

## **ANÁLISE DA RELAÇÃO ENTRE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E O PIB NA REGIÃO NORTE DO BRASIL (2010-2021).**

### ***ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN GREENHOUSE GAS EMISSIONS AND GDP IN NORTHERN BRAZIL (2010-2021).***

**Autor(es): Paulo Tavares Borges**

**Filiação: Mestrando em Administração e Desenvolvimento – PPAD/UFRPE**

**E-mail: paulo.tavaresborges@ufrpe.br**

**Autor(es): Felipe Luiz Lima De Paulo**

**Filiação: Professor Doutor – PPAD/UFRPE**

**E-mail: felipe.paulo@ufrpe.br**

**Autor(es) Maria Gilca Pinto Xavier**

**Filiação: Professor Doutor – UFRPE**

**E-mail: gilcaxavier@gmail.com**

**Grupo de Trabalho (GT): GT06. Desenvolvimento rural, territorial e regional**

#### **Resumo**

O estudo investiga a relação entre as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e o Produto Interno Bruto (PIB) nos estados da região Norte do Brasil entre 2010 e 2021. O objetivo é entender como o desenvolvimento econômico impacta as emissões de GEE em uma região marcada por alta sensibilidade ambiental. Realizou-se um estudo transversal utilizando dados secundários de emissões de GEE (SEEG) e PIB estadual (IBGE). A análise estatística incluiu regressão linear e correlações para avaliar a relação entre PIB e emissões utilizando o *Microsoft Excel* e o *SPSS* para a análise estatística. A análise revelou uma correlação positiva entre emissões de GEE e PIB, com um valor de 0,414, sugerindo que o crescimento econômico pode estar associado a impactos ambientais negativos. Esses achados reforçam a necessidade de integrar políticas de desenvolvimento econômico e sustentabilidade ambiental na região Norte do Brasil.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade, emissão de gases de estufa, Norte.

#### **Abstract**

*The study investigates the relationship between greenhouse gas (GHG) emissions and Gross Domestic Product (GDP) in the states of northern Brazil between 2010 and 2021. The objective is to understand how economic development impacts GHG emissions in a region marked by high environmental sensitivity. A cross-sectional study was conducted using secondary data on GHG emissions (SEEG) and state GDP (IBGE). The statistical analysis included linear regression and correlations to assess the relationship between GDP and emissions using Microsoft Excel and SPSS for statistical analysis. The analysis revealed a positive correlation between GHG emissions and GDP, with a value of 0.414, suggesting that economic growth may be associated with negative environmental impacts. These findings reinforce the need to integrate economic development and environmental sustainability policies in the northern region of Brazil.*

**Key words:** sustainability, greenhouse gas emissions, North.

## 1. Introdução

As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios globais contemporâneos, com impactos em ecossistemas, economias e populações humanas (Vale; Alves; Lorini, 2009; Fleury; Miguel; Taddei, 2019). Os gases de efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), são os principais responsáveis pelo aquecimento global, decorrentes, sobretudo, das atividades econômicas e do uso intensivo de recursos naturais (Santos, 2024). No Brasil, a região Norte desempenha um papel estratégico na regulação climática global, abrigando uma parcela significativa da Floresta Amazônica, considerada um dos maiores sumidouros de carbono do planeta. Contudo, a região tem enfrentado um aumento significativo na exploração de recursos naturais, associado ao crescimento econômico, especialmente nos setores de agropecuária, mineração e desmatamento (Mattei; Cunha, 2021).

A região Norte, em 2019, concentrou um total de 60% da emissão bruta de gases de efeito estufa ligada ao desmatamento de vegetação nativa no país, com 497 milhões de toneladas liberadas na atmosfera. O crescimento econômico da região, frequentemente impulsionado por atividades como desmatamento e agropecuária, tem gerado emissões significativas, revelando padrões insustentáveis (IPAN, 2023).

O desenvolvimento econômico, frequentemente medido pelo Produto Interno Bruto (PIB), tem sido um dos principais fatores associados ao aumento das emissões de GEE em diversos contextos contribuindo para o declínio da qualidade do ar (Santos, 2024). A região Norte, apesar de sua alta relevância ambiental, apresenta desafios únicos no equilíbrio entre crescimento econômico e sustentabilidade ambiental (Melo, 2019). Estudos indicam que as emissões de gases de efeito estufa no Brasil entre 1990 e 2018 foram marcadas por um aumento significativo, com o desmatamento identificado como um dos principais fatores responsáveis por essas emissões. Assim, reduzir drasticamente o desmatamento é uma medida imprescindível para que o Brasil controle efetivamente suas emissões e colabore com a mitigação das mudanças climáticas (Neto, 2021). Compreender como o crescimento econômico impacta as emissões de GEE na região Norte é essencial para embasar políticas públicas que promovam um desenvolvimento mais sustentável e resiliente às mudanças climáticas (Melo, 2019).

Sendo assim, a pesquisa teve como objetivo analisar a relação entre as emissões de gases de efeito estufa e o PIB na região Norte do Brasil no período de 2010 a 2021. A pesquisa buscou identificar a existência de correlações positivas ou negativas entre essas variáveis.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1 Conceitos e Causas das Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE)

Os Gases de Efeito Estufa (GEE) são substâncias atmosféricas que absorvem parte da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, contribuindo para a manutenção da temperatura média do planeta (Abreu *et al.*, 2024). No entanto, o aumento excessivo desses gases intensifica o efeito estufa, ocasionando o aquecimento global (IPCC, 2021). Entre os principais gases destacam-se o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), o metano ( $\text{CH}_4$ ) e o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), cujas concentrações aumentaram significativamente desde a Revolução Industrial.

De acordo com Santos (2024), as principais causas do crescimento das emissões estão relacionadas à queima de combustíveis fósseis, à expansão agropecuária, ao desmatamento e ao descarte inadequado de resíduos. Esses fatores estão diretamente ligados ao modelo de produção e consumo predominante nas economias modernas, evidenciando a necessidade de revisão dos padrões de desenvolvimento e uso dos recursos naturais.

### 2.2 Impactos e Estratégias de Mitigação das Emissões de GEE

O aumento das emissões de GEE tem gerado consequências significativas, como o desequilíbrio climático, elevação do nível dos oceanos, perda de biodiversidade e impactos na

segurança alimentar (Santos, 2021). Esses efeitos afetam tanto o meio ambiente quanto a economia global, exigindo políticas públicas e ações corporativas direcionadas à mitigação das emissões e à adaptação às mudanças climáticas.

Segundo o IPCC (2021), a mitigação das emissões requer esforços coordenados entre governos, setor privado e sociedade civil. Entre as principais estratégias destacam-se a transição para fontes renováveis de energia, o uso eficiente dos recursos naturais, a restauração florestal e a implementação de tecnologias limpas. Tais medidas não apenas reduzem os impactos ambientais, mas também promovem oportunidades de desenvolvimento sustentável e inovação em diversos setores econômicos.

### 3. Procedimentos Metodológicos

A pesquisa adota uma abordagem quantitativa, com objetivos descritivos, uma vez que, segundo Gil (2019), as pesquisas descritivas têm como finalidade identificar características de uma população ou fenômeno e estabelecer relações entre variáveis.

A pesquisa foi desenvolvida a partir de dados secundários referentes às emissões de GEE e o PIB. As informações sobre emissões foram obtidas na plataforma Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG). Os dados sobre o PIB estadual foram extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O período analisado compreende os anos de 2010 a 2021, englobando os sete estados da Região Norte: Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins.

Foram incluídos todos os estados da Região Norte que apresentavam informações completas sobre emissões de GEE e PIB no período selecionado, não havendo necessidade de exclusão de observações, pois as informações estavam disponíveis para todas as unidades federativas analisadas.

As variáveis analisadas foram: emissões de GEE, consideradas como variável dependente, medidas em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente; e o PIB estadual, considerado como variável independente, expresso em mil reais. Variáveis contextuais, como o período temporal e o estado, foram utilizadas como variáveis de controle durante o tratamento e a análise dos dados.

O tamanho do estudo foi determinado pela disponibilidade de informações referentes aos sete estados da Região Norte durante o período de análise, totalizando 84 observações (7 estados × 12 anos). O PIB foi tratado em valores absolutos (mil reais) e as emissões de GEE em toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por estado.

Posteriormente, aplicou-se uma regressão linear simples, considerando as emissões de GEE como variável dependente e o PIB como variável independente. Foram utilizados os softwares Microsoft Excel e SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).

### 4. Resultados

Os resultados obtidos na análise de correlação, em que foi escolhida a correlação de Spearman para identificar a relação entre a emissões de gases de efeito estufa e o produto interno bruto dos estados do norte do Brasil como mostra a tabela 1, o que demonstrou uma correlação positiva, já as emissões não apresentam tendência temporal significativa (o avanço dos anos, por si só, não explica as mudanças nas emissões).

Esse resultado indica que o crescimento econômico, representado pelo PIB Total, está associado ao aumento das emissões de GEE, possivelmente devido à intensificação de atividades econômicas com maior impacto ambiental, como a agropecuária, a mineração e a indústria.

Quadro 1: Análise da correlação de Spearman

Correlações					
			Ano	PIB Total	Emissões de GEE
rô de Spearman	Ano	Coeficiente de Correlação	1,00	,317**	,141
		Sig. (2 extremidades)	.	,003	,202
		N	84	84	84
	PIB Total	Coeficiente de Correlação	,317*	1,000	,414**
		Sig. (2 extremidades)	,003	.	,000
		N	84	84	84
	Emissões de GEE	Coeficiente de Correlação	,141	,414**	1,000
		Sig. (2 extremidades)	,202	,000	.
		N	84	84	84

\*\* . A correlação é significativa no nível 0,01 (2 extremidades).

Fonte: Elaboração própria.

A análise da relação entre o PIB e as emissões de gases de efeito estufa (GEE) na região Norte do Brasil evidencia um crescimento econômico ambientalmente insustentável. A correlação positiva entre as variáveis ( $r_s = 0,414$ ;  $p < 0,01$ ) demonstra que o aumento do PIB está associado à elevação das emissões, refletindo a predominância de atividades intensivas em recursos naturais, como a agropecuária e a mineração. A regressão mostrou que 33,7% da variação nas emissões pode ser explicada pelo PIB ( $R^2 = 0,337$ ), reforçando a necessidade de estratégias de desenvolvimento que integrem metas de redução de emissões e sustentabilidade.

Os resultados apontam a importância de políticas públicas voltadas para tecnologias limpas, práticas agrícolas de baixo carbono e uso de fontes renováveis de energia, além da inclusão de comunidades locais em ações sustentáveis, como agroecologia e recuperação de áreas degradadas. Apesar da significância estatística do modelo ( $F = 41,709$ ;  $p < 0,001$ ), parte da variabilidade nas emissões não foi explicada, indicando a necessidade de incorporar variáveis como desmatamento e uso do solo em estudos futuros. Conclui-se que é urgente repensar o modelo de desenvolvimento da região Norte, buscando conciliar crescimento econômico e preservação ambiental.

## 5. Conclusão

Este estudo revela que, na região Norte do Brasil, há uma relação positiva significativa entre o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) e o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE). Embora o crescimento econômico seja fundamental para o desenvolvimento regional, seus impactos ambientais, especialmente decorrentes de atividades intensivas em recursos naturais como a agropecuária, mineração e desmatamento, tornam a trajetória atual insustentável.

Os resultados indicam que aproximadamente um terço da variabilidade nas emissões de GEE pode ser explicada pelo PIB, evidenciando a necessidade de estratégias que promovam o crescimento econômico compatível com a conservação ambiental. Portanto, é imperativo repensar os paradigmas de desenvolvimento adotados na região, integrando objetivos

econômicos e ambientais por meio de políticas públicas que incentivem práticas sustentáveis, tecnologias limpas e o envolvimento das comunidades locais. Essa abordagem é vital para garantir um futuro sustentável na região Norte, contribuindo não apenas para o equilíbrio ecológico, mas também para a regulação climática global.

## Referências

ABREU, N. L., RIBEIRO, E. S. D. C., SOUSA, C. E. S. D., MORAES, L. M., OLIVEIRA, J. V. C. D., FARIA, L. D. A., ... & SILVA, T. C. D. Mudanças de uso da terra e emissão de gases de efeito estufa: uma explanação sobre os principais drivers de emissão. **Ciência Animal Brasileira**, v. 25, p. 1-15, 2024. DOI: 10.1590/1809-6891v25e-77646E

**IBGE**. Produto Interno Bruto dos Municípios e Estados. Disponível em: <[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)>. Acesso em: 10 dez. 2024.

Fleury L. C.; Miguel J. C. H.; Taddei R. **Mudanças climáticas, ciência e sociedade**, v. 21, n. 51, p. 518-535, 2019.

**IPCC**. Relatório de Avaliação sobre Mudanças Climáticas. 2021.

**IPAM** – INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNIA. *Região Norte emite 60% dos gases de efeito estufa no Brasil*. Disponível em: <https://ipam.org.br/regiao-norte-emite-60-dos-gases-de-efeito-estufa-no-brasil>. Acesso em: 18 dez. 2024.

MATTEI, T. F.; CUNHA, M. S. Emissão de gases do efeito estufa no Brasil: análise de curto e longo prazo. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 14, n. 4, p. 953-967, 2021.

Melo, S. C. O. **Samara Cristina Oliveira. Análise dos efeitos da atividade econômica nas emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. 2019.

NETO, B. S. Limitação da emissão de gases de efeito estufa, desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise prospectiva. **COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 18, n. 4, out/dez, p. 5-26, 2021.

SANTOS, F. A. S. D. **Avaliação do estoque de carbono em áreas verdes na ilha do Maranhão como base de políticas públicas para compensação da emissão de gases de efeito estufa**. 2024.

SANTOS, J. V. A. D. **Análise da relação entre desenvolvimento e índice de qualidade do ar: uma análise municipal**. 2024.

SANTOS, S. C. Emissões de gases do efeito estufa e estoque de carbono no solo em cenários de mudanças climáticas e uso da terra na bacia estendida do Rio São Francisco. 2021.

**SEEG**. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa. Disponível em: <[www.seeg.eco.br](http://www.seeg.eco.br)>. Acesso em: 10 dez. 2024.

VALE M. M.; ALVES M. A. S.; LORINI M. L. **MUDANÇAS CLIMÁTICAS: DESAFIOS E OPORTUNIDADES PARA A CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE BRASILEIRA**, v. 13, n. 3, p. 518-535, 2009.