

CRESCIMENTO ECONÔMICO, EMISSÕES DE CO2 E SUSTENTABILIDADE NO BRASIL: UMA ANÁLISE COMPARATIVA COM BASE EM 60 PAÍSES

EDILSON DOS SANTOS JUNIOR

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS - PUCMG

RAFAELLA CHRISTINA GOMES

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS - PUCMG

LUCÍLIA ALVES DE OLIVEIRA

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Resumo

O artigo tem como objetivo principal analisar a relação entre o crescimento econômico, as emissões de CO2 e a sustentabilidade no Brasil, comparando esses fatores com 60 outros países. A preocupação crescente com as mudanças climáticas e o impacto que o desenvolvimento econômico exerce sobre as emissões de carbono motiva essa pesquisa, que busca identificar como políticas públicas e práticas sustentáveis podem mitigar as emissões sem comprometer o crescimento econômico. A relação entre o crescimento econômico e as emissões de CO2 é bem documentada, especialmente em países em desenvolvimento que dependem de setores intensivos em carbono, como a produção de energia e a agropecuária. No Brasil, esses setores têm uma contribuição significativa para as emissões de gases de efeito estufa, agravadas pelo transporte rodoviário e pela produção de eletricidade baseada em combustíveis fósseis. Além disso, o desmatamento, muitas vezes motivado pela expansão agrícola, é outro grande responsável pelo aumento das emissões. Estudos sugerem que o crescimento econômico, especialmente em economias emergentes, tende a ser acompanhado por um aumento das emissões de CO2. No Brasil, onde o setor agrícola e a indústria energética são pilares fundamentais da economia, essa dinâmica se reflete claramente. No entanto, o artigo ressalta que a transição para fontes de energia renovável, como solar e eólica, poderia oferecer uma solução viável para reduzir as emissões sem prejudicar o crescimento econômico. Apesar disso, o avanço nesse campo encontra desafios, como o custo elevado de infraestrutura inicial e a instabilidade política, que torna difícil a implementação de políticas ambientais de longo prazo. No cenário internacional, o Brasil é parte de um grupo de países emergentes, como os BRICS, que estão em processo de transição para uma economia de baixo carbono. Esses países enfrentam desafios semelhantes em equilibrar o crescimento econômico com a sustentabilidade ambiental. O progresso, contudo, varia de acordo com a estrutura política, o desenvolvimento econômico e a composição da matriz energética de cada país. No Brasil, apesar de alguns avanços no uso de energias renováveis, ainda há uma dependência significativa de combustíveis fósseis. A agropecuária, embora seja um motor importante do crescimento econômico, também é uma das principais fontes de emissões de gases de efeito estufa, tanto diretamente, pela produção de metano, quanto indiretamente, ao pressionar o desmatamento. Uma das teorias exploradas no artigo é a Curva de Kuznets Ambiental, que sugere que as emissões de poluentes tendem a aumentar nas primeiras fases do crescimento econômico, mas, à medida que a renda per capita cresce, as emissões diminuem, pois a sociedade passa a exigir maior proteção ambiental. Entretanto, no Brasil, a aplicabilidade dessa teoria é debatida. Embora o país tenha alcançado certos avanços econômicos, ele ainda enfrenta desafios ambientais substanciais, como o desmatamento contínuo, impulsionado pela expansão agrícola, especialmente na Amazônia. Isso revela a

complexidade da relação entre crescimento econômico e sustentabilidade no Brasil. Outro obstáculo significativo para o avanço sustentável no Brasil é a instabilidade política. As incertezas regulatórias e a falta de consistência nas políticas ambientais dificultam a implementação de estratégias de longo prazo. Isso, por sua vez, afeta a capacidade do país de atrair investimentos necessários para promover uma economia mais verde. Sem um planejamento consistente e claro, a transição para uma economia de baixo carbono se torna ainda mais difícil, deixando o Brasil vulnerável às flutuações políticas e econômicas que podem comprometer o progresso em direção à sustentabilidade. O crescimento econômico de um país, frequentemente medido pelo Produto Interno Bruto (PIB), também é fortemente influenciado por fatores demográficos, como o tamanho da população, e pelo consumo de energia elétrica per capita. No entanto, um aumento no consumo de energia, especialmente se baseado em fontes não renováveis, tende a aumentar as emissões de CO₂. Países com maior consumo de energia elétrica per capita geralmente são mais industrializados e tecnologicamente avançados, mas se sua matriz energética é dependente de combustíveis fósseis, isso resulta em maiores emissões. Os resultados da análise realizada no artigo mostram que existe uma forte correlação entre o crescimento econômico e as emissões de CO₂, especialmente em países como o Brasil, onde a indústria e a agricultura desempenham um papel central no desenvolvimento econômico. No entanto, essa relação também destaca a necessidade urgente de políticas que possam equilibrar o crescimento econômico com a sustentabilidade ambiental. A adoção de tecnologias limpas e a transição para fontes de energia renovável são essenciais para reduzir as emissões de CO₂ e garantir um crescimento econômico mais sustentável a longo prazo. O estudo também indica que as emissões de CO₂ têm o maior impacto no crescimento econômico no Brasil, refletindo a importância de setores industriais e de geração de energia baseados em combustíveis fósseis. A queima de combustíveis fósseis e a industrialização intensiva em carbono continuam sendo as principais fontes de crescimento econômico, mas esse crescimento está frequentemente associado a um custo ambiental elevado. A transição para tecnologias mais limpas e o uso de fontes renováveis de energia já começaram em alguns setores no Brasil, mas o país ainda enfrenta desafios estruturais significativos. O artigo conclui que a transição para uma economia mais sustentável depende não apenas de políticas públicas eficientes, mas também de um esforço coordenado para enfrentar as barreiras políticas e econômicas que impedem o avanço da sustentabilidade. Assim, o Brasil, com seus vastos recursos naturais e potencial para energias renováveis, tem a oportunidade de alinhar crescimento econômico com a proteção ambiental. Contudo, isso exigirá um compromisso firme com políticas de longo prazo, que promovam tecnologias verdes e uma economia de baixo carbono, garantindo um futuro sustentável sem comprometer o desenvolvimento econômico.

Palavras Chave

Crescimento econômico sustentável, Emissões de CO₂, Transição energética

CRESCIMENTO ECONÔMICO, EMISSÕES DE CO2 E SUSTENTABILIDADE NO BRASIL: UMA ANÁLISE COMPARATIVA COM BASE EM 60 PAÍSES

1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com as mudanças climáticas tem impulsionado pesquisas sobre os determinantes das emissões de CO₂ e seu impacto no desenvolvimento econômico. A relação entre crescimento econômico, consumo de energia e emissões de CO₂ é amplamente estudada, especialmente em economias emergentes e desenvolvidas (Souza et al., 2017). Fatores como urbanização, políticas energéticas e desenvolvimento econômico influenciam essa dinâmica (Santos et al., 2012; Asseff et al., 2021).

Estudos indicam que o crescimento econômico geralmente leva ao aumento das emissões de CO₂, principalmente em economias dependentes de indústrias intensivas em carbono, como energia e manufatura (Ceretta e Vieira, 2021). No Brasil, o setor de energia, especialmente com base em combustíveis fósseis, e o transporte rodoviário são grandes responsáveis pelas emissões, seguidos pela agropecuária e o desmatamento (Castelão et al., 2021). O uso de energias renováveis e tecnologias eficientes pode ajudar a mitigar essas emissões sem prejudicar o crescimento econômico (Asseff et al., 2021).

Além disso, o risco político no Brasil, marcado por instabilidade e incertezas regulatórias, é um obstáculo à transição para uma economia mais sustentável (Santos et al., 2012). Este estudo, baseado em dados do Banco Mundial, analisou variáveis como população, emissões de CO₂ e consumo de energia elétrica per capita em 60 países. Os resultados ajudam a entender como esses fatores afetam o crescimento econômico e fornecem insights valiosos para políticas públicas voltadas à mitigação de emissões e crescimento sustentável (Souza et al., 2017; Asseff et al., 2021).

Estudos recentes destacam o papel crucial das energias renováveis no crescimento sustentável, particularmente nos países do BRICS, onde há avanços significativos na transição para fontes de energia limpa (Fu et al., 2021; Chen et al., 2024). A adoção dessas fontes é uma solução viável para equilibrar crescimento econômico com menores impactos ambientais.

O modelo estatístico utilizado oferece uma ferramenta replicável para diversas economias, facilitando a identificação de políticas eficazes para promover o desenvolvimento sustentável. Dessa forma, este estudo contribui para o desenvolvimento de estratégias que alinhem a redução das emissões de CO₂ com o crescimento econômico em países emergentes (Asseff et al., 2021; Fu et al., 2021; Chen et al., 2024).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A relação entre crescimento econômico e emissões de CO₂ no Brasil reflete a tendência global de aumento das emissões em setores como a indústria, agricultura e geração de energia. No Brasil, as emissões estão fortemente ligadas ao uso de combustíveis fósseis e à expansão da fronteira agrícola, que resulta em desmatamento. Aproximadamente 70% das emissões do país vêm da agropecuária e mudanças no uso da terra, especialmente o desmatamento (MCTI, 2022). A produção de eletricidade a partir de fontes não renováveis e o transporte rodoviário também são grandes contribuintes para as emissões de gases de efeito estufa (Ceretta et al., 2021). A agropecuária contribui diretamente com emissões de metano e CO₂ e indiretamente, ao pressionar áreas de florestas.

A Teoria da Curva Ambiental de Kuznets (EKC) sugere que as emissões aumentam durante as fases iniciais do crescimento econômico e, com o aumento da renda per capita, tendem a diminuir à medida que a sociedade demanda maior proteção ambiental e adota tecnologias mais limpas. No entanto, a aplicabilidade desta teoria ao Brasil é debatida, já que o país continua a enfrentar desafios ambientais graves, como o desmatamento e a expansão

agrícola (Souza et al., 2017). O Brasil, apesar de avanços econômicos, ainda precisa conciliar crescimento com sustentabilidade ambiental.

A transição para fontes renováveis de energia, como solar e eólica, é vista como uma solução promissora para mitigar as emissões de CO₂ sem frear o crescimento econômico. Essa transição já está em curso no Brasil e em outros países do BRICS, onde políticas de incentivo a fontes limpas mostram resultados positivos em termos de redução de emissões (Asseff et al., 2021; Fu et al., 2021). Além disso, o uso de tecnologias limpas pode contribuir para a redução da dependência de combustíveis fósseis, permitindo ao Brasil crescer de forma mais sustentável.

Um desafio adicional está relacionado ao risco político. A instabilidade política e incertezas regulatórias no Brasil dificultam a implementação de políticas ambientais de longo prazo, essenciais para atrair investimentos em tecnologias verdes e infraestrutura sustentável. A falta de consistência nas regulamentações ambientais compromete o progresso em direção à neutralidade de carbono (Santos et al., 2012; Su et al., 2021).

Para que o Brasil consiga alinhar crescimento econômico com redução de emissões de CO₂, é necessário um esforço concentrado em políticas públicas que incentivem a transição energética e o fortalecimento das instituições ambientais. Estudos apontam que, com uma estrutura regulatória clara e investimentos em infraestrutura verde e inovação tecnológica, o Brasil pode seguir uma trajetória de crescimento sustentável, similar à de alguns países desenvolvidos (Santos et al., 2012; Asseff et al., 2021; Fu et al., 2021). O avanço das energias renováveis, a adoção de tecnologias limpas e o fortalecimento de políticas ambientais são essenciais para mitigar as emissões de CO₂ e garantir um crescimento econômico sustentável a longo prazo.

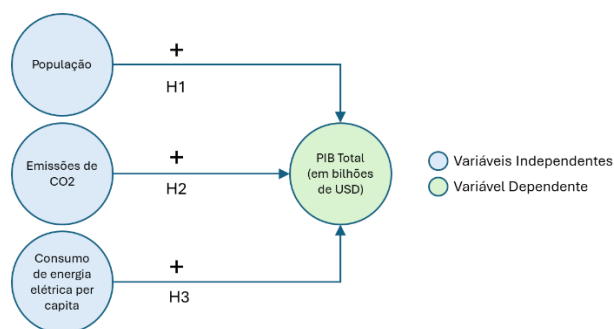
2.1. Crescimento Econômico e Emissões de CO₂

A análise da relação entre crescimento econômico e emissões de CO₂ no Brasil também é fundamental para identificar as particularidades do país em relação à economia global. Ao contrário de muitos países desenvolvidos, que já alcançaram níveis mais altos de industrialização e, portanto, estão na parte descendente da Curva de Kuznets, o Brasil ainda enfrenta a tarefa de conciliar a expansão econômica com a preservação ambiental. A agricultura, em particular, desempenha um papel contraditório, ao mesmo tempo em que é um dos principais motores do crescimento econômico e também um dos maiores responsáveis pelo desmatamento e pelas emissões de CO₂ no país (Asseff et al., 2021; Chen et al., 2024).

Essa discussão teórica evidencia que a relação entre crescimento econômico e emissões de CO₂ é multifacetada e envolve fatores que vão desde as políticas de energia e uso da terra até a estabilidade política. A adoção de fontes de energia renováveis, combinada com o fortalecimento das políticas ambientais, pode permitir que o Brasil atinja suas metas de neutralidade de carbono sem sacrificar o crescimento econômico. No entanto, o sucesso dessa transição depende de como o país irá lidar com os desafios estruturais e políticos que continuam a dificultar o desenvolvimento sustentável.

O crescimento econômico de um país, medido pelo Produto Interno Bruto (PIB), é amplamente influenciado por fatores demográficos e ambientais. Entre os principais determinantes estão a população, as emissões de CO₂ e o consumo de energia elétrica per capita, todos fortemente relacionados ao desenvolvimento econômico e à sustentabilidade ambiental.

Figura 1 – Teorização e Hipóteses



Fonte: autores.

População: Um aumento da população está geralmente associado a um crescimento econômico, uma vez que mais pessoas contribuem para a produção de bens e serviços. No entanto, essa relação também pode levar a um aumento na demanda por recursos naturais, o que pode impactar negativamente o meio ambiente e aumentar as emissões de CO2.

Emissões de CO2: O aumento das emissões de CO2 reflete o uso de combustíveis fósseis, atividades industriais e o desmatamento. Embora essas atividades sejam motoras do crescimento econômico em muitos países, elas também causam externalidades ambientais negativas que podem impactar a sustentabilidade de longo prazo.

Consumo de energia elétrica per capita: Este fator está diretamente relacionado ao nível de desenvolvimento econômico de um país. Países com maior consumo de energia elétrica per capita tendem a ser mais industrializados e tecnologicamente avançados, o que impulsiona o crescimento econômico. No entanto, um alto consumo de energia baseado em fontes não renováveis aumenta as emissões de CO2.

2.1.1. Hipóteses de Pesquisa

A partir desta teorização, podemos propor as seguintes hipóteses:

Hipótese 1 (H1): Existe uma relação positiva entre o tamanho da população e o PIB total, onde um aumento populacional tende a elevar o crescimento econômico, mas também pode aumentar a demanda por recursos naturais, ampliando as pressões ambientais.

Hipótese 2 (H2): As emissões de CO2 têm uma relação positiva com o PIB, uma vez que atividades econômicas intensivas em carbono, como a produção industrial e a agropecuária, estão associadas ao crescimento econômico. No entanto, essa relação pode gerar efeitos colaterais negativos sobre o meio ambiente, comprometendo a sustentabilidade.

Hipótese 3 (H3): O consumo de energia elétrica per capita está positivamente relacionado ao crescimento econômico, já que reflete a industrialização e o avanço tecnológico. Países com maior consumo de energia elétrica per capita tendem a ter um PIB mais elevado. Entretanto, essa relação depende da matriz energética do país — se baseada em fontes renováveis ou não renováveis.

Essas hipóteses fornecem uma estrutura para testar empiricamente a relação entre desenvolvimento econômico e variáveis ambientais e energéticas, possibilitando uma análise mais profunda dos desafios do crescimento sustentável.

3. METODOLOGIA

Este estudo utiliza uma abordagem quantitativa para analisar a relação entre as emissões de CO2, o crescimento populacional, o consumo de energia elétrica per capita e o Produto Interno Bruto (PIB) no Brasil. A seguir, detalham-se as etapas adotadas para a coleta de dados,

o tratamento das variáveis, as técnicas de análise estatística e a modelagem utilizada no R-Studio.

Os dados foram obtidos da base de dados do Banco Mundial (World Bank), uma fonte amplamente reconhecida por disponibilizar informações estatísticas globais confiáveis. A coleta de dados focou em séries temporais e transversais disponíveis para os anos mais recentes, permitindo uma análise precisa do contexto econômico e ambiental do país. Os países analisados foram: China, Índia, Estados Unidos, Indonésia, Paquistão, Brasil, Nigéria, Bangladesh, Federação Russa, Japão, México, Etiópia, Filipinas, Egito, República Árabe, Vietnã, Congo, República Democrática do Congo, Irã, República Islâmica, Turquia, Alemanha, Tailândia, França, Reino Unido, Tanzânia, Itália, África do Sul, Mianmar, Quênia, Coreia, República da Colômbia, Espanha, Argentina, Sudão, Ucrânia, Argélia, Iraque, Canadá, Polônia, Marrocos, Arábia Saudita, Uzbequistão, Angola, Peru, Malásia, Camarões, Austrália, Chile, Equador, Holanda, Tunísia, Haiti, Cuba, Grécia, Suécia, Portugal, Israel, Áustria, Suíça, Paraguai, Dinamarca, Noruega.

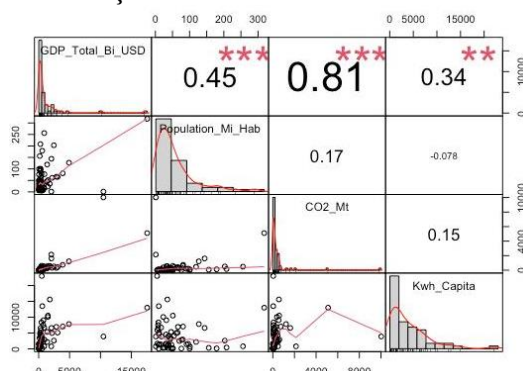
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para garantir a qualidade dos dados e identificar possíveis observações que poderiam distorcer os resultados da análise, foi utilizada a Distância de Mahalanobis. Essa técnica permitiu identificar outliers multivariados com base nas variáveis independentes. Observações com p-valores inferiores a 0,001 foram consideradas outliers. No entanto, como apenas 3 outliers foram identificados, e esse número ficou dentro do limite aceitável de 5%, esses pontos foram mantidos no conjunto de dados.

Foi realizada uma análise da linearidade entre as variáveis, por meio de gráficos de dispersão e do coeficiente de correlação de Pearson. Para isso, foram gerados scatterplots com histogramas, utilizando a função `chart.Correlation` da biblioteca `PerformanceAnalytics` no software R. Essa etapa foi fundamental para verificar se as variáveis independentes apresentavam uma relação linear com o PIB, permitindo a aplicação de uma regressão linear múltipla.

Os resultados da análise de regressão indicam uma forte relação positiva entre PIB e emissões de CO₂, com um coeficiente de correlação de +0.81, sugerindo que o crescimento econômico está associado ao aumento das emissões. O consumo de energia per capita também apresenta uma correlação positiva moderada com o PIB, com um coeficiente de +0.65, indicando que o uso de energia impulsiona o crescimento, mas em menor escala, como podemos ver na figura 2.

Figura 2 – Scatterplots das Correlações



Fonte: Código R-Studio - autores.

A modelagem foi feita por meio de uma regressão linear múltipla, com o PIB como variável dependente, explicando 81,78% da variabilidade no PIB (R^2 de 0.8178). O modelo foi construído usando o método stepwise, que selecionou as variáveis de população, emissões de

CO2 e consumo de energia elétrica per capita como as mais relevantes. O critério de informação de Akaike (AIC = 852.05) mostrou que o modelo final é o mais parcimonioso, enquanto o teste Durbin-Watson (estatística D-W = 1.92) indicou que não há problemas de autocorrelação. Os baixos valores de VIF sugerem que não há colinearidade significativa entre as variáveis explicativas. O modelo de regressão foi ajustado inicialmente com o método Stepwise bidirecional (avaliação tanto forward quanto backward), partindo de um modelo nulo contendo apenas o intercepto e adicionando as variáveis explicativas.

O modelo final é expresso pela seguinte equação:

$$GDP_Total_Bi_USD = -993.20668 + 1.30658 \cdot Population_Mi_Hab + 14.52181 \cdot CO2_Mt + 0.15906 \cdot Kwh_Capita$$

Os coeficientes das variáveis fornecem informações sobre a magnitude de seu impacto no PIB. O coeficiente para a população (+1.30658) sugere que, para cada aumento de um milhão de habitantes, o PIB cresce em cerca de 1,31 bilhões de dólares. Já o coeficiente das emissões de CO2 (+14.52) indica que, para cada milhão de toneladas de CO2 emitidas, o PIB aumenta em 14,52 bilhões de dólares, sendo essa a variável de maior impacto no modelo. O consumo de energia per capita, com um coeficiente de +0.15906, também tem uma relação positiva com o PIB, mas com impacto relativamente menor.

Os resultados mostram que as emissões de CO2 têm o maior impacto no crescimento econômico, refletindo a importância dos setores industriais e de geração de energia baseados em combustíveis fósseis em muitos países. Em países em desenvolvimento, a queima de combustíveis fósseis e a industrialização intensiva em carbono continuam sendo as principais fontes de crescimento econômico, evidenciando uma forte correlação entre emissões e PIB. No entanto, esse crescimento está frequentemente associado a um custo ambiental elevado, com o aumento das emissões de gases de efeito estufa.

A relação positiva entre o consumo de energia per capita e o PIB sugere que o uso de energia está ligado ao nível de industrialização e modernização das economias. Entretanto, o impacto menor dessa variável no crescimento econômico pode ser explicado pela diversidade da matriz energética nos países estudados. Países que dependem fortemente de fontes de energia renováveis, que geram menos emissões de CO2, podem alcançar crescimento econômico com menores aumentos no consumo de energia. Por outro lado, países que utilizam majoritariamente combustíveis fósseis para geração de energia tendem a ver um maior crescimento econômico, mas às custas de maiores emissões.

O coeficiente da população também apresentou uma relação positiva com o PIB, indicando que o crescimento populacional contribui para o aumento do PIB, embora em menor escala do que as emissões de CO2. Isso reflete a importância da força de trabalho e da demanda interna para o crescimento econômico, mas também mostra que, além do número de habitantes, fatores como a eficiência econômica e os setores produtivos têm papel fundamental no crescimento.

Esses resultados reforçam a necessidade de políticas que conciliem crescimento econômico e sustentabilidade ambiental. O impacto positivo das emissões de CO2 no PIB, especialmente em setores intensivos em carbono, sugere que políticas de mitigação de emissões são essenciais para alinhar o crescimento econômico com metas de sustentabilidade. A transição para tecnologias limpas e fontes renováveis de energia, já adotada em alguns países, é crucial para reduzir as emissões e promover um crescimento mais sustentável a longo prazo.

5. CONCLUSÃO

Este estudo analisou a relação entre crescimento econômico, emissões de CO2, população e consumo de energia elétrica per capita em 60 países. Os resultados mostraram uma forte correlação positiva entre o aumento das emissões de CO2 e o crescimento do PIB,

especialmente em economias dependentes de setores intensivos em carbono, como a indústria e o setor energético.

Embora o crescimento populacional também tenha uma correlação positiva com o PIB, seu impacto é menos expressivo em comparação com as emissões de CO₂. O consumo de energia elétrica per capita apresentou uma influência moderada no crescimento econômico, sugerindo que a matriz energética dos países é determinante para esse impacto.

No Brasil, a agropecuária e o desmatamento são grandes desafios para o desenvolvimento sustentável. O estudo destaca a importância de alinhar o crescimento econômico com a redução das emissões de gases de efeito estufa para atingir metas de neutralidade de carbono. A transição para fontes de energia renováveis e o investimento em tecnologias limpas são cruciais para promover um crescimento sustentável sem prejudicar o meio ambiente.

Entretanto, o estudo tem limitações. Ele utiliza dados de um ponto específico no tempo, sem considerar variações temporais ou eventos inesperados, como crises econômicas. Além disso, foca em variáveis quantitativas, não incorporando o impacto de políticas governamentais e investimentos em tecnologias verdes. A dependência dos dados do Banco Mundial também pode gerar inconsistências, além de não abordar diferenças regionais que podem influenciar as emissões de CO₂.

Pesquisas futuras podem incluir uma análise temporal e fatores qualitativos, como regulamentações ambientais e investimentos tecnológicos, para entender melhor como mitigar as emissões sem comprometer o crescimento econômico.

REFERÊNCIAS

Asseff Castelão, R., Souza, C. C., & Frainer, D. M. (2021). Southern Mato Grosso state (Brazil) productive system and its impact on emissions of carbon dioxide (CO₂). *Environment, Development and Sustainability*, 23(4134–4148).

Ceretta, S., & Vieira, E. (2021). Emissões de CO₂: Uma análise estrutural dinâmica. *Journal of Environmental Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.jecon.2021.06.005>

Chen, X., Rahman, S. U., Abdullah, S., Ali, S., & Khalid, S. (2024). Towards Sustainable Development: Examining Renewable Energy Consumption in E-7 Countries. *Heliyon*.

Fu, Q., Álvarez-Otero, S., Sial, M. S., Comite, U., Zheng, P., Samad, S., & Oláh, J. (2021). Impact of renewable energy on economic growth and CO₂ emissions—evidence from BRICS countries. *Processes*, 9(8), 1281. <https://doi.org/10.1007/s10068-024-01569-x>

Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. (2022). Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil: 6ª edição. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. <https://www.gov.br/mcti>

Santos, G. R., Rebelato, M. G., & Rodrigues, A. L. (2012). Análise da viabilidade econômica de projetos sustentáveis. *Revista Brasileira de Economia Sustentável*, 8(2), 34–49.

Souza, E. S., Freire, F. S., Campos, E. S., & Pires, J. (2017). Determinantes de emissões de CO₂ no Brasil e investigação da hipótese Environmental Kuznets Curve (EKC). *Amazônia, Organizações e Sustentabilidade*, 6(2), 49–66.

Su, Z. W., Umar, M., Kirikkaleli, D., & Adebayo, T. S. (2021). Role of political risk to achieve carbon neutrality: evidence from Brazil. *Journal of Environmental Management*, 298, 113463.