativa e exploratória. Como exposta adiante, visa utilizar fontes documentais de informações e analisar descritivamente os dados coletados a respeito dos impactos econômicos e ambientais no desenvolvimento de políticas de eficiência energética na região Nordeste, questionando de que maneira os processos de transição energética transformaram a economia da região e, consequentemente, o padrão de vida da população.

Tendo em vista o exposto definiu-se como objetivo geral analisar as transições verificadas na matriz energética dos estados da região Nordeste brasileira e seus impactos no crescimento econômico da região e, de maneira mais específica, partir de um recorte geográfico e temporal considerando as transformações ocorridas durante o período de 2013 a 2022 e analisar os dados e tendências futuras da transição energética em relação ao PIB, IDH e Índice de Gini dos estados da região para o período de 2013 a 2022.

A hipótese de trabalho é a de que há um aumento na produção e consumo de energia no Nordeste brasileiro advindas de diferentes fontes, além das fontes hídricas, através de ações de intensificação da demanda por diferentes alternativas de produção energética. Essa hipótese será testada através da comparação dos resultados medidos ao longo do período estudado.

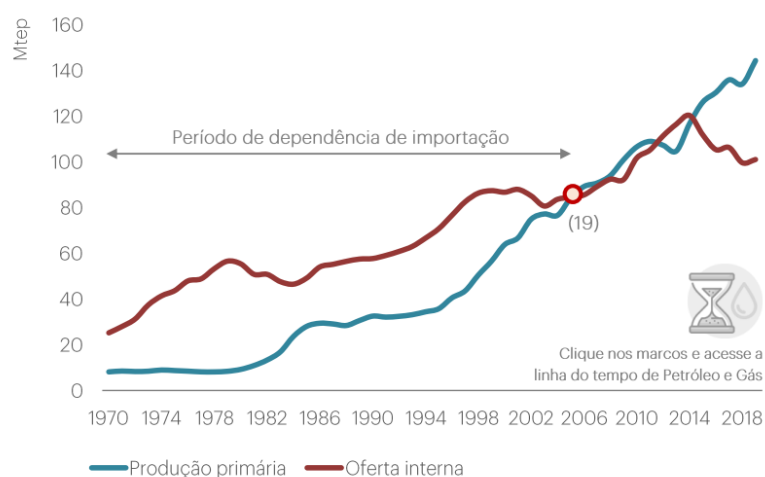
O presente trabalho estrutura-se em cinco seções. Esta primeira pretende contextualizar a temática; a segunda, procura estabelecer o referencial teórico utilizado na pesquisa; a terceira expõe a metodologia aplicada; a quarta, apresenta os resultados obtidos através da investigação realizada e a quinta e última seção traz as considerações finais do estudo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A questão da eficiência energética se intensificou como um tema de importante discussão nacional a partir dos choques do petróleo, que ocorreram primeiro em 1973 e novamente em 1979. Com o cenário internacional de oferta de energia em crise, a percepção a respeito da escassez dos recursos energéticos foi modificada a fim de promover a manutenção da demanda por energia nas economias domésticas, além de forçar uma corrida em busca de diversificação nas matrizes de produção e distribuição energética (MME, 2008).

De acordo com o Plano Nacional de Eficiência Energética - PNEf (MME, 2008), a alta dos preços de insumos e derivados energéticos ocasionada pelas crises do petróleo provocou uma série de ações cujo objetivo era alcançar a eficiência energética nacional e mitigar a dependência de recursos externos. Essas ações podem ser mais bem observadas no II Plano Nacional de Desenvolvimento 1975-1979 (Giambiagi et al., 2005), que propunha alternativas para que a estrutura econômica do Brasil fosse ajustada frente à escassez do petróleo. A figura 1 apresenta a evolução histórica, em milhões de toneladas de petróleo equivalente (Mtep), da produção primária e oferta interna de petróleo e derivados, demonstrando a necessidade de importação do insumo para a manutenção da oferta nacional da produção de energia, exemplificando a vulnerabilidade do Brasil em relação ao suprimento energético a partir da década de 1970 até os anos 2000 (EPE, 2020).

Figura 1 - Evolução histórica da dependência nacional de importação de petróleo



Fonte: BEN 50 anos (EPE, 2020, p. 20)

Uma das tarefas que o II PND define como decisiva na estratégia nacional está relacionada às Políticas de Energia, que objetivavam a substituição do petróleo como insumo principal na matriz energética brasileira e estabelecia que os investimentos para que este fim fosse alcançado seriam subsidiados através de investimentos públicos e privados por meio de políticas específicas (Hermann, 2005). Todavia, a estratégia de endividamento externo para o financiamento das mudanças na infraestrutura doméstica não foram bem sucedidas, pois o notável aumento das taxas de juros referentes aos empréstimos contraídos somados às crises econômicas internacionais levou o país a não conseguir cumprir com o pagamento da dívida.

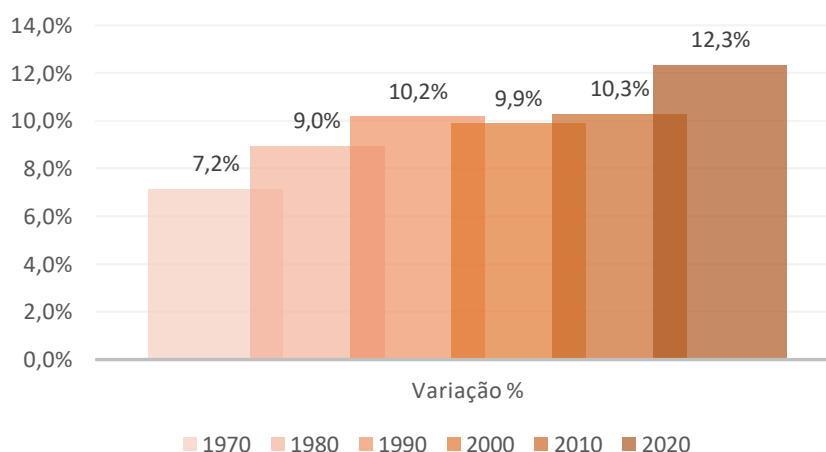
De acordo com Bastos (2001), o comprometimento substancial das exportações com o pagamento das dívidas forçou o país a recorrentes desvalorizações cambiais da moeda

doméstica, o que acarretou um persistente processo inflacionário. A fim de combater esse processo, foram implementados vários planos de caráter monetários, cujos sucessos eram bastante efêmeros e não resolviam efetivamente o problema da hiperinflação dos anos 1980. Apenas em 1994, com a implantação do Plano Real, houve uma estabilização do processo inflacionário e das contas da balança comercial. Foi nesse contexto que ocorreram as privatizações da infraestrutura do setor de produção e distribuição da energia elétrica no Brasil.

Entretanto, foi constatado que apenas a produção nacional de energia para o consumo interno não seria suficiente, uma vez que a má alocação na gestão dos recursos energéticos levou o país a um enorme racionamento de energia elétrica no ano de 2001 (Sola et al., 2007). Em decorrência de uma grande crise hídrica no ano de 2013, ocasionada pelas alterações climáticas e ambientais, foi reacendido o sinal de alerta de que uma matriz energética majoritariamente dependente das hidrelétricas não é mais uma decisão a ser mantida no longo prazo. Mais uma vez, foi através de uma crise provocada pela escassez de energia que o conceito de eficiência energética foi revisitado, passando a ser visto como um tema urgente e de crescente importância no cenário internacional.

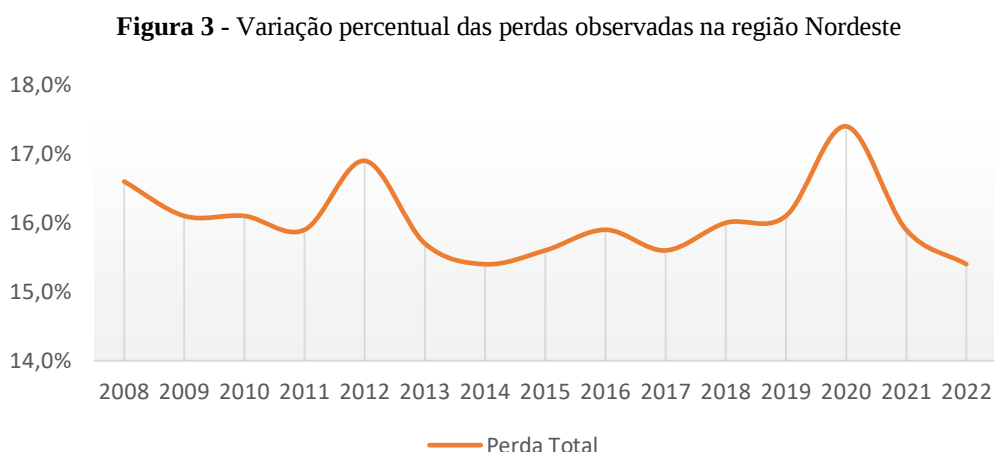
Esta ampliação do conceito de eficiência energética trouxe à superfície a necessidade de se discutir também o consumo racional de energia, que, por sua vez, pode ser observado como um processo de minimização de perdas na transformação, distribuição e armazenagem de energia, anualmente analisadas através do Balanço Energético Nacional (BEN) da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME, 2023). A variação percentual das perdas observadas nos anos selecionados está disposta na figura 2. Os valores são calculados através da subtração do Consumo Final da Oferta Interna de Energia.

Figura 2 - Variação percentual das perdas observadas em anos selecionados



Fonte: Elaboração própria baseada nos dados da EPE - acesso em 3 de janeiro de 2024

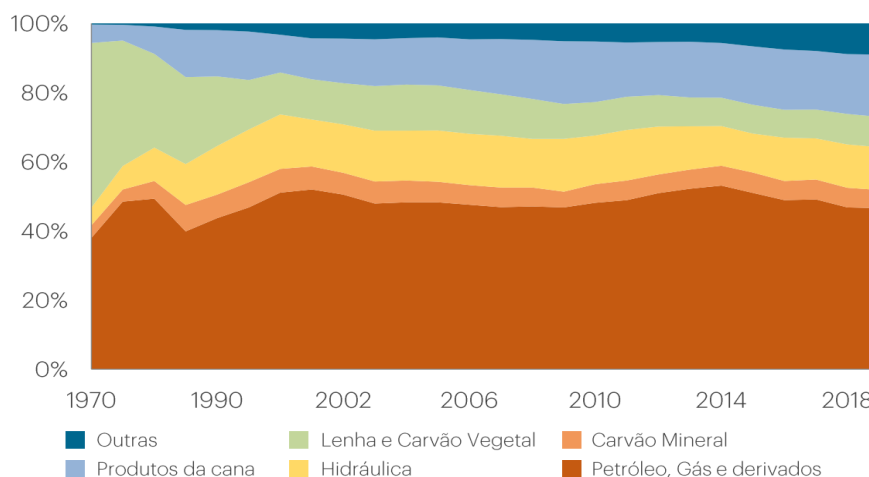
De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o percentual das perdas totais sobre a Energia Injetada referentes à região Nordeste do Brasil podem ser observados através da figura 3 (ANEEL, 2023). A flutuação compreende o período de 2008 a 2022 e demonstra, comparativamente, o espaço ocupado pela região em relação ao Brasil no que diz respeito ao tema de eficiência energética, revelando um importante espaço para o desenvolvimento de melhorias no setor.



Fonte: Elaboração própria baseada nos dados da ANEEL - acesso em 03 jan. 2024

O processo de eficiência energética impacta diretamente as economias regionais, pois alternativas renováveis e eficientes são necessárias para que o desenvolvimento econômico seja impulsionado. Nesse contexto, a viabilização de políticas de inovação é capaz de promover transformações em diferentes setores e regiões ao provocar e suportar novas atividades e processos (Fontes et al., 2022). A autonomia energética é um tema de crescente relevância dentro do escopo de discussões sobre desenvolvimento econômico sustentável a longo prazo. Segundo Santos (2019), depois de décadas de predominância do petróleo, o setor energético move-se para a eletrificação. A figura 4 demonstra a participação das fontes na Oferta Interna de Energia (OIE) em anos selecionados cobrindo o período de quase 50 anos, comprovando a distinção de fontes derivadas de petróleo e gás em comparação com as renováveis (EPE, 2020).

Figura 4 - Participação das fontes na OIE



Fonte: BEN 50 anos (EPE, 2020, p. 30)

Os debates sobre a transição energética vêm ganhando importante espaço nos últimos anos. Essa urgência se dá pela intensificação de buscas por estratégias tecnológicas que permitam a implementação de alternativas sustentáveis à atual matriz energética (Fontes et al., 2022), majoritariamente concentrada em petróleo e carbono (Santos, 2019).

Partindo dessa necessidade, o alargamento das fontes de energias renováveis despontou como opção economicamente viável de maneira que “tendo fontes para a produção de energia elétrica menos poluentes, o uso final da energia está virando para a eletricidade” (González, 2021, p. 2). Nessa conjuntura, o processo de transição energética possibilitou o desenvolvimento de fontes alternativas de produção de energia a fim de diversificar, de maneira eficiente, o escopo da matriz energética nacional.

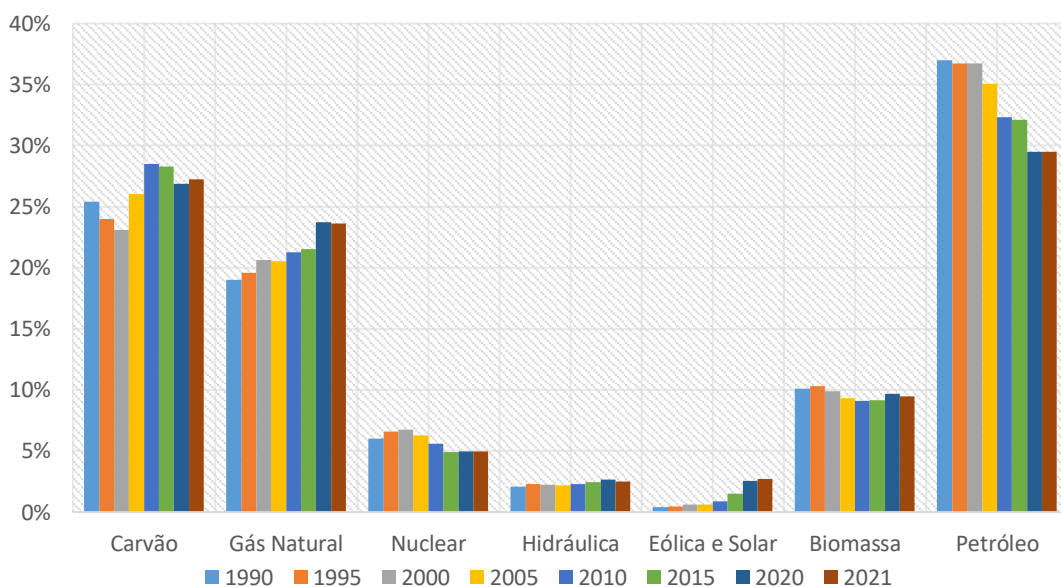
2.1 Matriz Energética

A matriz energética é constituída pelo conjunto de fontes de energia utilizadas para compor a oferta energética de um país ou região, a fim de que essa oferta seja capaz de suprir a demanda da população. As fontes de energia que compõem essa matriz energética podem ser classificadas como fontes renováveis ou fontes não renováveis.

As fontes de energia não renováveis são aquelas advindas de recursos que se esgotam ou não se regeneram na natureza, a exemplo do carvão, do petróleo e do gás natural. Por outro lado, as fontes renováveis são aquelas que, por sua natureza regenerativa, provocam menor impacto ambiental enquanto ainda mantêm suas propriedades para a geração de energia em larga escala. A energia solar, a eólica, as hidráulicas e a biomassa são alguns exemplos de fontes de energia renováveis.

O mais recente balanço estatístico da Agência Internacional de Energia (IEA, na sigla em inglês), divulgado em agosto de 2023 e graficamente representado na figura 5, mostra, a nível mundial, o percentual de consumo das fontes de energia que compõem a matriz energética internacional, cobrindo o período de 1990 até 2021 (IEA, 2023). Os dados expõem o quanto a matriz energética mundial é majoritariamente composta por fontes de energia não renováveis, a exemplo do ano de 2021 que apresenta a seguinte distribuição em ordem decrescente: Petróleo (29%), Carvão (27%), Gás Natural (24%), Biomassa (9%), Nuclear (5%), Hidráulica (3%) e Eólica e Solar (3%).

Figura 5 – Participação das fontes de energia na Matriz Energética mundial



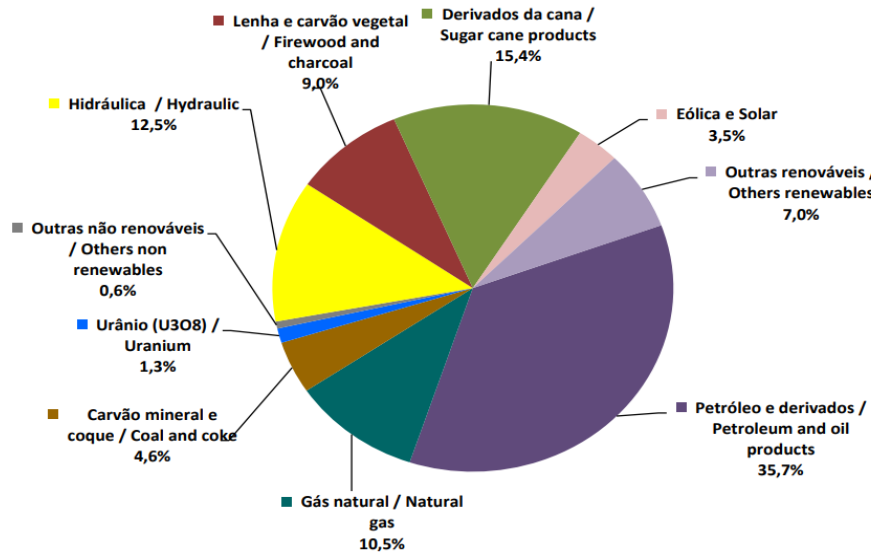
Fonte: Elaboração própria baseada nos dados da IEA – acesso em 21 jan. 2024

Apoiada nas diversas observações a respeito da composição da matriz energética mundial, a COP28, Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês) foi realizada em Dubai, nos Emirados Árabes Unidos (EAU), em 2023. O acordo firmado entre os países presentes na COP28, entre eles o Brasil, evidencia a urgência da preservação do meio ambiente e de uma remodelação das fontes que compõem a matriz energética a níveis internacionais ao sinalizar o início do fim da era dos combustíveis fósseis.

Presente e atuante na discussão internacional sobre transição energética, o Brasil ocupa um espaço importante no cenário de produção e consumo de energia oriundas de diferentes fontes. De acordo com o Balanço Energético Nacional de 2023, realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a composição da matriz energética brasileira difere significativamente do

que ocorre no restante do mundo, como demonstra a figura 6, que elenca a participação de cada fonte na Oferta Interna de Energia (OIE) considerando o ano de 2022.

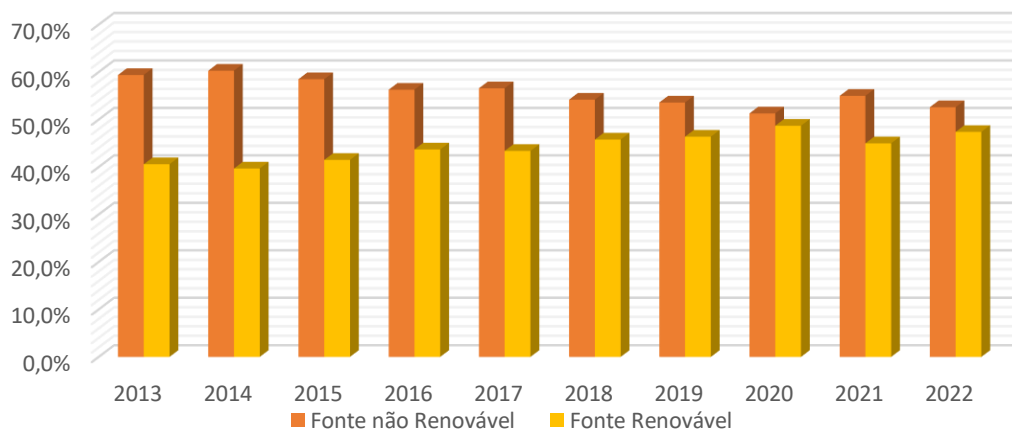
Figura 6 - Participação das fontes de energia na Matriz Energética brasileira



Fonte: BEN (EPE, 2023, p. 21)

As fontes de energia que compõem a matriz energética nacional caminham em consonância com o momento histórico de transformação de energia majoritariamente provenientes de combustíveis fósseis para fontes de energia renováveis. A figura 7 abrange o período de 2013 até 2022 e evidencia o crescimento da utilização de fontes de energia renováveis na OIE, comprovando a importante posição do Brasil no que diz respeito à utilização de fontes de energia renováveis em comparação com o que acontece no restante do mundo (EPE, 2023).

Figura 7 - Participação das fontes de energia renováveis e não renováveis na Matriz Energética brasileira

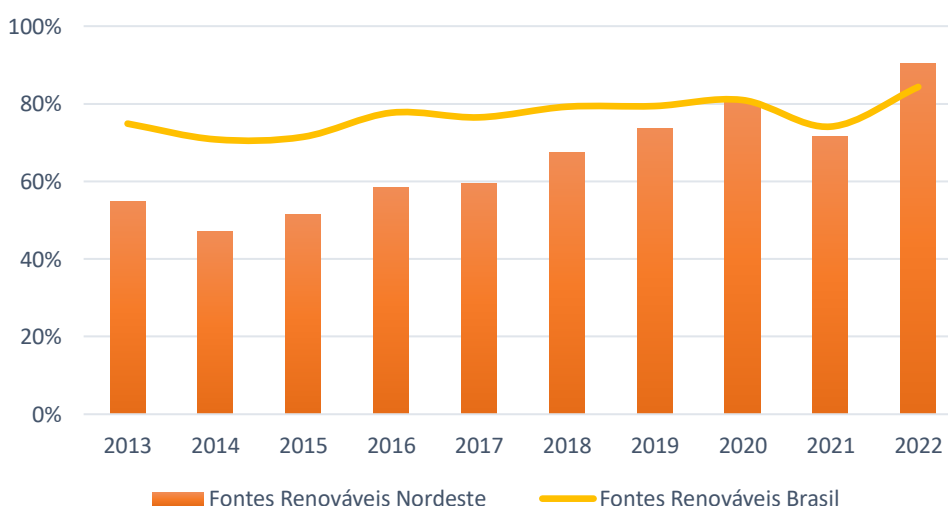


Fonte: Elaboração própria baseada nos dados do BEN 2023 - acesso em 21 jan. 2024

Comparando especificamente os dados para o ano de 2021, é notório o distanciamento do Brasil em relação ao resto do mundo quanto a utilização de fontes renováveis de energia. Percentualmente, em 2021, o Brasil contava com 45% de fontes renováveis de energia na composição total da sua matriz energética contra apenas 15% de participação das fontes renováveis observados na matriz mundial.

Certos fatores naturais e geográficos proporcionam ao Brasil vantagem competitiva na produção de energia proveniente de fontes renováveis. Geograficamente o país é composto por diferentes regiões com particularidades climáticas e fontes de recursos naturais bastante definidos. É o caso da região Nordeste, que, gradativamente, vem aumentando a disponibilidade de uma série de recursos naturais (através de fontes hidráulicas, eólicas, solares, de produtos orgânicos etc.) em quantidade suficiente para aumentar o percentual de participação desses recursos na matriz energética da OIE. A figura 8 comprova, em números percentuais, o potencial de competitividade da região Nordeste na geração de energia elétrica proveniente apenas de fontes renováveis (para fins de estudo, foram consideradas aqui apenas as fontes hidráulica, eólica, solar e do bagaço de cana) em comparação com os níveis nacionais apresentados no Balanço Energético Nacional de 2023 (EPE, 2023).

Figura 8 - Participação das fontes de energia renováveis na geração de energia elétrica



Fonte: Elaboração própria baseada nos dados do BEN 2023 - acesso em 21 jan. 2024

Ainda de acordo com o Balanço Energético Nacional de 2023 (EPE, 2023), a participação de fontes renováveis na geração de eletricidade no Nordeste está em ascensão. Os dados consolidados do ano de 2022 apontam que a energia eólica já é responsável por 50,6% do total

de energia elétrica gerada na região. Os percentuais para as fontes de origem hidráulica, solar e do bagaço de cana são, respectivamente, 29,6%, 8,6% e 1,5%. O restante da energia elétrica gerada na região (9,7%) é derivado de outras fontes, sendo elas renováveis ou não. Esses resultados vêm crescendo ano a ano, provando a competitividade da região na geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis. Os efeitos da transição energética ainda não são quantificáveis em sua totalidade, entretanto, é inegável que mudanças tão consideráveis no escopo da matriz energética da região ocasionariam alterações em indicadores não somente econômicos como também sociais.

Nesse contexto de crescimento e desenvolvimento regional, os processos de transição energética podem atuar também como ferramentas democratizadoras, uma vez que ao buscar superar a utilização de combustíveis fósseis chega-se não só à diminuição da emissão de gases poluentes como também à superação dos níveis de desigualdade social. Tais aspectos serão confrontados por indicadores socioeconômicos e ambientais tais como: Produto Interno Bruto (PIB), Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e Índice de Gini utilizando as informações a respeito do consumo de energia da região Nordeste.

3 METODOLOGIA

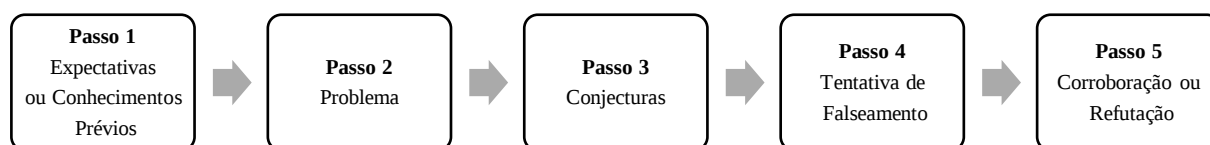
Richardson et al. (2012, p. 80) afirmam que os estudos qualitativos têm “por objeto situações complexas ou estritamente particulares”. Portanto, para a elaboração desta pesquisa pretendeu-se utilizar uma abordagem qualitativa a fim de compreender detalhadamente as particularidades que constituem o tema de pesquisa proposto. Ao optar por uma abordagem qualitativa este estudo busca analisar contextualmente os cenários nos quais o arcabouço teórico estabelece sua fundamentação. Para analisar o contexto regional, dados socioeconômicos e ambientais foram analisados a partir de fontes secundárias.

Quanto aos procedimentos técnicos, ou meios de investigação, o projeto pretende-se de caráter bibliográfico, que, como definido por Vergara (2003, p. 48), caracteriza-se pelo “estudo sistematizado desenvolvido com base em material publicado em livros, revistas, jornais, [...], material acessível ao público em geral”. Isto posto, a presente pesquisa partirá da hipótese de que há um aumento na produção e consumo de energia no Nordeste brasileiro advindas de diferentes fontes, além das fontes hídricas.

O método de pesquisa utilizado é o hipotético-dedutivo proposto por Karl Popper. A síntese de Marconi e Lakatos a respeito do método de Popper define que “o método científico parte de um problema (P1), ao qual se oferecesse uma espécie de solução provisória, uma teoria-

tentativa (TT), passando-se depois a criticar a solução, com vista à eliminação do erro (EE)” (2003, p. 95). Esse processo desaguaria em uma nova problematização a partir das lacunas e/ou contradições observadas durante o procedimento de análise. O esquema definido na figura 9 sintetiza os passos principais da proposição do método hipotético-dedutivo.

Figura 9 – Esquemática do passo a passo do método hipotético-dedutivo de Karl Popper



Fonte: Elaboração própria baseada em Marconi e Lakatos (2003)

O passo 1 consiste em elencar o estado da arte do tema de pesquisa, definir as expectativas e os conhecimentos prévios que representam o arcabouço teórico sobre o qual os passos seguintes serão fundamentados. O processo de revisão bibliográfica realizado na seção 2 desta pesquisa compreende o encadeamento cronológico da discussão sobre a eficiência energética no Nordeste desde os principais eventos históricos ocorridos a partir da década de 1970.

De posse do material de revisão de literatura, o argumento da pesquisa pode ser melhor delimitado dando início, assim, ao passo seguinte na cadeia metodológica hipotético-dedutiva: a determinação de um problema. Para o presente estudo, definiu-se como questão norteadora de análise a dinâmica de produção e consumo de diferentes matrizes energéticas no contexto geográfico e econômico da região Nordeste do Brasil. A partir disso, questionar de que maneira os processos de transição energética transformaram a economia da região.

A fim de desenvolver o questionamento proposto é necessário estabelecer conjecturas, como demonstra o passo 3. A hipótese definida como ponto de partida para a investigação é a de que há um aumento na produção e consumo de energia no Nordeste brasileiro advindas de diferentes fontes, além das fontes hídricas, através de ações de intensificação da demanda por distintas alternativas de produção energética.

Os passos 4 e 5 contemplaram, respectivamente, os testes de falseamento da hipótese e sua corroboração ou refutação. A falseabilidade da hipótese será verificada através da comparação dos resultados medidos ao longo dos anos definidos como período de estudo e os resultados obtidos serão apresentados e discutidos na seção 4 do presente trabalho.

Como resultado dessa investigação, espera-se um maior entendimento a respeito das percepções socioeconômicas e ambientais presentes no crescimento da região partindo da observação da ampliação de sua matriz energética ao longo do período definido para estudo.

Com relação à finalidade, este projeto pretende-se descritivo e, em menor grau, explicativo. Segundo a concepção de Vergara (2003, p. 47) a respeito dos fins do estudo, entende-se como descritiva a pesquisa que “expõe características de determinada população ou de determinado fenômeno”; e como explicativa, a investigação que “tem como principal objetivo tornar algo inteligível, justificar-lhe os motivos”.

Em síntese, é por meio da metodologia aqui exposta que a presente pesquisa busca atingir seus objetivos, geral e específicos, e respostas para o questionamento proposto para, então, identificar a viabilidade de fornecer subsídios para o planejamento público a fim de propor uma gestão mais eficiente e diversificada do setor de energia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando o exposto na revisão da literatura a respeito do contexto histórico brasileiro quanto a questão energética nacional, entende-se eficiência energética como a capacidade do país em produzir energia sem depender da importação de recursos externos, a fim de suprir sua demanda interna de energia. Já a transição energética é compreendida como o processo pelo qual uma matriz energética passa a ser composta por fontes alternativas, renováveis e complementares de energia com o objetivo de reduzir os danos climáticos e ambientais causados pela utilização desenfreada de combustíveis fósseis ao longo do tempo.

4.1 A Transição Energética no Nordeste Brasileiro

Os elementos desta subseção evidenciam a dinâmica da geração e consumo de energia elétrica advinda de diferentes fontes energéticas na região Nordeste do Brasil durante o período de 2013 a 2022 desagregados por estado.

4.1.1 Dinâmica de produção de diferentes matrizes energéticas na região Nordeste do Brasil de 2013 a 2022

4.1.1.1 Geração total

Tabela 1: Geração total de energia elétrica em GWh no Nordeste (2013 - 2022)

Estados	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
---------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Alagoas	13.029	11.375	10.052	8.504	6.138	5.950	8.211	13.976	10.255	15.230
Bahia	22.416	23.103	22.289	21.279	21.827	25.911	32.342	37.867	40.490	50.368
Ceará	10.396	15.957	16.519	14.343	15.547	12.957	14.396	10.345	16.609	9.873
Maranhão	11.181	15.972	13.781	14.741	14.400	13.209	13.209	13.634	18.445	11.139
Paraíba	1.854	3.435	3.356	1.496	1.895	1.838	1.570	1.501	3.434	3.483
Pernambuco	9.733	12.714	11.032	10.998	11.767	10.570	10.166	10.151	12.841	9.434
Piauí	731	990	1.444	3.619	5.552	7.068	7.765	8.172	11.499	14.684
Rio Grande do Norte	3.756	7.012	10.546	13.766	15.922	16.052	16.273	17.896	24.104	25.932
Sergipe	6.760	5.896	5.233	4.333	2.979	2.834	4.186	8.015	9.861	8.760

Fonte: Elaboração própria baseada no BEN – Séries Históricas e Matrizes (EPE, 2023)

Os dados da tabela 1 evidenciam a geração total de energia elétrica nos estados da região Nordeste em GWh. As fontes que compõem o total de energia gerado são as fontes hídricas, eólicas, solares e térmicas. Ainda é possível estratificar as fontes que compõem a geração térmica, que pode compreender tanto fontes não renováveis como o carvão, o gás natural e óleos combustíveis, como fontes renováveis a exemplo do bagaço de cana e da lixívia.

4.1.1.2 Geração hidrelétrica

Tabela 2: Geração de energia elétrica advinda de fontes hídricas em GWh no Nordeste (2013 - 2022)

Estados	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Alagoas	12.217	10.456	9.290	7.680	5.377	5.145	7.387	12.982	9.305	14.209
Bahia	12.031	10.906	9.067	7.702	5.857	6.093	7.714	14.142	10.186	15.676
Ceará	5	8	18	4	5	1	4	4	4	4
Maranhão	3.078	3.252	2.700	2.166	2.184	2.430	2.385	2.639	2.848	2.724
Paraíba	8	4	3	3	4	-1	4	3	3	4
Pernambuco	2.542	2.161	1.939	1.648	1.277	1.239	1.664	2.877	2.082	3.212
Piauí	529	583	502	457	500	606	520	528	565	614
Rio Grande do Norte	0	0	0	0	0	0	0	0	14	13
Sergipe	6.471	5.586	4.930	4.097	2.724	2.588	3.937	6.874	4.949	7.637

Fonte: Elaboração própria baseada no BEN – Séries Históricas e Matrizes (EPE, 2023)

A tabela 2 apresenta a participação de fontes hídricas na geração total de energia elétrica em

cada estado da região Nordeste durante os anos do período estudado. Através desses dados é possível perceber inicialmente o grau de dependência ou não dos estados em relação às fontes hídricas. Os estados de Alagoas e Sergipe são os que apontam a maior concentração de participação hídrica em relação ao total de energia elétrica gerada, apresentando percentuais superiores a 50% em todos os anos analisados. Para Alagoas a média da participação hídrica considerando os anos de 2013 a 2022 é de 90,9% do total de geração de energia elétrica; já para o estado de Sergipe a média é de 87,9%.

Em contrapartida, a região também é composta por estados que praticamente não dependem de fontes hídricas na sua matriz de geração elétrica, como é o caso do Ceará, da Paraíba e do Rio Grande do Norte que apresentam as médias percentuais de 0% de participação na geração total. Outro caso interessante é o do Piauí que, apesar de ter números crescentes quanto a geração total de energia, manteve uma participação bruta constante das fontes hídricas na sua matriz energética, entretanto em níveis percentuais essa discrepância é mais bem observada: em 2013 as fontes hídricas representavam 72,4% do total caindo gradualmente ao longo dos anos até chegar em 2022 com o percentual de participação de 4,2%.

Para os estados da Bahia, do Maranhão e de Pernambuco as médias percentuais de participação das fontes hídricas na geração total de energia elétrica considerando todos os anos do período estudado são de, respectivamente, 34,6%, 19,3% e 19,3%, representando uma fração inferior a 50% em todas as observações em todos os anos à exceção do ano de 2013 na Bahia, cuja representação foi de 53,7%.

4.1.1.3 Geração eólica

Tabela 3: Geração de energia elétrica advinda de fonte eólica em GWh no Nordeste (2013 - 2022)

Estados	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Alagoas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bahia	775	1.881	3.999	6.295	8.338	11.822	17.412	16.765	20.850	25.317
Ceará	2.349	3.788	4.472	5.024	5.359	5.828	6.279	6.247	8.287	7.614
Maranhão	0	-0	0	0	631	1.017	1.615	1.546	1.782	1.561
Paraíba	146	146	158	163	264	569	554	524	892	2.231
Pernambuco	66	65	648	2.142	3.030	3.265	3.224	2.823	2.951	3.558
Piauí	63	279	898	3.133	4.835	5.724	6.490	6.354	8.904	11.088
Rio Grande do Norte	1.262	3.742	7.469	11.529	13.656	14.143	14.431	16.099	22.099	23.955

Sergipe	73	65	65	63	73	80	68	56	61	72
---------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Fonte: Elaboração própria baseada no BEN – Séries Históricas e Matrizes (EPE, 2023)

A tabela 3 apresenta a participação da fonte eólica na geração total de energia elétrica em cada estado da região Nordeste durante os anos do período estudado. Através desses dados é possível perceber inicialmente o aumento ou não da utilização da fonte eólica nos estados da região como uma alternativa às fontes não renováveis. Dos nove estados que compõem a região Nordeste, o único que ainda não utiliza os ventos na sua matriz de geração de energia elétrica é o estado de Alagoas. De maneira inversa, o estado do Rio Grande do Norte tem na fonte eólica a composição quase total de sua matriz de geração elétrica, apresentando uma média de 91,3% de participação no percentual total dos últimos três anos do período analisado.

Houve um crescimento bastante significativo da participação da fonte eólica na matriz energética da maioria dos estados da região Nordeste ao longo dos anos. Essa tendência de crescimento vem se mostrando estável em todos os estados da região, à exceção de Alagoas e Sergipe. Os estados da Bahia, do Ceará, da Paraíba e do Piauí apresentam os números mais expressivos da região, logo atrás do Rio Grande do Norte. Pernambuco mantém um crescimento constante e Sergipe apresenta uma participação bastante pequena, apresentando uma média de 1,4% de participação considerando todos os anos analisados.

4.1.1.4 Geração solar

Tabela 4: Geração de energia elétrica advinda de fonte solar em GWh no Nordeste (2013 - 2022)

Estados	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Alagoas	0	0	0	0	1	4	11	33	74	165
Bahia	2	3	5	5	333	1.052	1.722	1.979	2.435	3.973
Ceará	1	4	2	8	16	66	469	624	1.037	2.033
Maranhão	0	0	1	1	3	7	25	73	183	397
Paraíba	0	0	0	0	2	67	287	365	477	940
Pernambuco	0	1	25	21	22	35	96	200	570	1.247
Piauí	0	0	0	0	187	677	694	1.228	1.975	2.928
Rio Grande do Norte	0	1	4	3	18	196	264	369	474	942
Sergipe	0	0	0	0	1	4	11	31	55	106

Fonte: Elaboração própria baseada no BEN – Séries Históricas e Matrizes (EPE, 2023)

A tabela 4 apresenta a participação da fonte solar na geração total de energia elétrica em cada estado da região Nordeste durante os anos do período estudado. Através desses dados é possível perceber inicialmente o aumento ou não da utilização da fonte solar nos estados da região que, assim como a energia eólica, é uma alternativa às fontes não renováveis. Os números brutos apontam para um crescimento unânime da participação da energia solar na matriz energética dos estados que compõem a região Nordeste.

Apesar de apresentar números brutos relativamente menores em comparação com as outras fontes de geração de energia elétrica, a energia solar vem galgando um espaço considerável na matriz energética nordestina. Os estados da Bahia, Piauí e Ceará figuram com os maiores números brutos de geração de energia por fonte solar, mas é o estado da Paraíba que apresenta o maior crescimento percentual da participação solar na sua matriz energética ao longo dos anos do período estudado.

4.1.1.5 Geração termoelétrica

Tabela 5: Geração de energia elétrica advinda de geração térmica em GWh no Nordeste (2013 - 2022)

Estados	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Alagoas	813	920	762	824	760	801	813	961	875	856
Bahia	9.608	10.314	9.218	7.277	7.298	6.944	5.495	4.981	7.019	5.401
Ceará	8.041	12.157	12.027	9.307	10.167	7.062	7.643	3.470	7.281	221
Maranhão	8.102	12.720	11.080	12.573	11.582	9.756	9.185	9.375	13.632	6.457
Paraíba	1.700	3.285	3.195	1.329	1.625	1.203	726	609	2.062	308
Pernambuco	7.125	10.486	8.421	7.187	7.438	6.031	5.183	4.250	7.238	1.417
Piauí	138	128	44	29	31	60	61	62	55	53
Rio Grande do Norte	2.494	3.268	3.074	2.234	2.248	1.713	1.578	1.428	1.517	1.022
Sergipe	216	245	238	173	181	163	170	1.054	4.796	944

Fonte: Elaboração própria baseada no BEN – Séries Históricas e Matrizes (EPE, 2023)

A tabela 5 apresenta a participação da geração térmica diante da geração total de energia elétrica em cada estado da região Nordeste durante os anos do período estudado. A dinâmica de geração de energia térmica é diferente das previamente apresentadas, pois a geração térmica é um grupo maior formado por fontes energéticas que podem ser bastante distintas entre si. No guarda-chuva da geração térmica estão ambas as fontes: renováveis e não renováveis. As fontes renováveis são compostas pelo bagaço de cana, lenha, lixo e outras fontes renováveis de

menor expressão; as fontes não renováveis são formadas pelo carvão a vapor, gás de coqueria, óleo combustível, óleo diesel e outras fontes não renováveis de menor expressão. A tabela 5a expressa a proporção da participação das fontes renováveis e das não renováveis na composição da geração térmica dos estados da região Nordeste.

Tabela 5a: Percentual de composição das fontes renováveis e não renováveis na geração térmica em GWh no Nordeste (2013 - 2022)

Estados	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Alagoas	813	920	762	824	760	801	813	961	875	856
Renováveis	97,1%	96,6%	95,9%	96,3%	96,0%	96,2%	96,4%	97,7%	97,5%	95,4%
Não renováveis	2,9%	3,4%	4,1%	3,7%	4,0%	3,8%	3,6%	2,3%	2,5%	4,6%
Bahia	9.608	10.314	9.218	7.277	7.298	6.944	5.495	4.981	7.019	5.401
Renováveis	25,9%	28,2%	29,9%	10,9%	44,8%	44,3%	50,7%	56,7%	41,5%	55,1%
Não renováveis	74,1%	71,8%	70,1%	0,4%	55,2%	55,7%	49,3%	43,3%	58,5%	44,9%
Ceará	8.041	12.157	12.027	9.307	10.167	7.062	7.643	3.470	7.281	221
Renováveis	0,0%	0,0%	0,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,3%
Não renováveis	100,0%	100,0%	99,9%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	99,7%
Maranhão	8.102	12.720	11.080	12.573	11.582	9.756	9.185	9.375	13.632	6.457
Renováveis	1,9%	10,2%	16,0%	13,5%	16,2%	18,8%	15,6%	19,0%	11,6%	30,2%
Não renováveis	98,1%	89,8%	84,0%	86,5%	83,8%	81,2%	84,4%	81,0%	88,4%	69,8%
Paraíba	1.700	3.285	3.195	1.329	1.625	1.203	726	609	2.062	308
Renováveis	9,5%	5,0%	5,0%	15,6%	15,5%	20,9%	37,3%	50,5%	14,4%	94,4%
Não renováveis	90,5%	95,0%	95,0%	84,4%	84,5%	79,1%	62,7%	49,5%	85,6%	5,6%
Pernambuco	7.125	10.486	8.421	7.187	7.438	6.031	5.183	4.250	7.238	1.417
Renováveis	12,2%	8,6%	11,6%	12,9%	12,7%	14,8%	18,7%	27,2%	14,1%	72,6%
Não renováveis	87,8%	91,4%	88,4%	87,1%	87,3%	85,2%	81,3%	72,8%	85,9%	27,4%
Piauí	138	128	44	29	31	60	61	62	55	53
Renováveis	21,3%	23,1%	65,6%	96,0%	93,7%	97,5%	98,4%	98,4%	98,2%	98,1%
Não renováveis	78,7%	76,9%	34,4%	4,0%	6,3%	2,5%	1,6%	1,6%	1,8%	1,9%
Rio Grande do Norte	2.494	3.268	3.074	2.234	2.248	1.713	1.578	1.428	1.517	1.022
Renováveis	7,6%	5,9%	6,1%	8,1%	8,5%	10,8%	12,0%	13,5%	12,1%	17,1%
Não renováveis	92,4%	94,1%	93,9%	91,9%	91,5%	89,2%	88,0%	86,5%	87,9%	82,9%
Sergipe	216	245	238	173	181	163	170	1.054	4.796	944

Renováveis	90,1%	80,9%	82,0%	78,7%	79,7%	77,0%	78,4%	13,7%	2,8%	11,2%
Não renováveis	9,9%	19,1%	18,0%	21,3%	20,3%	23,0%	21,6%	86,3%	97,2%	88,8%

Fonte: Elaboração própria baseada no BEN – Séries Históricas e Matrizes (EPE, 2023)

Apesar da dependência majoritária de fontes hídricas para a geração de energia elétrica no estado de Alagoas, há um crescimento gradual na geração advinda de fontes solar e térmica. É importante salientar que a fonte da geração térmica no contexto alagoano é composta, principalmente, pelo bagaço de cana. O estado da Bahia apresenta uma dinâmica distinta quanto a composição da geração térmica estadual, sendo as fontes renováveis (representadas pelo bagaço de cana, lenha, lixo, dentre outras) responsáveis por pouco mais do que 50% do total em 2022, evidenciando um crescimento gradual ao longo dos anos, como detalhado na tabela 5a.

As fontes de energia que compõem a geração térmica na matriz cearense são compostas 100% por fontes não renováveis, a exemplo do carvão, do gás natural, do óleo diesel, dentre outras fontes não renováveis. Essa substituição na utilização de fontes renováveis na matriz energética cearense ao invés de fontes não sustentáveis representa uma tendência constante e em consonância com os novos caminhos tomados pelos processos de transição energética, mostrando a redução considerável da participação da geração térmica na sua matriz energética.

O estado do Maranhão ainda é grande dependente da geração térmica de energia elétrica, sendo esta geração composta preponderantemente por fontes não renováveis, tais como: carvão, gás natural, óleo combustível e outras fontes não renováveis menos representativas, como evidenciado na tabela 5a. Novamente é possível perceber a dependência de geração térmica em mais um estado da região Nordeste: na Paraíba. A geração térmica no cenário paraibano é composta quase que completamente por óleo combustível, uma fonte não renovável.

Em Pernambuco, a dinâmica de geração térmica é expressivamente composta por fontes não renováveis como o gás natural e o óleo combustível, entretanto também há uma pequena participação do bagaço de cana como representante renovável deste modelo de geração de energia. Em contrapartida, o Piauí desponta como um dos estados que menos utiliza a geração térmica na sua matriz energética e mesmo o pouco utilizado é majoritariamente representado por fontes renováveis como o bagaço de cana.

No Rio Grande do Norte, a participação de fontes não renováveis na geração térmica também apresenta números expressivos, não havendo nenhum ano do período analisado que tenha constatado um percentual abaixo dos 80%, entretanto há uma tendência de redução gradual. O

único estado da região Nordeste que apresenta uma tendência contrária, ou seja, vem aumentando o uso de fontes não renováveis ao longo dos anos analisados, é Sergipe, que mantém uma elevada utilização do gás natural como fonte de geração térmica.

4.1.2 Dinâmica de consumo de diferentes matrizes energéticas na região Nordeste do Brasil de 2013 a 2022

Para aventar ou não a possibilidade de a região Nordeste ser eficiente energeticamente é preciso comparar os dados de geração total com os dados de consumo total e observar se o resultado aponta para um déficit ou excedente energético. Os dados a respeito dos dados de consumo total de energia elétrica nos estados nordestinos estão dispostos na tabela 6. A primeira informação depreendida da observação dos dados demonstra que os estados de Alagoas, Bahia, Maranhão, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe produzem muito mais energia do que consomem. Os estados que consomem mais do que produzem são Ceará, Paraíba e Pernambuco, sendo os dois últimos deficitários em todos os anos analisados.

Tabela 6: Consumo total de energia elétrica em GWh no Nordeste (2013 - 2022)

Estados	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Alagoas	4.787	4.950	4.910	4.881	4.960	4.709	4.128	3.948	4.635	4.960
Bahia	23.322	24.745	24.149	23.945	24.331	25.092	25.920	24.825	26.199	26.263
Ceará	10.809	11.357	11.326	11.914	11.424	11.265	12.280	11.948	12.970	12.885
Maranhão	10.999	8.700	7.038	6.824	6.905	7.099	7.511	7.718	8.147	9.612
Paraíba	4.910	5.103	5.180	5.189	5.251	5.407	5.587	5.598	5.881	5.751
Pernambuco	12.935	13.459	13.955	13.996	14.087	14.075	14.555	14.153	15.212	15.025
Piauí	2.892	3.086	3.293	3.381	3.481	3.408	3.664	3.699	3.962	3.996
Rio G. do Norte	5.216	5.466	5.517	5.589	5.625	5.702	5.789	5.638	6.038	5.849
Sergipe	3.825	3.881	3.847	3.784	3.668	3.741	3.705	3.642	3.874	3.851

Fonte: Elaboração própria baseada no BEN – Séries Históricas e Matrizes (EPE, 2023)

Uma característica interessante a respeito dessa dinâmica ora deficitária ora superavitária nos estados diz respeito à transmissão de energia. Durante muito tempo o país dependeu majoritariamente do sistema hidrelétrico de geração de energia, que tinha o objetivo de suprir a demanda nacional por energia, criando assim um sistema de transmissão de energia nacional que interliga todas as regiões do país. Isso quer dizer que estados que produzem mais energia

do que consomem transmitem seu excedente aos estados que consomem mais do que produzem, operacionalizando, assim, o Sistema Interligado Nacional (SIN).

No consolidado regional, a geração de energia elétrica durante os anos analisados foi sempre maior do que o consumo mesmo após a realocação do excedente produzido, o que, a princípio, demonstra o potencial econômico da região no mercado de exportação de energia para o restante do território nacional mesmo após atender ao mercado doméstico. Esse potencial econômico presente na capacidade da região em produzir mais energia do que consome pode ser verificado no aumento crescente da região em produzir energia a partir de uma matriz energética diversificada e composta em grande parte por fontes renováveis, o que proporciona factibilidade produtiva ao se olhar para produções futuras visando maior crescimento econômico aliado ao desenvolvimento tecnológico.

4.2 Aspectos da Transição Energética no Desenvolvimento Econômico

Algumas variáveis foram analisadas a fim de corroborar ou não a hipótese de que houve alteração socioeconômica relacionada à eficiência energética da região Nordeste em seu processo de transição energética para matrizes mais sustentáveis e economicamente viáveis.

4.2.1 Produto Interno Bruto (PIB)

A tabela 7 apresenta a variação anual do Produto Interno Bruto (PIB) da região Nordeste em preços de mercado e a tabela 7a mostra a variação do PIB nordestino per capita também em preços de mercado, ambas com os dados desagregados por estado.

Tabela 7: PIB em preços de mercado do Nordeste - variação anual percentual (2013 - 2021)

Estado	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Alagoas	7,6%	9,9%	13,2%	6,7%	6,8%	3,0%	8,4%	7,2%	20,7%
Bahia	12,2%	9,3%	9,4%	5,6%	3,9%	6,5%	2,4%	4,1%	15,5%
Ceará	12,4%	15,6%	3,6%	6,0%	6,9%	5,4%	4,9%	2,0%	16,8%
Maranhão	11,9%	13,5%	2,1%	8,7%	5,0%	9,6%	-0,9%	9,8%	16,9%
Paraíba	9,2%	14,1%	6,1%	5,3%	5,6%	3,2%	5,6%	3,4%	10,2%
Pernambuco	10,3%	9,9%	1,2%	6,6%	8,5%	2,6%	6,2%	-2,3%	14,2%
Piauí	9,2%	20,6%	3,8%	5,8%	9,5%	11,0%	4,8%	6,8%	13,5%
Rio Grande do Norte	11,0%	4,9%	6,0%	4,2%	7,8%	4,1%	6,5%	0,3%	12,0%

Sergipe	7,6%	6,0%	2,9%	0,8%	4,7%	3,2%	6,4%	1,6%	14,2%
---------	------	------	------	------	------	------	------	------	-------

Fonte: IBGE (2024)

Tabela 7a: PIB per capita em preços de mercado do Nordeste - variação anual percentual (2013 - 2021)

Estado	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Alagoas	-4,0%	1,3%	4,6%	-1,8%	2,5%	0,1%	3,5%	0,2%	6,3%
Bahia	-1,7%	0,8%	1,2%	-2,8%	-0,3%	5,6%	-2,1%	-2,6%	1,8%
Ceará	2,5%	6,4%	-4,3%	-2,6%	2,4%	0,3%	0,0%	-4,7%	2,7%
Maranhão	2,9%	4,4%	-5,8%	-0,2%	0,6%	4,4%	-5,4%	2,6%	2,8%
Paraíba	-1,0%	5,0%	-2,1%	-3,3%	1,2%	-0,6%	0,8%	-3,4%	-3,0%
Pernambuco	-0,5%	1,2%	-6,6%	-2,1%	4,0%	-2,0%	1,2%	-8,8%	0,4%
Piauí	0,6%	11,7%	-3,8%	-2,4%	5,4%	4,8%	0,3%	-0,2%	0,2%
Rio Grande do Norte	-1,2%	-3,8%	-2,4%	-4,5%	3,0%	0,5%	1,4%	-6,5%	-1,7%
Sergipe	-3,8%	-2,7%	-5,3%	-7,7%	0,0%	-0,8%	1,1%	-5,4%	0,2%

Fonte: IBGE (2024)

O PIB do Nordeste por estados apresenta informações importantes quando é posto à luz sob perspectivas diferentes. Ao se analisar as variações anuais gerais do PIB a preços de mercado e então estreitar um pouco mais a análise para as variações anuais do PIB per capita também a preços de mercado as percepções são distintas. Na tabela 7, que apresenta as variações anuais do PIB dos estados da região Nordeste, é possível notar que os dados apontam quase que em sua totalidade para variações positivas em todos os anos de análise para todos os estados, entretanto, o PIB per capita para o mesmo período observado aponta para variações percentuais negativas para a grande maioria dos estados nordestinos. Com isso podemos inferir que, mesmo que tenha havido um aumento no PIB nominal dos estados que compõem a região Nordeste, ainda assim não foi o suficiente para que a população desses estados sentisse esse acréscimo nem mesmo em valores nominais.

4.2.2 Índice de Gini

A tabela 8 apresenta o Índice de Gini da região Nordeste do rendimento domiciliar per capita e a tabela 8a mostra o coeficiente de variação do Índice de Gini do rendimento domiciliar per capita, a preços médios do ano (%), ambas com os dados desagregados por estado.

Tabela 8: Índice de Gini do rendimento domiciliar per capita, a preços médios do ano (2013 - 2022)

Estado	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Alagoas	0,51	0,527	0,525	0,523	0,525	0,55	0,527	0,51	0,526	0,498
Bahia	0,535	0,528	0,522	0,539	0,59	0,55	0,557	0,537	0,546	0,511
Ceará	0,537	0,522	0,528	0,543	0,547	0,547	0,562	0,544	0,549	0,518
Maranhão	0,494	0,475	0,495	0,517	0,526	0,528	0,531	0,482	0,53	0,491
Paraíba	0,513	0,524	0,531	0,527	0,548	0,549	0,561	0,512	0,562	0,558
Pernambuco	0,566	0,566	0,567	0,567	0,551	0,534	0,574	0,536	0,579	0,515
Piauí	0,535	0,516	0,52	0,528	0,529	0,53	0,537	0,474	0,516	0,518
Rio Grande do Norte	0,505	0,51	0,518	0,543	0,523	0,54	0,554	0,512	0,587	0,526
Sergipe	0,572	0,543	0,539	0,567	0,551	0,578	0,581	0,524	0,568	0,528

Fonte: PNADC (IBGE, 2024)

Tabela 8a: Coeficiente de variação - Índice de Gini do rendimento domiciliar per capita, a preços médios do ano (%) (2013 - 2022)

Estado	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Alagoas	2,4	2,6	2,1	2,5	2,8	2,5	2,5	4	2,7	2,8
Bahia	1,9	2,5	2,5	3,1	5,3	2,1	2,7	3,7	2,9	4,8
Ceará	2,1	2,4	2,2	2,5	2,7	2,5	2,7	3,1	2,9	2,8
Maranhão	1,6	1,6	1,6	2,7	3,1	1,7	2,4	2,9	2	2,6
Paraíba	2,4	2,6	2,7	3,1	3,3	3,1	3	3,7	3,9	9,4
Pernambuco	2,6	2,4	2,5	2,6	3,2	2,3	2,9	2,8	3,6	2,4
Piauí	3,3	3,1	4,4	3,4	3	2	2,8	2,9	3	3,2
Rio Grande do Norte	2,9	3,2	3,4	5,1	2,8	2,3	2,9	4,1	4,2	3,2
Sergipe	3,2	2,7	3,7	3,5	2,9	3,4	3,9	4,2	4,5	4,2

Fonte: PNADC (IBGE, 2024)

O Índice de Gini é uma variável socioeconômica importante por medir o grau de concentração de renda, sua apresentação é em números de 0 a 1 e sua interpretação é de que quanto mais próximo de 1 for o resultado do índice, mais há concentração de renda naquele grupo de dados. Para os estados da região Nordeste é possível observar que o Índice de Gini é quase que completamente superior a 0,5 em todos os anos analisados, apresentando poucas exceções pontuais. Isso indica que há diferenças consideráveis entre os rendimentos da população mais pobre e da mais rica, o que corrobora com os dados apresentados na variável anterior a respeito do PIB per capita.

Os resultados dessas duas primeiras variáveis não corroboram a hipótese inicial de que os processos de transição energética podem ter contribuído para transformar a economia da região e, consequentemente, o padrão de vida da população, pois o que pode ser depreendido dessas observações é de que não houve uma transformação socioeconômica benéfica na região Nordeste do Brasil ainda que haja um aumento na produção e consumo de energia no Nordeste brasileiro advindas de diferentes fontes, além das fontes hídricas, através de ações de

intensificação da demanda por diferentes alternativas de produção energética ao longo do período estudado.

4.2.3 Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)

O IDH é uma variável socioeconômica que mede o desenvolvimento de um determinado local baseado em parâmetros de educação, saúde e renda. Sua apresentação numérica é de 0 a 1, assim como no Índice de Gini, porém, diferente deste, sua interpretação é de que quanto mais próximo de 1 for o resultado do índice, maior é o desenvolvimento humano naquele cenário, pois apresenta, desse modo, as melhores condições nos parâmetros considerados. A tabela 9 apresenta o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da região Nordeste com os dados desagregados por estado.

Tabela 9: IDH dos estados do Nordeste (2013 - 2021)

Estado	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Alagoas	0,648	0,666	0,666	0,68	0,679	0,689	0,687	0,694	0,684
Bahia	0,68	0,694	0,701	0,705	0,71	0,71	0,718	0,724	0,691
Ceará	0,705	0,71	0,715	0,722	0,73	0,739	0,744	0,755	0,734
Maranhão	0,661	0,663	0,669	0,68	0,685	0,686	0,694	0,699	0,676
Paraíba	0,67	0,69	0,703	0,704	0,717	0,711	0,713	0,714	0,698
Pernambuco	0,703	0,715	0,722	0,724	0,722	0,735	0,74	0,739	0,719
Piauí	0,679	0,686	0,689	0,685	0,694	0,699	0,706	0,708	0,69
Rio Grande do Norte	0,71	0,723	0,733	0,732	0,728	0,739	0,742	0,75	0,728
Sergipe	0,683	0,696	0,697	0,697	0,699	0,71	0,705	0,722	0,702

Fonte: IBGE (2024)

Os dados do IDH para os estados do Nordeste apresentam um panorama animador de crescimento gradual e continuado dos valores do índice, demonstrando, assim, que o Nordeste brasileiro é um terreno que fértil para a regularidade do desenvolvimento humano de sua população. Apesar de que seja possível perceber uma evolução geral no IDH nos estados do Nordeste, ainda assim não é possível corroborar a hipótese inicial de que houve uma melhora socioeconômica principalmente quando confrontados com os resultados das variáveis anteriores.

Entretanto, a conjectura de que há um aumento na produção e consumo de energia no Nordeste brasileiro advindas de diferentes fontes, além das fontes hídricas, através de ações de intensificação da demanda por diferentes alternativas de produção energética ao longo do período estudado foi corroborada através das análises energéticas da subseção anterior, porém, sua relação com uma melhora econômica para a população dos estados nordestinos se mostrou

equivocada e não pode ser sustentada.

Por fim, foi possível manter o princípio de que o Nordeste brasileiro é eficiente energeticamente, no sentido de ser capaz de produzir além do que consome, considerando os dados consolidados para a região e que aumentou ainda mais essa eficiência ao longo dos anos ao expandir sua matriz energética para geração e consumo de energia elétrica. Essa expansão abre para o Nordeste as portas de um mercado atualmente bastante aquecido, interna e externamente, uma vez que a descarbonização das matrizes energéticas é um ponto crucial no processo de transição energética que as sociedades precisam atravessar para que haja a substituição dos combustíveis fósseis para as fontes renováveis de energia.

5 CONCLUSÃO

No decorrer da elaboração desta pesquisa foi possível verificar uma quantidade considerável de informações sobre eficiência energética, relacionando-a ao aumento do uso de fontes renováveis na produção de energia elétrica brasileira. A conexão entre energia renovável e desenvolvimento socioeconômico no cenário nordestino proposta inicialmente foi o ponto de partida para as análises dessas informações, que consistiram em leitura de artigos, livros, bases de dados abertos etc.

Entretanto, posteriormente à investigação realizada sobre os dados das variáveis estudadas, notou-se que a hipótese inicial de trabalho – de que há um aumento na produção e consumo de energia no Nordeste brasileiro advindas de diferentes fontes, além das fontes hídricas, através de ações de intensificação da demanda por diferentes alternativas de produção energética – apesar de verdadeira, encobre condições socioeconômicas que necessitam de uma discussão teórica muito mais complexa ainda mais considerando as atuais questões ambientais que se apresentam de forma mais urgente do que no passado.

Os dados analisados mostraram que a utilização de fontes renováveis na produção de energia elétrica nos estados que compõem a região Nordeste de fato está em um processo cada vez mais ascendente, mas, contrariamente ao que se esperava, esse crescimento não tem surtido efeitos positivos consideráveis em outras variáveis de bem-estar econômico e social, a exemplo das variáveis utilizadas como o PIB, o IDH e o Índice de Gini. Estes resultados desaguam em uma necessária discussão que revise o conceito da contínua e consistente desigualdade social no cenário nordestino brasileiro ainda que este esteja na vanguarda de um curso mundial no que diz respeito à transição energética.

Este resultado demonstra que, ainda que investimentos estejam sendo realizados dentro do

território nordestino, a capacidade da região em promover melhorias socioeconômicas para a população local manteve-se baixa durante o decorrer do período estudado. É no contexto desse entendimento de uma balança desigual que novos estudos podem ser desenvolvidos a fim de investigar e descrever a distinta realidade da economia energética do Nordeste brasileiro para que, a partir disso, criem-se políticas públicas melhores e mais eficazes diante dos dilemas particulares da região

REFERÊNCIAS

Agência Internacional de Energia – IEA. **Energy Statistics Data Browser**, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser>. Acesso em: 21 jan. 2024.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. **Relatório de Perdas de Energia**. Disponível em: <https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/perdasenergias#!>. Acesso em: 3 jan. 2024.

BASTOS, C. P. M. “Inflação e estabilização”. In: José Luís Fiori; Carlos Medeiros. (Org.). **Polarização mundial e crescimento**. Petrópolis, Editora Vozes, 2001, p. 201-241.

BRESSER-PEREIRA, L. C. **Desenvolvimento e crise no Brasil: história, economia e política de Getúlio Vargas a Lula**. 5 ed. São Paulo: Editora 34, 2003.

DA SILVA, S. S. F.; CÂNDIDO, G. A. Matriz energética limpa e renovável: um desafio para o Planejamento Energético Nacional e uma oportunidade para a Região Nordeste do Brasil. **Revista Espacios**. Vol. 36 (Nº 15), 2015. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a15v36n15/15361514.html>. Acesso em: 14 nov. 2023.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Balanco Energético Nacional 2023: Ano base 2022**. Rio de Janeiro: EPE, 2023.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Balanco Energético Nacional 50 anos**. Rio de Janeiro, 2020.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe (regiões e subsistemas)**, 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>. Acesso em: 12 dez. 2023.

Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **NOTA TÉCNICA DEN 04/08 - O crescimento recente do Consumo Residencial de Energia Elétrica na Região Nordeste**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/20080709_1\[1\].pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico-311/20080709_1[1].pdf). Acesso em: 6 dez. 2023.

FONTES, M.; AGUIAR, M.; BENTO, N. Efeitos sectoriais e territoriais da experimentação em fases iniciais de inovações energéticas: lições de 20 anos de tecnologias renováveis

marinhas em Portugal. **Finisterra**, [S. l.], v. 57, n. 121, p. 21–43, 2022. DOI: 10.18055/Finis27796. Disponível em: <https://revistas.rcaap.pt/finisterra/article/view/27796>. Acesso em: 2 jan. 2024.

GIAMBIAGI, Fábio *et al.* **Economia brasileira contemporânea**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

GONZÁLEZ, A. B. P. Transição energética para a sustentabilidade no Chile e no Brasil: Oportunidades e desafios decorrentes da pandemia por Covid-19. **Latin American Journal of Energy Research**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 1–21, 2021. DOI: 10.21712/lajer.2021.v8.n1.p1-21. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/lajer/article/view/34718>. Acesso em: 2 jan. 2024.

HERMANN, J. Auge e declínio do modelo de crescimento com endividamento: o IIPND e a crise da dívida externa. In: GIAMBIAGI, Fábio *et al.* **Economia brasileira contemporânea**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

LINS, R. C. Energia hidrelétrica do Nordeste. **Ci. & Trop., Recife**, 1(1): 105-142, jan./jun. 1973. Disponível em: <https://periodicos.fundaj.gov.br/CIC/article/view/111/53>. Acesso em: 6 dez. 2023.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

Ministério de Minas e Energia – MME. **Plano Nacional de Eficiência Energética - PNEF - Premissas e Diretrizes Básicas**, Brasília, 2008. Disponível em: <https://bibliotecadigital.economia.gov.br/handle/123456789/183>. Acesso em: 2 jan. 2024.

Organização das Nações Unidas – ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br>. Acesso em: 14 nov. 2023.

RICHARDSON, Roberto Jarry *et al.* **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3 ed. 14 reimpr. São Paulo: Atlas, 2012.

SANTOS, F. M. Transição energética: enquadramento e desafios. **Revista Videre**, [S. l.], v. 11, n. 22, p. 143–153, 2019. DOI: 10.30612/videre.v11i22.11217. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/videre/article/view/11217>. Acesso em: 2 jan. 2024.

SILVESTRE, B. dos S.; HALL, J.; MATOS, S.; FIGUEIRA, L. A. P. de A. Privatization: good or bad? Lessons from the electricity distribution sector in the northeast of Brazil. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, [S. l.], v. 50, n. 1, p. 94–111, 2010. Disponível em: <https://periodicos.fgv.br/rae/article/view/31307>. Acesso em: 6 dez. 2023.

SOLA, A. V. H.; XAVIER, A. A. de P.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Análise dos fatores determinantes para eficiência energética. **Revista Produção Online**, [S. l.], v. 6, n. 1, 2007. DOI: 10.14488/1676-1901.v6i1.86. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/86>. Acesso em: 2 jan. 2024.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

TACIELE MORAIS SILVA

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO NORDESTE BRASILEIRO: uma análise dos aspectos
econômicos e sociais da transição energética na região

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Ciências Econômicas
do Campus Agreste da Universidade Federal de
Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo
científico, como requisito parcial para a
obtenção do grau de bacharel em Economia.

Aprovado em: 28/03/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Cynthia Xavier de Carvalho (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. José Valdecy Guimarães Junior (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^a. Dr. Marcio Miceli Maciel de Sousa (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco