

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – UFU
FACULDADE DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS – FACIC
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS CONTÁBEIS

BRUNA FABIANE SILVA LOPES

CORRELAÇÃO ENTRE OS GASES DO EFEITO ESTUFA E OS NÍVEIS DE
ATIVIDADE INDUSTRIAL NO BRASIL

UBERLÂNDIA/MG
JUNHO DE 2025

BRUNA FABIANE SILVA LOPES

**CORRELAÇÃO ENTRE OS GASES DO EFEITO ESTUFA E OS NÍVEIS DE
ATIVIDADE INDUSTRIAL NO BRASIL**

Artigo acadêmico apresentado à Faculdade de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Contábeis.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Roberto de Souza Carmo

**UBERLÂNDIA/MG
JUNHO DE 2025**

BRUNA FABIANE SILVA LOPES

**CORRELAÇÃO ENTRE OS GASES DO EFEITO ESTUFA E OS NÍVEIS DE
ATIVIDADE INDUSTRIAL NO BRASIL**

Artigo acadêmico apresentado à Faculdade de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Contábeis.

Banca de Avaliação:

Prof. Dr. Carlos Roberto de Souza Carmo
Orientador

Blind Review
Membro

Blind Review
Membro

RESUMO

O aquecimento global tem se intensificado rapidamente e impactado de forma severa o meio ambiente, causando alterações climáticas extremas no Brasil e no mundo. Diante disso, essa pesquisa procurou conhecer as possíveis correlações entre as emissões de gases do efeito estufa (GEE) e os níveis de atividade industrial, a fim de compreender como o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade podem coexistir e reduzir o aquecimento global, assim como foi proposto no Acordo de Paris em 2015. Essa é uma pesquisa considerada uma investigação científica empírica baseada em métodos quantitativos aplicados, usando como base de dados o Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação brasileiro para os totais anuais das emissões CO₂, em gigagramas (*Gg*) e, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para os totais das receitas do segmento industrial brasileiro. Os resultados revelam que existe uma correlação positiva e significativa entre o aumento das atividades industriais e as emissões de CO₂, principalmente nas Indústrias Extrativas e de Transformação, evidenciando que a atual composição da matriz energética brasileira é um dos principais fatores que impulsionam esse crescimento nas emissões. Essa pesquisa contribui com a sociedade ao evidenciar a necessidade de repensar a matriz energética utilizada pelo setor industrial, ainda dependente de combustíveis fósseis; e, oferece subsídios relevantes para a formulação de políticas públicas e estratégias empresariais que promovam a redução das emissões de GEE, migrando para a energia sustentável; colaborando para o desenvolvimento de soluções que conciliem crescimento econômico, competitividade industrial e sustentabilidade.

Palavras-chave: aquecimento global; atividade industrial; emissões de GEE.

ABSTRACT

Global warming has been intensifying rapidly and severely impacting the environment, causing extreme climate changes in Brazil and around the world. In light of this, this research aimed to explore potential correlations between Greenhouse Gas (GHG) emissions and industrial activity levels, in order to understand how economic development and sustainability can coexist and curb global warming, as proposed in the 2015 Paris Agreement. This research is considered an empirical scientific investigation based on applied quantitative methods, using data from the National Emissions Registry System (SIRENE) of the Brazilian Ministry of Science, Technology, and Innovation for the annual CO₂ emissions totals in gigagrams (Gg), and from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) for the total revenues of the Brazilian industrial sector. The results reveal a positive and significant correlation between the increase in industrial activities and CO₂ emissions, especially in the Extractive and Transformation Industries, highlighting that the current composition of Brazil's energy matrix is one of the main factors driving the growth in emissions. This research contributes to society by emphasizing the need to rethink the energy matrix used by the industrial sector, which is still dependent on fossil fuels, and provides relevant insights for the formulation of public policies and business strategies aimed at reducing GHG emissions, transitioning to sustainable energy, and fostering the development of solutions that balance economic growth, industrial competitiveness, and sustainability.

Keywords: global warming; industrial activity; GHG emissions.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica
AR5: Quinto Relatório de Avaliação
C: Carbono
CFC: Clorofluorcarbonos
CH₄: Gás Metano
CO₂: Dióxido de Carbono
EPE: Empresa de Pesquisa Energética
EUA: Estados Unidos da América
GEE: Gases do Efeito Estufa
Gg: Gigagramas
GtCO₂e: Gigatoneladas de Dióxido de Carbono Equivalente
GW: Gigawatt
GWEC: Conselho Global de Energia Eólica
GWP: Potencial de Aquecimento Global
HFC: Hidrofluorcarbonos
IPCC: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
IPPU: Processos Industriais e Uso de Produto
MWh: Megawatt-hora
N₂O: Óxido Nitroso
NDC: Contribuições Nacionalmente Determinadas
O₃: Gás Ozônio
PFC: Perfluorcarbonos
SF₆: Hexafluoreto de Enxofre
SIRENE: Sistema de Registro Nacional de Emissões

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Matriz de correlação entre emissões e volume de atividade, por segmento dos IPPU	15
Tabela 2 - Matriz de correlação entre emissões e volume de atividade, por IPPU de setores da indústria extrativa	16
Tabela 3 - Matriz de correlação entre emissões e volume de atividade, por IPPU de setores da indústria de transformação	19

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	4
3 METODOLOGIA.....	12
4 ANÁLISE DE DADOS, APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	15
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

O efeito estufa, responsável por controlar a radiação infravermelha propagada pela luz solar e por manter a temperatura adequada à vida, é um fenômeno natural do planeta Terra e é constituído por vários gases presentes na atmosfera. No entanto, desde a Primeira Revolução Industrial a ação humana tem aumentado a emissão de gases do efeito estufa (GEE), tornando-a cada vez mais intensa, de modo a acentuar a concentração desses gases na atmosfera, causando o desequilíbrio do fenômeno, tornando realidade o aquecimento global. O uso das máquinas industriais movidas, inicialmente, a carvão mineral e, recentemente, a petróleo e gás natural, é responsável por grande parte da concentração de GEE na atmosfera do planeta, elevando a temperatura global.

A industrialização está presente na sociedade desde meados do século XVIII, proporcionando melhorias no bem-estar da população e avanços tecnológicos. A partir dela, foi possível mudar a produção manual e de pequena escala para produções em grandes escalas e mais rápidas, a fim de atender grande parte das demandas da sociedade, como a confecção de roupas, sapatos, alimentos, produtos para construção civil, automóveis, entre outros. No Brasil, essas ações proporcionaram melhores condições de vida para a população em geral, uma vez que aumentou a quantidade de empregos e, conseqüentemente, melhorou a questão salarial, promovendo o desenvolvimento da economia nacional. Isso é possível também devido à importância dos setores industriais extrativos e de transformação, que são intensos no país, cujos produtos são usados como base para outros ramos industriais, como a indústria de construção, de tecnologia e outros.

No entanto, a queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral) durante o processo industrial provoca uma série de problemas ambientais além do aumento da temperatura, como o aumento dos níveis dos oceanos, derretimento das geleiras, secas extremas, enchentes, aumento da poluição e de doenças respiratórias, entre outros. Diante disso, nota-se o quão importante é a transição energética para fontes sustentáveis, por exemplo as energias solar, eólica, hidrelétrica e de biomassa. Posto isso, vários países notaram a necessidade de agir com rapidez para tentar desacelerar o processo de alterações climáticas permanentes e se reuniram no Acordo de Paris para determinarem suas ações.

O Brasil é um país abundante em recursos naturais, principalmente de minerais metálicos e não metálicos, que são importantes para a economia nacional, uma vez que eles são extraídos e comercializados, além de proporcionarem empregos nas regiões próximas às minas. Além disso, é um país em desenvolvimento econômico, demandando itens essenciais no

cotidiano da sociedade, como o combustível para veículos de transporte de cargas, os materiais de construção civil, as roupas, os alimentos, entre outros. Para atender a essa demanda, o nível da atividade industrial cresceu de forma significativa, exigindo mais fontes de energias para manter o funcionamento das máquinas, em sua maioria sendo o petróleo, carvão mineral e o gás natural, já que o país ainda é dependente dos combustíveis fósseis, que são grandes responsáveis pelos GEE.

Nesse contexto, esta investigação teve por objetivo avaliar a existência de possíveis relacionamentos entre as emissões de gases do efeito estufa (GEE) e os níveis de atividade industrial no Brasil. Sendo que, para tanto, ela foi conduzida a partir do seguinte questionamento direcionador: como os níveis de atividade industrial nacional, totais e segmentados, se correlacionam com os totais anuais das emissões de GEE referentes aos processos industriais e uso de produto” (IPPU) ocorridos no Brasil?

Nesse sentido, esta pesquisa científica buscou, inicialmente, produzir uma plataforma teórica acerca da temática relacionada às emissões de GEE e o impacto do seu crescimento sobre o meio ambiente em geral, de forma a compreender o relacionamento entre desenvolvimento econômico e as emissões de GEE, além de analisar as possíveis relações entre o impacto ambiental produzido a partir das emissões de GEE, em decorrência da atividade econômica nacional, com especial atenção à atividade industrial brasileira, e, por fim, buscou-se identificar possíveis alternativas de fontes energéticas para e a redução das emissões de GEE. Na sequência, foi identificado o conjunto de variáveis que permitiram avaliar os possíveis relacionamentos entre as emissões de GEE e os níveis de atividade industrial no Brasil, sendo que, tal processo contou com fontes secundárias de dados para compor a respectiva amostra de pesquisa, e, a partir disso, identificar a devida metodologia analítica. No processo de análise de dados, inicialmente, foram utilizados testes estatísticos para avaliação acerca da presença de distribuição normal em cada uma das séries de dados integrantes da amostra de pesquisa. Contudo, devido à ausência de distribuição normal, optou-se por utilizar métodos não-paramétricos para a análise de correlação das séries de dados em questão (coeficiente de correlação de Spearman), com níveis de significância de 1% e 5%, em detrimento do coeficiente de correlação de Pearson, para identificar a ocorrência de correlações entre a variável representativa das emissões de GEE dos IPPU e os totais das receitas do segmento industrial brasileiro, enquanto variável representativa dos níveis de atividades operacional da indústria nacional.

A considerar que as emissões de GEE têm impactado intensamente o meio ambiente, provocando alterações climáticas extremas no Brasil e no mundo, o que tem demandado

medidas urgentes que sejam capazes de mitigar os efeitos do aumento do aquecimento global, a presente pesquisa se justifica ao buscar conhecer os possíveis correlações entre as emissões de GEE e os níveis de atividade industrial, o que pode ser considerado essencial para compreensão acerca de como o desenvolvimento econômico e a sustentabilidade podem coexistir, visto que essa é uma preocupação mundial e que foi tratada no Acordo de Paris, em 2015. Uma vez que, nesse contexto, a atividade industrial destaca-se como um dos setores da economia que mais consomem energia derivada de combustíveis fósseis, demonstrando uma dependência dessa fonte energética, e isso, por sua vez, influencia a emissão de GEE na atmosfera, intensificando os impactos ambientais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Em 2015 aconteceu o Acordo de Paris, o tratado global que reuniu vários países signatários da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima, incluindo o Brasil, cujo objetivo principal foi determinar medidas para promover a redução das emissões de dióxido de carbono (CO₂) a partir de 2020, para proporcionar melhorias sobre as mudanças climáticas que vêm acontecendo de modo rápido (Brasil, 2021). Nesse acordo, os países participantes comprometeram-se a planejar ações que aspirassem a redução dessas emissões de modo a esforçarem-se para estabilizar a elevação da temperatura média mundial em até 2°C em relação aos níveis pré-industriais, e ainda, a limitar o aumento dela a 1,5°C (Brasil, 2021).

Após a finalização do evento, as nações participantes apresentaram suas metas de contribuição para atingir o objetivo determinado, que são Contribuições Nacionalmente Determinadas ou Nationally Determined Contribution (NDC) (Brasil, 2021). O Brasil comprometeu-se a aumentar o uso de energias renováveis, por meio de fontes bioenergéticas, como a utilização de biodiesel, acrescido de fonte eólica e solar; no setor florestal e de mudança do uso da terra propõe seguir o Código Florestal, reflorestar e restaurar as florestas, e ainda, promover a redução de desmatamentos e práticas ilegais nas florestas nativas (Brasil, 2023a). Além disso, o Brasil pretende atingir níveis de emissão de 1,3 giga toneladas de dióxido de carbono equivalente (GtCO_{2e}) seguindo a métrica Potencial de Aquecimento Global (GWP) em 100 anos (100) de acordo com o Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), isto é GWP-100; IPCC AR5, em 2025, e 1,2 GtCO_{2e} (GWP-100; IPCC AR5) em 2030, o que resultará em reduções de 37% para 2025 e 43% para 2030, tendo como base o nível de emissões em 2005 de 2,1 GtCO_{2e} (GWP-100; IPCC AR5) (Brasil, 2023a).

O efeito estufa é um fenômeno natural da Terra produzido pelos gases presentes na atmosfera que bloqueiam a radiação infravermelha, necessário para a continuidade da vida no planeta, de modo a manter a temperatura ideal, evitando que ela ficasse abaixo de zero (Assad et al., 2019). No entanto, as ações humanas têm alterado esse efeito, aumentando a concentração dos Gases do efeito estufa (GEE) e, conseqüentemente, provocando o aquecimento global de forma acelerada por meio da emissão de gases, exploração das florestas e da terra, queima de combustíveis fósseis, entre outros (Anderson et al. 2020; Assad et al., 2019). Esses gases são: CO₂, gás metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) e ozônio (O₃), sendo o dióxido de carbono o mais agressivo (Assad et al., 2019). Por meio da ação do homem, outros gases começaram a aparecer na forma de compostos químicos, como os clorofluorcarbonos (CFC), hidrofluorcarbonos

(HFC), hidrofluorclorocarbonos (HFC), perfluorcarbonos (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF₆) (Assad et al., 2019).

O aquecimento global começou a se intensificar após a Primeira Revolução Industrial (Anderson et al. 2020), entre 1760 e 1850, quando ocorreu a troca de fontes de energia para a queima de carvão mineral, necessária para o funcionamento das máquinas (Quéré et al., 2019). A partir disso, a tecnologia aprimorou as fontes energéticas das indústrias acompanhando o crescimento da demanda, passando a usar caldeiras, fornos, motor, geração própria e secadores (Lee et al., 2022). Adicionalmente, entre 1960 e 1970 as emissões de CO₂ cresceram, justificadas pelo uso das fontes de energia usadas na época, mas depois dessa data, observou-se que o crescimento das emissões se tornou mais lento, mostrando uma queda, que pode ser explicado pela troca de fontes de energia, passando da queima de carvão para o uso de gás, de petróleo e da energia nuclear (Quéré et al., 2019).

O uso do carvão mineral mostrou-se importante não só para servir como combustível energético para os maquinários industriais, mas também como uma fonte de renda da região onde se encontram as jazidas, a dizer na região sul do Brasil, local onde estão localizadas as maiores reservas do país (Zanette; Camilo, 2023). A exploração desse minério movimentou a economia regional promovendo empregos por meio da comercialização do carvão mineral para outros ramos, como carvão metalúrgico para siderurgia, carvão vapor para geração de energia elétrica e pirita carbonosa para indústria química (Zanette; Camilo, 2023). Diante disso, o desenvolvimento econômico proporcionado para a sociedade aumentou a degradação do meio ambiente, visto que a extração mineral provoca desequilíbrio ambiental e crescimento nas emissões de gases do efeito estufa (Zanette; Camilo, 2023).

No Brasil, o gás natural mais utilizado é aquele associado ao petróleo, isso quer dizer que a sua produção está ligada à do óleo e, portanto, 80% da fabricação nacional é offshore, onde os poços marítimos mais produtivos estão situados na em Campos e Santos (Brasil, 2020). Enquanto isso, a produção onshore, equivalente a 20% da nacional, possuem as duas bacias que mais produzem localizadas em Solimões e Parnaíba (Brasil, 2020). Esse mineral é usado como combustível em alguns modelos de veículos; nas indústrias nos setores produtivos de: química, cerâmica, ferro-gusa, aço, papel, celulose, alimentação; empregado também como matéria-prima para fertilizantes nitrogenados e metanol; ainda, é utilizado em usinas termelétricas como um back-up do sistema de hidrelétricas (Brasil, 2020).

Comparando com o ano 2019, o setor industrial global precisaria reduzir as suas emissões em 50% a 100% para cumprir uma das metas estabelecidas no Acordo de Paris (Shao et al., 2022). Diante disso, as fontes de energia renováveis são uma solução para reduzir as

emissões de GEE, em especial o CO₂, como a implantação ou expansão de uso das energias eólica e solar, visto que são fontes naturais e não emitem GEE, proporcionando a descarbonização das indústrias. (Yu et al., 2022).

Por outro lado, a industrialização acompanha a evolução da população, conforme ela aumenta, o processo industrial também o faz, de modo a satisfazer as necessidades da sociedade (Xavier, 2020). É possível observar esse acompanhamento a partir de acontecimentos históricos, como a Primeira Revolução Industrial, quando houve o êxodo rural, a mudança na forma de produção artesanal para a utilização de maquinários, a necessidade de aumentar a produtividade e, inclusive, a busca dos cidadãos por melhores condições de vida (Pasquini, 2020). Outro fato marcante foi a Primeira Guerra Mundial, que direcionou a produção industrial para certos setores, como a produção de cimento, aço, papel, celulose, produtos químicos, maquinários e produtos de seda, e a necessidade fez com que a industrialização fosse mais intensiva (Xavier, 2020).

A demanda da população colabora para o crescimento econômico de um país, visto que há necessidade de se produzir bens para satisfazer a sociedade (Ceretta; Ceretta; Sari, 2020; Leal; Bugarin, 2023). Para isso, é preciso que sejam utilizados os meios energéticos diversos, o que gera alterações na natureza, como a extração de carvão natural, petróleo e o gás natural, usados nos processos industriais (Valeretto; Constantino, 2020). Além disso, outros meios são afetados em função do crescimento econômico, como o uso e transformação do solo, a agricultura, a pecuária, o uso de transportes e os resíduos sólidos, no entanto, tais processos geram bilhões de toneladas de GEE (Leite; Delone; Miraglia, 2020).

A construção de uma infraestrutura básica para a população também exige que sejam extraídos da natureza diversos materiais metálicos, como a bauxita, o manganês, a prata, o grafite, ouro, cobre, fosfato, zinco, o níquel, entre outros; e ainda, os minerais não metálicos, por exemplo a areia, o cascalho, granito, fósforo, potássio, sal etc. (Zheng et al., 2024). Adicionalmente, está ligada à essa extração a necessidade de desenvolver a economia nacional, sobretudo em países em desenvolvimento, visto que a maioria deles possuem boas reservas e as usam para fortalecer seu mercado, uma vez que esses produtos são usados como base para outras indústrias, por exemplo a de transformação, de construção, de produção de energia e de tecnologia, usando os metais, metais preciosos, recursos energéticos, e minerais industriais (Zheng et al., 2024).

Para dar seguimento ao crescimento econômico é fundamental o uso da energia, o que colabora para a elevação das emissões de CO₂ (Valeretto; Constantino, 2020). Sobre isso, é observável que as mudanças no uso e cobertura do solo, ocasionadas pelo desmatamento, pela

expansão agropecuária, desertificação e urbanização provocaram impactos ambientais e socioeconômicos. Isso acontece porque existe no solo o carbono (C) na forma de matéria orgânica, realizando diversos serviços por meio do sequestro de C da atmosfera, então quando há perdas de biomassa e carbono orgânico, a concentração de CO₂ na atmosfera aumenta (Bettiol et al., 2023).

A crescente frota veicular nos países em geral também afeta as emissões de GEE. Isso acontece devido ao uso dos combustíveis para o funcionamento dos veículos, como o diesel e a gasolina, que quando queimados liberam CO₂ (Leite; Delone; Miraglia, 2020). Esses combustíveis têm como principal matéria-prima o petróleo, um recurso natural de extrema importância, amplamente utilizado para a produção de gasolina, diesel e querosene de aviação (Prauchner et. al., 2022). No Brasil, a dependência desses combustíveis é significativa, uma vez que o transporte rodoviário é a principal modalidade de deslocamento de pessoas e mercadorias no país, sendo o estado de São Paulo o que se destaca como um dos maiores emissores de GEE, devido aos seus extensos quilômetros de rodovias, o intenso fluxo de veículos pesados e o volumoso tráfego de carros, além de ser o estado mais populoso do país e de ocupar uma posição de destaque em termos econômicos e industriais (Leite; Delone; Miraglia, 2020).

Conforme a sociedade se modernizou, a qualidade de vida melhorou, assim como a produção de bens e serviços, o que tem demandado cada vez mais energia, isso quer dizer, o crescimento econômico está ligado ao aumento do uso de energia e, conseqüentemente, ao aumento das emissões de GEE, por usar a queima de combustíveis fósseis nas respectivas matrizes energéticas, o que faz com que a indústria seja responsável por mais de 27% do total de emissões de CO₂ no mundo (Valeretto; Constantino, 2020). A produção de energia demandada pela indústria utiliza como principais fontes petróleo, gás natural e carvão, ou seja, combustíveis de naturezas fósseis (Santos et al., 2022).

A melhoria nos salários e nas políticas públicas de distribuição de renda, como o programa Bolsa Família, por exemplo, geram demandas da população por serviços e bens manufaturados, fazendo com que aumentem os processos industriais, principalmente na indústria de transformação, que produz itens essenciais para o cotidiano da população, como alimentos, calçados, veículos, entre outros (Azevedo; Fonseca; Missio, 2022; Colombo, 2021). Um dos setores industriais que mais poluem são aqueles de cadeia produtiva de bens de consumo e aqueles que produzem para outros setores industriais, sendo eles os ramos da siderurgia, alumínio, cimento, químico, cal, vidro e produção de gases de refrigeração que não são controlados pelo Protocolo de Montreal (Valeretto; Constantino, 2020). Os processos industriais contribuem para novos picos mundiais de lançamento de GEE na atmosfera, tendo

lançado 36,3 gigatoneladas de CO₂, gerado a partir da combustão dos combustíveis fósseis (Santos et al., 2022).

A indústria de transformação é importante para o desenvolvimento da economia nacional, uma vez que ela converte diversas matérias-primas em produtos de consumo final, que são necessários para a subsistência, além de estimular a empregabilidade nas regiões onde estão situados os seus polos industriais (Colombo, 2022; Silva; Diniz, 2020). Neste setor industrial é possível encontrar subsetores que são responsáveis também por fornecerem produtos para outros setores, como fabricação de calçados e de artefatos de couro, Impressão e reprodução de gravações e, a fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores, que apesar de terem uma baixa produção, ainda utilizam os combustíveis fósseis como fontes energéticas, contribuindo para as emissões de CO₂ (Colombo, 2022; Silva; Diniz, 2020).

Para a promoção do desenvolvimento de forma sustentável é preciso que sejam realizadas intervenções governamentais voltadas para a produção de inovações no uso dos recursos, por meio de progresso tecnológico (Leal; Bugarin, 2023). No entanto, para países que possuem sistemas econômicos menos complexos, como a concentração de produção de bens e serviços, esse crescimento econômico sustentável trará uma perda na vantagem competitiva, sendo preciso fazer mudanças na sua base econômica, diferentemente de países que têm sistemas econômicos mais complexos, como aqueles cuja predominância é de exportação de commodities nas suas matrizes econômicas (Leal; Bugarin, 2023). Uma das maneiras de alcançar o crescimento econômico sustentável é usar as fontes renováveis de energia, sendo elas a eólica, solar, hidrelétrica e o uso da biomassa, já que elas não agredem o meio ambiente e não contribuem para a emissão de CO₂, além de serem alternativas para a substituição de matriz energética das indústrias (Santana, 2020).

No Brasil existem grandes reservatórios que permitem a forte atuação da energia hidroelétrica, representando no ano de 2021 o equivalente a 53,4% de 78,1% das fontes de energia renováveis existentes no país, mas houve um crescimento até o ano de 2024 passando a porcentagem de 55% de energia proveniente de hidroelétricas sobre 84,25% das fontes renováveis (Werner; Lázaro, 2023; Brasil, 2024c). Os principais fatores que marcam esses momentos de concentração da geração de hidreletricidade no território brasileiro são os elevados ritmos de industrialização e urbanização da região Sudeste, com foco em São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte (Cataia; Duarte, 2022). Há uma proposta de melhoria de eficiência para as usinas hidrelétricas cujo objetivo é evitar o desperdício da água e continuar gerando energia nos momentos de seca ou estiagem, quando os custos são mais elevados e as

tarifas cobradas pelo uso dessa energia são mais caras, além de necessitar de complemento usando outras fontes de energia, como as termelétricas, que emitem GEEs (Levi et al., 2024). Tal proposta de melhoria de eficiência consiste em uma usina hidrelétrica reversível (UHR), que vai reutilizar a água que passa pelas turbinas jogando-as no reservatório para reabastecê-lo, de maneira a aumentar a eficiência dessa produção (Levi et al., 2024). É importante destacar que as usinas hidrelétricas são consideradas como uma boa ferramenta para o desenvolvimento econômico de um país, sendo que no Brasil a geração elétrica foi de 427,114 GigaWatt-hora (GWh) em 2022 (Lima et al., 2023).

O Brasil também possui condições favoráveis para o desenvolvimento da energia eólica, incluindo extensas áreas com ventos constantes e fortes, visto que para a geração desse tipo de energia é necessário que existam os ventos locais, variações sazonais apresentando os ventos continentais, a latitude, altitude e a topografia do terreno (Araujo; Santos, 2023). Em 2012 essa fonte energética ficou em segundo lugar nos leilões, que são conduzidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e unem geradores de energia e distribuidoras, e teve o preço MegaWatt-hora (MWh) comparável ao de grandes hidrelétricas, uma vez que os custos para a produção da energia por meio de usina eólica são altos e maiores que a energia proveniente de hidrelétricas e termoeletricas (Araujo; Santos, 2023). Isso ajudou para que na última década o país conseguisse produzir internamente 80% dos componentes dos aerogeradores, em função de uma cadeia de produção estabelecida por empresas como Wobben, Impsa, Gamesa Siemens e outros (Silva, 2023).

Sendo assim, em 2021 o Brasil passou a ser o sexto país que mais produz energia eólica onshore (instalações em terra), ficando em terceiro lugar segundo o ranking Global Wind Energy Council (GWEC), com 3,8 GigaWatt (GW), atrás de China (30,7 GW) e EUA (12,7 GW) (Silva, 2023). Para que o funcionamento da usina de energia eólica aconteça é necessária a instalação das torres, aerogeradores, sistema de transmissão e subestações, sendo que em 2022 foi investido R\$ 31,86 bilhões de reais no setor eólico, significando 42% do total investido em energias renováveis. Ainda em 2021 o Brasil atingiu 13,4% de participação de energia eólica sobre a matriz elétrica total produzida, no entanto em 2024 houve um crescimento mudando para 14,8% (Araujo; Santos, 2023; Brasil, 2024c).

Ainda é possível que o Brasil aproveite outra vantagem natural para a geração de energia: a luz solar, visto que o país apresenta um grande potencial ao longo do território nacional dessa fonte (Silva et al., 2021). Além de contribuir para a redução das emissões de GEE, esse modelo de produção energética ainda pode colaborar para a economia a longo prazo nos custos para obtenção de energia, se comparado com as outras fontes, visto que para a sua

instalação são necessárias, principalmente, placas de aço galvanizado com silício, suportes de alumínio, inversor e transformador, que têm tido seus preços reduzidos em função da grande demanda nos últimos anos e da evolução da eficiência das matérias-primas, ademais a tributação para a importação dos materiais para a instalação do produto é reduzido (Andrade; Lopes, 2023; Costa et.al., 2020). Pode-se dizer que a poupança a longo prazo acontece porque este sistema energético não exige a inserção de outro combustível para a geração da energia, apenas a luz solar, que não tem custo ao proprietário do sistema, e ainda a necessidade de manutenção da usina é baixa (Costa et al., 2020).

Levando em conta apenas a produção de energia fotovoltaica centralizada, isto é, proveniente de extensos campos solares, o Brasil já conta com 18 mil instalações solares em todo o território, gerando uma potência total de 10,3 Gigawatts (Brasil, 2024a). Quanto à contribuição para a capacidade total da rede elétrica brasileira, a energia solar fotovoltaica já alcançou 2%, chegando em 6,28% no ano de 2024, e ainda tem uma previsão de atingir 10% até 2030, segundo informa a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (Botezeli et al., 2022; Brasil, 2024c).

A biomassa é uma fonte de energia eficaz, amplamente aplicada na produção de biocombustíveis e eletricidade, sendo a cana-de-açúcar e seus resíduos uma das principais fontes de biomassa com grande potencial no Brasil, o maior produtor mundial dessa cultura, conferindo ao país uma posição privilegiada na geração desse tipo de energia (Mantovani et al., 2022). As vantagens do emprego da biomassa incluem custos reduzidos, a reutilização de resíduos que, de outra forma, seriam descartados, além da redução na emissão de poluentes em comparação com os combustíveis fósseis (Mantovani et al., 2022).

A biomassa é usada para gerar energia através de sua queima, produzindo então calor, isto é, o seu processo acontece por meio de usinas termelétricas, abastecendo casas, comércio e indústrias, chegando a produção de 8,4% sobre 84,25% das fontes renováveis de energia (Brasil, 2024b, 2024c). Além da cana-de-açúcar, que produziu 12.410 MW de potência em 422 usinas, há ainda a possibilidade de usar licor negro, resíduos florestais, lenha e biogás (Brasil, 2024b).

A transição energética representa uma mudança fundamental no paradigma do sistema energético, migrando de uma dependência de combustíveis fósseis para uma ênfase em fontes renováveis, visando estabelecer uma economia de baixa emissão de carbono. Neste sentido, eventos climáticos extremos, como recordes de temperatura, inundações, incêndios florestais e secas, evidenciam a urgência de ações que buscam reduzir a emissão de GEEs (Lima; Miroslava, 2022).

Nesse contexto, a transição energética requer uma reavaliação profunda da forma como se produz, distribui e consome energia, com o objetivo de alcançar a neutralidade carbônica e reorganizar a sociedade de maneira sustentável (Lima; Miroslava, 2022; Pereira, 2023). Isso implica em uma mudança significativa na infraestrutura e nos comportamentos, incluindo a substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis. Essas medidas estão alinhadas com os objetivos estabelecidos pelo Acordo de Paris e são essenciais para enfrentar os desafios climáticos e promover um futuro mais sustentável (Lima; Miroslava, 2022).

3 METODOLOGIA

Com o objetivo de avaliar os possíveis relacionamentos entre as emissões de gases do efeito estufa (GEE) e os níveis de atividade industrial no Brasil, inicialmente, foram levantadas observações referentes aos totais anuais das emissões CO₂, em gigagramas (Gg), referentes exclusivamente aos “processos industriais e uso de produtos” (IPPU) divulgados pelo Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE) do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação brasileiro (Brasil, 2023b), com base na métrica do Potencial de Aquecimento Global ou Global Warming Potential (GWP) do Quinto Relatório de Avaliação (AR5) do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), portanto CO₂-GWP-AR5.

A seguir, como medida dos níveis de atividade industrial no Brasil foram pesquisados os totais das receitas do segmento industrial brasileiro (mil reais ou R\$1.000,00) como um todo, e ainda, os totais referentes aos detalhamentos do segmentos da indústria extrativa (extração de carvão mineral; extração de petróleo e gás natural; extração de minerais metálicos; extração de minerais não-metálicos; atividades de apoio à extração de minerais) e da indústria de transformação (fabricação de produtos alimentícios; fabricação de bebidas; fabricação de produtos do fumo; fabricação de produtos têxteis; confecção de artigos do vestuário e acessórios; preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados; fabricação de produtos de madeira; fabricação de celulose, papel e produtos de papel; impressão e reprodução de gravações; fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis; fabricação de produtos químicos; fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos; fabricação de produtos de borracha e de material plástico; fabricação de produtos de minerais não-metálicos; metalurgia; fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos; fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos; fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos; fabricação de máquinas e equipamentos; fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias; fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores; fabricação de móveis; fabricação de produtos diversos; manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos) (IBGE, 2021).

Os totais referentes às observações anuais de CO₂-GWP-AR5 (em Gg) referentes aos IPPU foram obtidos a partir das informações disponibilizadas pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações por meio do Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE) (Brasil, 2023b). Os totais referentes às receitas do segmento industrial brasileiro (Mil Reais), e seus detalhamentos foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE), mediante consultas realizadas no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) referentes aos dados gerais das empresas industriais com 1 ou mais pessoas ocupadas, classificadas segundo as divisões do Cadastro Nacional de Atividades Econômicas 2.0 (CNAE 2.0), com base nas informações disponibilizadas pela Pesquisa Industrial Anual-Empresa (PIA-Empresa) do IBGE (2021). Assim, uma vez que o SIRENE disponibiliza os dados referentes aos totais de CO₂-GWP-AR5 (em Gg) dos IPPU para o período de 1990 a 2020, e os dados da PIA-Empresa do IBGE abrangem o período de 2007 a 2021, a amostra desta pesquisa foi composta pelos totais anuais (de CO₂-GWP-AR5 e Mil reais de Receita total) referentes ao período de 2007 a 2020.

Em relação ao processo de análise de dados, inicialmente, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov para avaliação acerca da presença de distribuição normal em cada uma das séries de dados integrantes da amostra de pesquisa. Contudo, as séries de dados referentes ao total de CO₂ (CO₂-GWP-AR5) dos IPPU, bem como, as séries referentes aos totais das receitas de 4 segmentos industriais (extração de minerais não-metálicos; confecção de artigos do vestuário e acessórios; impressão e reprodução de gravações; e metalurgia) não apresentaram distribuição normal, o que impediu a análise de correlação baseada em testes de natureza paramétrica.

A seguir, foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman para níveis de significância de 1% e 5%, em detrimento do coeficiente de correlação de Pearson, cujas series de dados analisadas precisariam apresentar distribuição normal, de forma a se avaliar a presença de correlações entre as variáveis analisadas nesta pesquisa, com especial atenção para a variável CO₂-GWP-AR5 dos IPPU comparativamente aos totais das receitas do segmento industrial brasileiro.

O coeficiente de correlação tem por finalidade avaliar o sentido e o grau de associação entre o comportamento duas variáveis, independentemente das respectivas unidades de medida, cujos valores variam entre -1 e +1; sendo que, o coeficiente de correlação de Pearson (paramétrico) é mais adequado à avaliação de relações lineares, com distribuição normal, e o coeficiente de correlação de Spearman (não paramétrico) é mais recomendado para variáveis cuja relação é monótona, ou seja, quando seus tendem a variar juntos, porém, em taxas não constantes, e ele independe do tipo de distribuição das variáveis analisadas (Sousa, 2019). A utilização do coeficiente de correlação é cada vez maior na literatura relacionada aos estudos de natureza ambiental, mostrando-se uma ferramenta eficaz na compreensão dos relacionamentos referentes ao comportamento desse tipo de variável (Sampaio et al., 2024)

Assim, devido à natureza do objeto deste estudo, à respectiva base de dados, e ainda, considerando a metodologia analítica utilizada, esta pesquisa pode ser classificada como uma investigação científica empírica baseada em métodos quantitativos aplicados à análise de fenômenos de natureza ambiental influenciados por segmentos específicos da economia brasileira.

4 ANÁLISE DE DADOS, APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Ao avaliar os resultados das análises de correlação, foi possível observar que os valores estão próximos de +1, o que indica que existe uma correlação entre o volume das atividades e as emissões de CO₂ por segmento dos IPPU, segundo as informações detalhadas na Tabela 1. Dentre as variáveis testadas, o setor da Indústria Extrativa é o que possui a maior correlação entre as variáveis analisadas, sendo classificada como positiva alta; em seguida está o Total de IPPU e, por fim, a Indústria de Transformação, também sendo ambas positivas altas. Isso implica em dizer que existe uma grande emissão de CO₂ pelas indústrias no Brasil e, ainda, que tais emissões acompanham o volume de atividade industrial. Portanto, é preciso que sejam revistos os meios energéticos usados para manter o funcionamento de seus processos produtivos ou a forma como são realizadas as suas práticas industriais (Lima; Miroslava, 2022; Pereira, 2023).

Tabela 1 - Matriz de correlação entre emissões e volume de atividade, por segmento dos IPPU

Variáveis	CO ₂ -GWP-AR5	Total dos IPPU	Indústrias extrativas	Indústrias de transformação
CO ₂ -GWP-AR5	1,000	0,877**	0,881**	0,864**
Total dos IPPU	0,877**	1,000	0,881**	0,996**
Indústrias extrativas	0,881**	0,881**	1,000	0,859**
Indústrias de transformação	0,864**	0,996**	0,859**	1,000

** A correlação é significativa no nível 0,01.

Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados da pesquisa

No segmento da indústria extrativa, a exploração de carvão mineral, petróleo e gás natural ocorre em grande escala para atender as necessidades impostas pela sociedade, sendo que esses recursos são as principais fontes de energia não renováveis, e são utilizados como combustíveis para maquinários e caldeiras, além de servirem também como matéria-prima em outros setores industriais (Zheng et. al., 2024). Posto isto, a correlação entre o volume de atividade e as respectivas emissões de CO₂ é alto, conforme os dados da Tabela 2, porque ainda existe uma dependência de combustíveis fósseis como fonte energética para as indústrias, colaborando para o aumento das emissões de CO₂ (Xavier, 2020; Azevedo; Fonseca; Missio, 2022).

Analisando as informações contidas na Tabela 2, observa-se que o segmento de “extração de petróleo e gás natural” e as emissões de CO₂ possuem a correlação mais alta dentre as demais calculadas no setor de indústria extrativa. O petróleo é amplamente consumido como combustível automotivo na forma de gasolina e diesel, sendo esse o consumo mais intenso, e ainda, é utilizado como fonte de energia para as máquinas industriais de diversos setores (Santos

et al., 2022; Prauchner et. al., 2022; Leite; Delone; Miraglia, 2020). Diante disso, há uma exigência constante de produção desse recurso para atender a demanda, o que aumenta o volume de vendas e, consequentemente, faz crescer o nível de emissões de CO₂ provocado pela extração do petróleo.

Tabela 2 - Matriz de correlação entre emissões e volume de atividade, por IPPU de setores da indústria extrativa

Variáveis	CO ₂ -GWP-AR5	Extração de carvão mineral	Extração de petróleo e gás natural	Extração de minerais metálicos	Extração de minerais não-metálicos	Atividades de apoio à extração de minerais
CO ₂ -GWP-AR5	1,000	0,657*	0,855**	0,846**	0,793**	0,635*
Extração de carvão mineral	0,657*	1,000	0,675**	0,499	0,916**	0,859**
Extração de petróleo e gás natural	0,855**	0,675**	1,000	0,820**	0,864**	0,635*
Extração de minerais metálicos	0,846**	0,499	0,820**	1,000	0,688**	0,376
Extração de minerais não-metálicos	0,793**	0,916**	0,864**	0,688**	1,000	0,767**
Atividades de apoio à extração de minerais	0,635*	0,859**	0,635*	0,376	0,767**	1,000

** A correlação é significativa no nível 0,01.

* A correlação é significativa no nível 0,05.

Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados da pesquisa

De forma simultânea à exploração do petróleo acontece a extração do gás natural, um mineral não metálico que é usado como combustível para os maquinários industriais, e como matéria-prima no setor agroindustrial (Brasil, 2020). O seu alto volume de produção está ligado a necessidade do seu uso como suporte na eletricidade, após substituir o uso do carvão mineral para este fim, e ainda, o gás natural acompanha a melhoria das condições de poder aquisitivo da sociedade, já que ele é usado nas indústrias de setores essenciais para a população, como a alimentação (Brasil, 2020). Sendo assim, à medida que é extraído o petróleo e existe um crescimento na demanda por produtos que usem esse mineral, então o gás também tem seu volume de produção aumentado, o que vai impactar o seu volume de vendas e, por consequência, faz com que se elevem as respectivas emissões; o que explica a elevada correlação observada nesta análise.

Além dos produtos citados, ainda existem neste setor da indústria extrativa a extração de minerais metálicos, a destacar o cobre, ouro, a prata, o alumínio, ferro, chumbo; e, minerais não metálicos, como a areia, o cascalho, granito, fósforo, potássio, sal marinho entre outros (Zheng et al., 2024,) A grande parte desses materiais é usada na construção civil, que

acompanha o crescimento da sociedade e o desenvolvimento social e econômico, aumentando a quantidade de edifícios, fábricas, moradias, a reparação de asfaltos e rodovias etc., para suportar a demanda do capitalismo (Leite; Delone; Miraglia, 2020). Dessa forma, assim como aumenta a produção industrial extrativa, também cresce o volume de produção dessas empresas, sendo que as vendas acompanham o nível produtivo e, por sua vez, eleva as emissões de CO₂.

Fundamental no início da industrialização, o carvão mineral era a fonte de energia usada para funcionar as primeiras máquinas industriais até ser substituído por outras fontes energéticas, como o gás mineral e o petróleo (Quéré et al., 2019). No entanto, o carvão mineral é ainda usado como matéria-prima para outros fins além da energia elétrica, a dizer para a siderurgia e para a indústria química, além de ser fonte de renda para a comunidade local (Zanette; Camilo, 2023). Como a extração desse mineral é usada intensamente para diferentes objetivos, então a sua demanda é constante, o que justifica o resultado alto e positivo da correlação entre o seu volume de produção e as emissões de CO₂, ficando em quarto lugar dentre as outras variáveis correlacionadas na indústria extrativa.

O resultado da correlação entre as variáveis da indústria extrativa e as emissões de CO₂ mostra-se compreensível, dado que essa indústria é essencial para a manutenção da moradia e da locomoção dos cidadãos, uma vez que seus produtos estão presentes na condução de veículos, construção de casas, prédios e rodovias, que constituem os principais meios de transporte de pessoas e mercadorias no país, além de servirem como base para outros setores industriais (Zheng et al., 2024; Leite; Delone; Miraglia, 2020; Prauchner et. al., 2022). Isso indica que, à medida que o desenvolvimento da sociedade avança e a demanda por produtos aumenta, seja devido ao crescimento do poder aquisitivo de parcela da população ou a programas sociais do governo, os níveis de emissões de CO₂ também tendem a crescer (Valeretto; Constantino, 2020; Azevedo; Fonseca; Missio, 2022).

Assim como o volume de atividade da indústria extrativa possui uma correlação positiva com as emissões de CO₂, a indústria de transformação também possui, conforme os dados existentes da Tabela 3. Como esse tipo de indústria é responsável pela fabricação de bens de consumo usados pela população em diversas situações, então é exigida uma atividade industrial constante e intensa para que seja possível suprir as necessidades da sociedade, considerando a relevância dos itens que são produzidos pela indústria de transformação (Colombo, 2022).

Ao analisar a Tabela 3 é possível verificar que os segmentos “Fab. de equip. de informática, prod. eletr. e ópticos”, “Fab. de máq. e equip.”, “Fab. de móveis”, possuem uma alta correlação com as emissões de CO₂, indicando que esses subsetores da indústria de fabricação possuem uma considerável atividade produtiva utilizando fontes energéticas

prejudiciais à atmosfera, de forma a contribuir para o aumento das emissões de CO₂ (Colombo, 2022). Em contrapartida, existem subdivisões que possuem uma correlação fraca com emissões de CO₂, ou seja: “Impres. e reprodução de gravações”, “Fab. de outros equip. de transp., exceto veíc. Automo.”, “Prep. de couros e fab. de art. de couro, ar. p/ viagem e calç.” – o que indica que o volume da atividade industrial é divergente da quantidade que elas emitem de CO₂.

As receitas dos setores “Impres. e reprodução de gravações”, “Fab. de outros equip. de transp., exceto veíc. Automo.”, “Prep. de couros e fab. de art. de couro, ar. p/ viagem e calç.” não tiveram alterações significativas nos últimos anos, e ainda apresentaram uma queda em 2020, que foi o último ano da análise, mas em contrapartida, as emissões totais de CO₂ continuaram crescendo. Esse contraste justifica a baixa correlação identificada na Tabela 3, no qual, as receitas podem ter se estabilizado ou que houve uma redução nos níveis de emissões de CO₂, contudo, tal fato não pode ser confirmado, visto que essas variáveis não foram avaliadas neste estudo. No entanto, como o desempenho geral da indústria de transformação apresentou níveis crescentes de emissões de CO₂, pode-se deduzir que para esses subsectores não houve queda nos níveis de emissões de CO₂.

Tabela 3 - Matriz de correlação entre emissões e volume de atividade, por IPPU de setores da indústria de transformação

Varáveis	CO2-GWP-AR5	Indústrias de transformação	Fab. de prod. alimentícios	Fab. de bebidas	Fab. de prod. do fumo	Fab. de prod. têxteis	Confec de art do vestuário e aces	Prep. de couros e fab. de art. de couro, ar. p/	Fab. de prod. de madeira	Fab. de celulose, papel e prod. de papel	Impres. e reprodução de	Fab. de coque e derivados do petróleo e de	Fab. de prod. químicos	Fab. de prod. Farnaq. e farmac.	Fab. de prod. de borracha e de mat. plástico	Fab. de prod. de minerais não-metálicos	Metalurgia	Fab. de prod. de metal, exceto máq. e equip.	Fab. de equip. de informática, prod. eletr. e ópticos	Fab. de máq., aparelhos e mat. elétricos	Fab. de máq. e equip.	Fab. de veic. automotores, reboq. e carroç.	Fab. de outros equip. de transp., exceto veic.	Fab. de móveis	Fab. de prod. diversos	Manut., rep. e inst. de máq. e equip.
CO2-GWP-AR5	1,000	0,864*	0,811*	0,829*	0,754*	0,855*	0,842*	0,670*	0,859*	0,785*	0,380	0,842*	0,824*	0,855*	0,811*	0,754*	0,829*	0,837*	0,916*	0,864*	0,899*	0,864*	0,591*	0,877*	0,873*	0,859*
Indústrias de transformação	0,864**	1,000	0,974*	0,991*	0,899*	0,965*	0,846*	0,802*	0,960*	0,974*	0,358	0,978*	0,978*	0,982*	0,982*	0,851*	0,969*	0,960*	0,965*	0,956*	0,916*	0,807*	0,798*	0,925*	0,991*	0,987*
Fab. de prod. alimentícios	0,811**	0,974*	1,000	0,982*	0,886*	0,974*	0,864*	0,824*	0,965*	0,991*	0,389	0,934*	0,982*	0,991*	0,991*	0,811*	0,925*	0,960*	0,934*	0,908*	0,890*	0,780*	0,767*	0,895*	0,982*	0,987*
Fab. de bebidas	0,829**	0,991*	0,982*	1,000	0,921*	0,960*	0,846*	0,789*	0,943*	0,987*	0,389	0,965*	0,974*	0,982*	0,996*	0,864*	0,943*	0,952*	0,938*	0,956*	0,899*	0,780*	0,815*	0,912*	0,987*	0,982*
Fab. de prod. do fumo	0,754**	0,899*	0,886*	0,921*	1,000	0,833*	0,763*	0,657*	0,789*	0,912*	0,319	0,855*	0,877*	0,886*	0,912*	0,780*	0,859*	0,807*	0,802*	0,881*	0,789*	0,640*	0,736*	0,785*	0,895*	0,886*
Fab. de prod. têxteis	0,855**	0,965*	0,974*	0,960*	0,833*	1,000	0,899*	0,802*	0,982*	0,956*	0,371	0,952*	0,965*	0,987*	0,965*	0,837*	0,916*	0,991*	0,974*	0,925*	0,943*	0,851*	0,741*	0,960*	0,982*	0,978*
Confec de art do vestuário e aces	0,842**	0,846*	0,864*	0,846*	0,763*	0,899*	1,000	0,745*	0,881*	0,846*	0,530	0,864*	0,855*	0,873*	0,855*	0,798*	0,793*	0,899*	0,895*	0,864*	0,943*	0,934*	0,675*	0,895*	0,864*	0,859*
Prep. de couros e fab. de art. de couro, ar. p/ viagem e calç.	0,670**	0,802*	0,824*	0,789*	0,657*	0,802*	0,745*	1,000	0,820*	0,802*	0,547*	0,776*	0,824*	0,824*	0,802*	0,609*	0,780*	0,789*	0,780*	0,697*	0,688*	0,604*	0,771*	0,701*	0,811*	0,815*
Fab. de prod. de madeira	0,859**	0,960*	0,965*	0,943*	0,789*	0,982*	0,881*	0,820*	1,000	0,947*	0,349	0,947*	0,965*	0,969*	0,947*	0,815*	0,938*	0,987*	0,982*	0,903*	0,938*	0,846*	0,732*	0,938*	0,965*	0,969*
Fab. de celulose, papel e prod. de papel	0,785**	0,974*	0,991*	0,987*	0,912*	0,956*	0,846*	0,802*	0,947*	1,000	0,371	0,934*	0,969*	0,978*	0,991*	0,833*	0,925*	0,947*	0,921*	0,921*	0,881*	0,754*	0,789*	0,886*	0,974*	0,978*
Impres. e reprodução de gravações	0,380	0,358	0,389	0,389	0,319	0,371	0,530	0,547*	0,349	0,371	0,000	0,371	0,385	0,371	0,407	0,552*	0,262	0,385	0,345	0,420	0,420	0,407	0,657*	0,393	0,354	0,345
Fab. de coque e derivados do petróleo e de biocomb.	0,842**	0,978*	0,934*	0,965*	0,855*	0,952*	0,864*	0,776*	0,947*	0,934*	0,371	1,000	0,956*	0,947*	0,952*	0,881*	0,965*	0,965*	0,965*	0,965*	0,938*	0,837*	0,824*	0,947*	0,960*	0,952*
Fab. de prod. químicos	0,824**	0,978*	0,982*	0,974*	0,877*	0,965*	0,855*	0,824*	0,965*	0,969*	0,385	0,956*	1,000	0,982*	0,982*	0,807*	0,965*	0,965*	0,943*	0,903*	0,895*	0,780*	0,793*	0,890*	0,974*	0,969*
Fab. de prod. Farnaq. e farmac.	0,855**	0,982*	0,991*	0,982*	0,886*	0,987*	0,873*	0,824*	0,969*	0,978*	0,371	0,947*	0,982*	1,000	0,987*	0,811*	0,934*	0,969*	0,956*	0,921*	0,908*	0,807*	0,754*	0,921*	0,996*	0,991*
Fab. de prod. de borracha e de mat. plástico	0,811**	0,982*	0,991*	0,996*	0,912*	0,965*	0,855*	0,802*	0,947*	0,991*	0,407	0,952*	0,982*	0,987*	1,000	0,846*	0,934*	0,956*	0,930*	0,934*	0,890*	0,771*	0,811*	0,899*	0,982*	0,978*
Fab. de prod. de minerais não-metálicos	0,754**	0,851*	0,811*	0,864*	0,780*	0,837*	0,798*	0,609*	0,815*	0,833*	0,552*	0,881*	0,807*	0,811*	0,846*	1,000	0,798*	0,864*	0,851*	0,947*	0,895*	0,754*	0,877*	0,908*	0,829*	0,820*

Metalurgia	0,829**	0,969*	0,925*	0,943*	0,859*	0,916*	0,793*	0,780*	0,938*	0,925*	0,262	0,965*	0,965*	0,934*	0,934*	0,798*	1,000	0,930*	0,943*	0,908*	0,881*	0,754*	0,785*	0,873*	0,943*	0,938*
Fab. de prod. de metal, exceto máq. e equip.	0,837**	0,960*	0,960*	0,952*	0,807*	0,991*	0,899*	0,789*	0,987*	0,947*	0,385	0,965*	0,965*	0,969*	0,956*	0,864*	0,930*	1,000	0,978*	0,930*	0,956*	0,859*	0,771*	0,965*	0,965*	0,960*
Fab. de equip. de informática, prod. eletr. e ópticos	0,916**	0,965*	0,934*	0,938*	0,802*	0,974*	0,895*	0,780*	0,982*	0,921*	0,345	0,965*	0,943*	0,956*	0,930*	0,851*	0,943*	0,978*	1,000	0,943*	0,969*	0,890*	0,732*	0,969*	0,965*	0,960*
Fab. de máq., aparelhos e mat. elétricos	0,864**	0,956*	0,908*	0,956*	0,881*	0,925*	0,864*	0,697*	0,903*	0,921*	0,420	0,965*	0,903*	0,921*	0,934*	0,947*	0,908*	0,930*	0,943*	1,000	0,947*	0,842*	0,824*	0,956*	0,943*	0,934*
Fab. de máq. e equip.	0,899**	0,916*	0,890*	0,899*	0,789*	0,943*	0,943*	0,688*	0,938*	0,881*	0,420	0,938*	0,895*	0,908*	0,890*	0,895*	0,881*	0,956*	0,969*	0,947*	1,000	0,943*	0,714*	0,978*	0,916*	0,912*
Fab. de veíc. automotores, reboq. e carroc.	0,864**	0,807*	0,780*	0,780*	0,640*	0,851*	0,934*	0,604*	0,846*	0,754*	0,407	0,837*	0,780*	0,807*	0,771*	0,754*	0,754*	0,859*	0,890*	0,842*	0,943*	1,000	0,538*	0,895*	0,815*	0,811*
Fab. de outros equip. de transp., exceto veíc. Automo.	0,591*	0,798*	0,767*	0,815*	0,736*	0,741*	0,675*	0,771*	0,732*	0,789*	0,557*	0,824*	0,793*	0,754*	0,811*	0,877*	0,785*	0,771*	0,732*	0,824*	0,714*	0,538*	1,000	0,736*	0,758*	0,745*
Fab. de móveis	0,877**	0,925*	0,895*	0,912*	0,785*	0,960*	0,895*	0,701*	0,938*	0,886*	0,393	0,947*	0,890*	0,921*	0,899*	0,908*	0,873*	0,965*	0,969*	0,956*	0,978*	0,895*	0,736*	1,000	0,934*	0,925*
Fab. de prod. diversos	0,873**	0,991*	0,982*	0,987*	0,895*	0,982*	0,864*	0,811*	0,965*	0,974*	0,354	0,960*	0,974*	0,996*	0,982*	0,829*	0,943*	0,965*	0,965*	0,943*	0,916*	0,815*	0,758*	0,934*	1,000	0,996*
Manut., rep. e inst. de máq. e equip.	0,859**	0,987*	0,987*	0,982*	0,886*	0,978*	0,859*	0,815*	0,969*	0,978*	0,345	0,952*	0,969*	0,991*	0,978*	0,820*	0,938*	0,960*	0,960*	0,934*	0,912*	0,811*	0,745*	0,925*	0,996*	1,000

* A correlação é significativa no nível 0,01.

† A correlação é significativa no nível 0,05.

Fonte: elaborado pela autora, com base nos dados da pesquisa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Impulsionados pelas alterações climáticas que vêm acontecendo de forma acelerada nos últimos anos, vários países signatários trataram de promover a redução das emissões de CO₂, a partir de 2015, por meio de ações propostas no Acordo de Paris, de modo a conter a elevação da temperatura mundial em até 2°C, em relação aos níveis pré-industriais, e limitar esse aumento a 1,5°C. As contribuições nacionalmente determinadas de cada país definiram ações mundiais que planejam revisar as suas atividades, e dentre elas os meios energéticos utilizados nos diversos processos do dia a dia das sociedades globais. Sendo assim, para alcançar essa meta e proporcionar um futuro mais sustentável é necessário que aconteça a transição energética: de combustíveis fósseis para as fontes renováveis.

Para implantar esse modelo energético sustentável deve-se considerar que será preciso reavaliar a forma como a energia das nações é produzida, consumida e distribuída, de tal forma que se promovam alterações de infraestrutura capazes de suportar as novas fontes energéticas, sendo elas: energia eólica, solar, hidrelétrica e biomassa, que reduzirão as emissões de GEE.

Com o propósito de examinar os relacionamentos entre as emissões de GEE e os níveis de atividades industriais no Brasil, esta pesquisa observou a existência de uma correlação positiva e significativa entre o volume de receitas industriais e as emissões de CO₂ no Brasil. Isso implica em dizer que, à medida que a atividade industrial aumenta, as emissões de CO₂ também tendem a aumentar, principalmente para as Indústrias Extrativas e de Transformação, que apresentaram as maiores correlações com as emissões de CO₂.

De acordo com os resultados obtidos a partir desta investigação, foi possível perceber que as fontes energéticas utilizadas pelas indústrias brasileiras impulsionam o aumento das emissões de CO₂. Isso acontece porque ainda existe uma grande dependência energética industrial dos combustíveis fósseis, em especial o petróleo e gás natural, que são os combustíveis mais poluentes e, dessa forma, torna o Brasil um dos principais emissores de gases do efeito estufa no mundo.

Diante desse quadro, a transição energética é necessária e urgente para que seja possível mitigar os efeitos das mudanças climáticas globais por meio da redução das emissões de CO₂, conforme as propostas assinadas no Acordo de Paris em 2015. Para cumprir esse propósito, o Brasil precisa adotar políticas e ações capazes de diminuir a dependência das fontes energéticas fósseis, ao mesmo tempo em que aumente o uso das fontes energéticas renováveis, implementando uma matriz energética limpa e eficiente, principalmente, nos setores das Indústrias Extrativa e de Transformação.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R.; MERGULHÃO JÚNIOR, C.; STOFFES JUNIOR, M.; STEIN, R. Simulação do efeito estufa, da intensificação do efeito estufa pela presença de CO₂ e do impacto da mudança da cobertura da Terra na temperatura média do meio usando o Arduino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [s. l.], v. 43, e20200355, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0355> . Acesso em: 19 dez. 2023.
- ASSAD, D.; MARTINS, C.; CORDEIRO, M.; EVANGELISTA, A. Sequência de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. In: ASSAD, D.; MARTINS, C.; CORDEIRO, M.; EVANGELISTA, A. **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, 2019. cap. 11. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1113064/ilpf-inovacao-com-integracao-de-lavoura-pecuaria-e-floresta> . Acesso em: 18 dez. 2023.
- AZEVEDO, F.; FONSECA, D.; MISSIO, J. Distribuição de renda e regime de crescimento econômico no Brasil: avaliação e propostas. **Revista de Economia Política**, [s. l.], v.42, n.1, p.25-47, 2022. DOI: 10.1590/0101-31572021-3244. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rep/a/wHVYCJtPDb4DbpqfYKwsswK/?lang=pt>. Acesso em: 03 fev. 2024.
- BETTIOL, W.; SILVA, A.; CERRI, P.; MARTIN NETO, L.; ANDRADE, A. Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical. In: BETTIOL, W.; SILVA, A.; CERRI, P.; MARTIN NETO, L.; ANDRADE, A. **EMBRAPA Meio Ambiente**, Brasília, 2023. cap. 10. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1153147/entendendo-a-materia-organica-do-solo-em-ambientes-tropical-e-subtropical> . Acesso em: 04 fev. 2024.
- BOTEZELI, K.; GOEHRING, N.; CANHA, N.; ALMEIDA, T. Análise do investimento industrial em energia solar fotovoltaica e armazenamento de energia – estudo de caso da Bruning Tecnometal. In: IX Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - SBSE, 2022, [s. l.]. **Anais**. Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, [s. l.], 2022, p. 1-8. Disponível em: https://www.sba.org.br/open_journal_systems/index.php/sbse/article/view/3111/2642. Acesso em: 20 mar. 2024.
- BRASIL. Assessoria Especial de Comunicação Social; Ministério de Minas e Energia. **Brasil bate recorde de expansão da energia solar em 2023**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-bate-recorde-de-expansao-da-energia-solar-em-2023>. Acesso em: 22 mar. 2024.
- BRASIL. Assessoria Especial de Comunicação Social; Ministério de Minas e Energia. **Saiba mais sobre a biomassa utilizada para gerar energia elétrica**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/saiba-mais-sobre-a-biomassa-utilizada-para-gerar-energia-eletrica#:~:text=O%20Brasil%20conta%20com%20637%20empreendimentos%20que%20utilizam,que%20fazem%20parte%20do%20Sistema%20Interligado%20Nacional%20%28SIN%29>. Acesso em: 23 mar. 2024.
- BRASIL. Assessoria Especial de Comunicação Social; Ministério de Minas e Energia. **SIN ultrapassa a capacidade de 200 GW**. Brasília, DF: Ministério de Minas e Energia, 2024c.

Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/sin-ultrapassa-a-capacidade-de-200-gw>. Acesso em: 23 mar. 2024.

BRASIL. Coordenação-Geral do Clima; Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação; Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. **Acordo de Paris**. Brasília, DF: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicação, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/acordo-de-paris>. Acesso em: 18 dez. 2023.

BRASIL. **Pretendida contribuição nacionalmente determinada**. Versão 4. Brasília, DF, 2023a. Disponível em: <https://unfccc.int/NDCREG>. Acesso em: 18 dez. 2023.

BRASIL, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. **Resultados da 6a Edição das Estimativas MCTI (1990-2020)**. Sistema de Registro Nacional de Emissões (SIRENE): Emissões/Emissões de GEE por Setor. Publicado em 19/08/2021-15h58. Atualizado em 30/01/2023-14h23. Brasília-DF: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/emissoes/emissoes-de-gee-por-setor-1>. Acesso em: 09 abr. 2024.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Agência Nacional do petróleo, gás natural e biocombustíveis; Pré-sal Petróleo S.A.; Empresa de Pesquisa Energética; Banco Nacional do Desenvolvimento. **Estudo sobre o aproveitamento do gás natural do pré-sal**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/anp/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/livros-e-revistas/arquivos/aproveitamentognpresal.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2024.

CATAIA, M.; DUARTE, L. Território e energia: crítica da transição energética. **Revista da Anpage**, [s.l.], v. 18, n. 36, p. 764-791, 2022. Disponível em: [\(PDF\) Território e energia: crítica da transição energética \(researchgate.net\)](#). Acesso em: 19 mar. 2024.

CERETTA, S.; SARI, J.; CERETTA, C. Relação entre Emissões de CO₂, Crescimento econômico e energia renovável. **Revista Desenvolvimento em Questão**, [s.l.], v.18, n.50, 2020. DOI: 10.21527/2237-6453.2020.50.268-286. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75262392019>. Acesso em: 27 jan. 2024.

COLOMBO, A. Estrutura produtiva e encadeamentos setoriais no Brasil do século XXI: uma análise através de indicadores clássicos de insumo-produto. **Revista de Economia**, [s.l.], v. 44, p. 185-215, 2022. DOI: 10.5380/re.v44i83.83592. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/economia/article/view/83592>. Acesso em: 12 jan. 2025.

COSTA, C.; OLIVEIRA, F.; RABELO, H. PINHEIRO, B.; PIAZZAROLO, J. Energia solar fotovoltaica uma alternativa viável? **Brazilian Journal of Development**, [s.l.], v.6, n.9, p.72637-72656, 2020. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/17385/14114>. Acesso em: 31 mar. 2024.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Industrial Anual – Empresa (2021)**: Tabela 1853 - Dados gerais das empresas industriais com 1 ou mais pessoas ocupadas, segundo as divisões de atividades (CNAE 2.0). [S. l.]: Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA)©, IBGE, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1853>. Acesso em: 09 abr. 2024.

LEAL, M.; BUGARIN, S. Crescimento econômico e emissões de CO₂: cointegração e consequências para a política econômica. **Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas**, [s.l.], p.58-67. 2023. Disponível em: <https://downloads.fipe.org.br/publicacoes/bif/bif512-58-67.pdf> . Acesso em: 20 jan. 2024.

LEE, H.; KIM, H.; CHOI, G.; KOO, Y. The impact of technology learning and spillovers between emission-intensive industries on climate policy performance based on an industrial energy system model. **Energy Strategy Reviews**, [s. l.], v. 43, e100898, set. 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X22000943?via%3Dihub> Acesso em: 19 dez. 2023.

LEITE, P.; DEBONE, D.; MIRAGLIA, K. Emissões de gases do efeito estufa no estado de São Paulo: análise do setor de transportes e impactos na saúde. **Revista de Ciências da Saúde**. [s.l.], v.32, n.3, p.143-153, 2020. DOI: 10.14295/vittalle.v32i3. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/vittalle/article/view/12220/8382>. Acesso em: 20 jan. 2024.

LEVI, M.; RODRIGUEZ, J.; LAMAS, W.; BERMANN, C. Usinas hidroelétricas reversíveis e sua relação com a eficiência energética na hidroeletricidade. *In*: Seminário interdisciplinar de energia, 2, 2023, São Paulo. II Seminário interdisciplinar de energia. **Anais. SINERG**. São Paulo, 2023, p. 64-71. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/370553345_Anais_do_II_Seminario_Interdisciplinar_de_Energia. Acesso em: 21 mar. 2024.

LIMA, B; MIROSLAVA, H. Estratégias para a transição energética: revisão de literatura. *Revista científica multidisciplinar núcleo do conhecimento*, [s.l.], ano 07, v. 8, p. 96-120, 2022. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-ambiental/transicao-energetica> . Acesso em: 23 mar. 2024.

LIMA, M.; RÊGO, S. C.; GONÇALVES, F.; AZEVEDO, S.; SANTOS, R.; SOUZA, M.; ARAÚJO, S.; GONÇALVES, S.; RÊGO, S. W.; PASSOS, G. O potencial das fontes renováveis de energia elétrica no Maranhão. **Research, Society and Development**, [s.l.], v.12, n. 7, e18112742690, 2023. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/9354>. Acesso em: 19 mar. 2024.

LOPES, C.; BENTO DE ANDRADE, A. Esquematização de estrutura de usina de energia solar no Brasil: uma revisão de literatura. **Revista ibero-americana de humanidades, ciência e educação**, [s.l.], v.9, n.4, e1528-1537, 2023. Disponível em: [ESQUEMATIZAÇÃO DE ESTRUTURA DE USINA DE ENERGIA SOLAR NO BRASIL: UMA REVISÃO DE LITERATURA | Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação \(periodicorease.pro.br\)](https://periodicorease.pro.br) . Acesso em: 19 mar. 2024.

MANTOVANI, P.; LEITE, R; MANTOVANI, M.; SIMÕES, S.; GONÇALVES, S.; NEVES, P.; RIBEIRO, G. Biomassa e energia. **Revista Agronomia Brasileira**, [s.l.], v. 6, e-ISSN 2594-6781, 2022. Disponível em: [rab202221 - Departamento de Ciências da Produção Agrícola - Unesp - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal](https://rab202221-Departamento-de-Ciências-da-Produção-Agrícola-Unesp-Faculdade-de-Ciências-Agrárias-e-Veterinárias-Câmpus-de-Jaboticabal). Acesso em: 23 mar. 2024.

PALERMO, C.; BRANCO, C.; FREITAS, V. Comparação entre tecnologias de aproveitamento energético de resíduos sólidos urbanos e balanço de emissões de gases de

efeito estufa no município do Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Scientific Electronic Library Online**, [s.l.], v.25, n.4, p. 635-648, 2020. DOI: 10.1590/S1413-41522020192384. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/cYnn5QpyW8vdFdFC4THPSFp/?format=html#>. Acesso em: 04 fev. 2024.

PASQUINI, C. Revoluções industriais: uma abordagem conceitual. **Revista Tecnológica da FATEC Americana**, [s.l.], v. 8, n. 01, p. 29-44, 2020. DOI: 10.47283/244670492020080129. Disponível em: <https://www.fatec.edu.br/revista/index.php/RTecFatecAM/article/view/235> . Acesso em: 27 jan. 2024.

PEREIRA, I. A instalação de projetos de energia eólica no Brasil: uma análise a partir do papel do Estado. *Revista GeoUECE*, [s.l.], v.12, n.23, e2023002, 2023. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/article/view/11592>. Acesso em: 23 mar. 2024.

PRAUCHNER, M.; BRANDÃO, R.; JUNIOR, A.; OLIVEIRA, S. Combustíveis derivados do petróleo: obtenção, propriedades e usos. **Revista Virtual de Química**, [s.l.], v. 15, p. 43-60, 2023. Disponível em: [v15n1a05.pdf](#) . Acesso em: 24 nov. 2024.

QUÉRÉ, C.; KORSBAKKEN, I.; WILSON, C.; TOSUN, J.; ANDREW, R.; ANDRES, J.; CANADELL, G.; JORDAN, A.; PETERS, P.; VUUREN, P. Drivers of declining CO₂ emissions in 18 developed economies. **Nature Climate Change**, [s. l.], v. 9, p. 213-217, fev. 2019. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41558-019-0419-7> Acesso em: 19 dez. 2023.

SANTANA, R. Energia renovável para o desenvolvimento econômico do Brasil. **Revista OWL (OWL Journal) - Revista Interdisciplinar de ensino e educação**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 48–64, 2023. DOI: 10.5281/zenodo.7869706. Disponível em: <https://revistaowl.com.br/index.php/owl/article/view/8/9> . Acesso em: 04 fev. 2024.

SANTOS, C.; BRAGA, A.; SANTOS, J.; OLIVEIRA, M., MADUREIRA, M. A indústria do petróleo e energia frente aos novos desafios de se inserir nos modelos da transição energética. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 11, n.9, e40711932000, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i9.32000. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/32000>. Acesso em: 04 fev. 2024.

SANTOS, L.; ARAUJO, C. O desenvolvimento da energia eólica no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista ibero-americana de humanidades, ciências e educação**, [s.l.], v.9, n.6, e2978-2989, 2023. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/10487/4355>. Acesso em: 20 mar. 2024.

SAMPAIO, N. A. S.; MAZZA, F. C.; SIQUEIRA, S. S. S. de, MIRANDA JUNIOR, J. E., MOUTINHO, J. V. DE S.,; PACÍFICO, L. de O.. Applications of correlation analysis in environmental problems. **RGSA - Revista de Gestão Social e Ambiental**, Curitiba, v. 18, n. 3, e04925, p.1-16, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n3-085>. Acesso em: 18 abr. 2024.

SHAO, T.; PAN, X.; LI, X.; ZHOU, S.; ZHANG, S.; CHEN, W. China's industrial decarbonization in the context of carbon neutrality: A sub-sectoral analysis based on integrated modelling. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 170, e112992, dez. 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032122008735?via%3Dihub>
Acesso em: 19 dez. 2023.

SILVA, A.; DINIZ, M. Padrões de concentração regional da indústria de transformação brasileira. **Scientific Electronic Library Online**, [s.l.], v. 30, n.2, p. 407-454, 2020. Disponível em: [SciELO Brasil - Padrões de concentração regional da indústria de transformação brasileira](#) . Acesso em: 07 jan. 2025.

SILVA, S.; LANA, R.; SILVA JUNIOR, A.; TALARICO, G. Energia solar fotovoltaica: revisão bibliográfica. **Mythos interdisciplinary**, [s.l.], v. 14, n. 2, p. 51-61, 2021. Disponível em: [ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: REVISÃO BIBLIOGRAFICA | Mythos \(Interdisciplinary\) \(unis.edu.br\)](#) . Acesso em: 21 mar. 2024.

SILVA, J. Energia eólica no Brasil: avanços e desafios. **Princípios**, [s.l.], v. 42, p. 179-202, 2023. Disponível em: [Vista do Energia Eólica no Brasil: Avanços e Desafios \(emnuvens.com.br\)](#) . Acesso em: 20 mar. 2024.

SIMOES, A. Turismo, sustentabilidade e desenvolvimento. **Revista Científica Politécnica**, [s.l.], v. 29, p. 8-34, 2021. Disponível em: <https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/43664/1/Revista%20Polit%C3%A9cnica%202022.pdf#page=36> . Acesso em: 04 fev. 2024.

SOUSA, A.. Coeficiente de correlação de Pearson e coeficiente de correlação de Spearman. O que medem e em que situações devem ser utilizados? **Correio dos Açores**, [s. l.], matemática, p. 19, 21 mar. 2019. Disponível em: https://repositorio.uac.pt/bitstream/10400.3/5365/1/Sousa_CA_21%20Mar%C3%A7o%202019.pdf. Acesso em: 18 abr. 2024.

TEIXEIRA, S.; SILVA, N.; FONTOURA, A.; Estimativa das emissões evitadas de dióxido de carbono na geração de energia elétrica a partir de sistemas solares fotovoltaicos. **Revista Diálogos Possíveis**, [s.l.], v.22, n.1, p.197-217, 2023. Disponível em: <https://revista.grupofaveni.com.br/index.php/dialogospossiveis/article/view/1530/879>. Acesso em: 30 jan. 2024.

VALERETTO, J.; CONSTANTINO, M. Estimativa do impacto dos setores produtivos nas emissões de CO₂e: evidências para o Brasil (2000-2015). **Revista Razão Contábil e Finanças**, Fortaleza, v.11, n. 2, p. 338-372, 2020. Disponível em: <https://periodicos.uniateneu.edu.br/index.php/razao-contabeis-e-financas/article/view/221/196>. Acesso em: 20 jan. 2024.

XAVIER, L. Estado burguês, planejamento econômico e industrialização no Brasil (1930-1980). **Revista de Estudos e Pesquisas sobre as Américas**, [s. l.], v. 14, n. 2, p. 338–372, 2020. DOI: 10.21057/10.21057/repamv14n1.2020.27224. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/repam/article/view/27224> . Acesso em: 27 jan. 2024.

YU, Y.; DU, E.; CHEN, Z.; ZHANG, X.; YANG, H.; WANG, P.; ZHANG, N. Optimal portfolio of a 100% renewable energy generation base supported by concentrating solar power. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 170, e112937, dez. 2022. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032122008188?via%3Dihub>

Acesso em: 19 dez. 2023.

ZANETTE, E.; CAMILO, S. Uma análise histórica da exploração do carvão mineral no sul de Santa Catarina: do desenvolvimento socioeconômico a recuperação ambiental. **Revista Foco**, [s.l.], v. 16, n. 11, e3687, p. 01-15, 2023. Disponível em:

<https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/3687/2554>. Acesso em: 26 nov. 2024.

ZHENG, YE. TARCZYNSKI, W.; JAMRÓZ, P.; RAZA, S.; TIWARI, S. Impacts of mineral resources, economic growth and energy consumption on environmental sustainability: Novel findings from global south region. **Resources Policy**, [s.l.], v. 92, e105019, abr. 2024.

Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301420724003866>.

Acesso em: 16 nov. 2024.