

ANÁLISE COMPARATIVA DOS IMPACTOS DA INDÚSTRIA E DA AGROPECUÁRIA NAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Izabella Gabriel dos Santos, Ellen Alves Santos, Damaris Guimarães.

Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Engenharia Rural, Alto Universitário, S/N, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, izabella2002@gmail.com, ellen.alves2003@hotmail.com, damaris.guimaraes@ufes.br.

Resumo

Na atualidade, as mudanças climáticas representam um dos maiores desafios globais, impulsionadas principalmente pelas emissões de gases de efeito estufa. Este estudo apresenta uma análise comparativa entre os impactos da agropecuária e da indústria sobre essas emissões, com foco na principal fonte de emissão (CO₂) em ambos os setores. Por meio de uma revisão bibliográfica, observou-se que a agropecuária responde por cerca de 28% das emissões brasileiras, associadas ao manejo de solos e à criação de animais, enquanto a indústria contribui com aproximadamente 6%, destacando-se os setores de mineração, manufatura e construção. Apesar das elevadas emissões industriais em escala global, o setor apresenta maior potencial de mitigação imediata por meio de tecnologias. Por outro lado, a mitigação na agropecuária é mais complexa, pois exige mudanças estruturais e comportamentais.

Palavras-chave: Gases de efeito estufa. Dióxido de carbono. Mudanças no uso da terra.

Área do Conhecimento: Engenharias. Engenharia Química.

Introdução

As mudanças climáticas vêm se consolidando como um dos principais desafios contemporâneos, impactando diretamente diferentes esferas da sociedade, desde a formulação de políticas públicas até as pautas de movimentos sociais. Esse fenômeno demanda novas concepções sobre o agir político e da relação sociedade-natureza (Fleury; Miguel; Taddei, 2019). O aumento nas emissões de gases de efeito estufa (GEE), como o dióxido de carbono (CO₂), tem sido o principal estimulador desse fenômeno. Nesse cenário, o Brasil se destaca como um dos maiores emissores globais, com a agropecuária e as mudanças no uso da terra, bem como a indústria, sendo apontadas como as principais fontes de emissões nacionais (Abreu *et al.*, 2024; Ferreira, 2021; Observatório do Clima, 2018).

Apesar da ampla literatura que aborda a responsabilidade desses setores nas emissões, ainda se faz necessário rever sobre qual deles exerce a maior influência nas emissões, no ponto de vista brasileiro. O setor agropecuário, associado à conversão de florestas em pastagens e lavouras, é historicamente visto como o maior emissor, respondendo por 74% das emissões nacionais em 2016 (Observatório do Clima, 2018). Contudo, o setor industrial, com a queima de combustíveis fósseis e a produção de energia, também tem uma contribuição significativa para o aumento das concentrações de GEE na atmosfera (Ambrizzi *et al.*, 2021).

Diante disso, este trabalho tem como objetivo analisar a literatura para identificar qual setor contribui mais para as emissões de GEE: a agropecuária, associada às mudanças no uso da terra, ou a indústria. Ao compreender qual setor exerce maior influência sobre o meio ambiente, torna-se possível propor estratégias mais eficazes para reduzir essas emissões.

Metodologia

O estudo consiste em uma revisão bibliográfica, realizada a partir da análise de artigos científicos, dissertações e teses disponíveis em bases de dados acadêmicas, como o Google Scholar. Foram utilizadas como palavras-chave: “Gases de efeito estufa”, “Dióxido de Carbono” e “Mudanças no uso da terra”, para a identificação de publicações relevantes relacionadas ao tema.

A análise das obras selecionadas buscou identificar os principais fatores relacionados ao tema, considerando os objetivos, metodologias aplicadas e resultados apresentados pelos autores. Todas

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

as evidências relevantes foram examinadas, organizadas e discutidas de forma a proporcionar maior clareza e compreensão ao leitor.

Resultados

O setor agropecuário pode ser subdividido em agricultura e pecuária. No que se refere à agricultura, o termo contempla as atividades de cultivo da terra, enquanto a pecuária está relacionada à criação de animais destinados à produção de alimentos, como carne, leite e ovos. Segundo dados da Embrapa (s.d.), mais de 28% das emissões de GEE registradas no Brasil em 2022 foram provenientes da agropecuária, enquanto apenas 6% foram atribuídas ao setor industrial, como ilustrado na Figura 1.

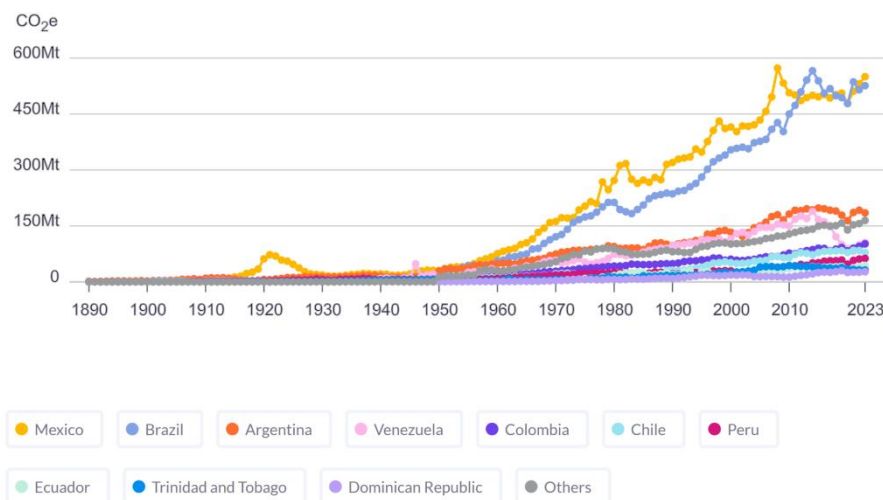
Figura 1 - Setores que mais emitiram GEE no Brasil em 2022.



Fonte: Adaptado de Embrapa (s.d.).

Além disso, as mudanças no uso da terra também têm impacto significativo nessas estatísticas, pois alteram as propriedades físico-químicas e biológicas do solo. O solo é um dos maiores reservatórios de CO₂ devido à atividade de seres autótrofos, que utilizam esse gás em processos de síntese. Qualquer alteração em fatores externos, como umidade, temperatura ou perfil microbiológico do solo, pode modificar a capacidade de decomposição dos microrganismos anaeróbios, influenciando diretamente o ciclo do carbono (Abreu, 2024). Dessa forma, a contribuição do Brasil para as emissões de GEE na América Latina é expressiva, como apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Contribuição dos Países-Latino Americanos para as emissões dos GEE nos últimos séculos.

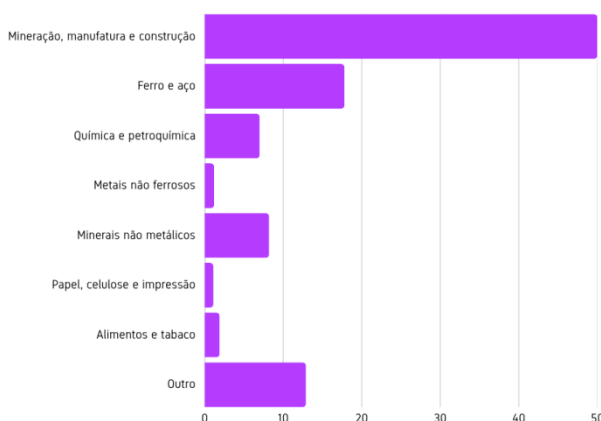


Fonte: Climate Watch (2023).

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Apesar de o setor industrial apresentar uma das menores participações relativas nas emissões nacionais, é fundamental analisar quais gases predominam nesse percentual de aproximadamente 6%. Em escala global, os setores industriais que mais emitem CO₂ são as indústrias de mineração, manufatura e construção, seguidas pela produção de ferro e aço, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3 - Emissões diretas de CO₂ no setor industrial mundial em 2019.



Fonte: Adaptado de Bashmakov *et al.* (2022).

De acordo com o relatório de Bashmakov *et al.* (2022), aproximadamente 70% das emissões diretas do setor industrial correspondem ao CO₂, desconsiderando as emissões indiretas associadas ao consumo de energia nos processos industriais.

Discussão

Com base na Figura 1, a agropecuária e as mudanças no uso da terra representaram mais da metade das emissões de GEE em 2019, estando totalmente inter-relacionadas. Essas mudanças incluem desmatamento para pastagens e lavouras e construções em terrenos inadequados, afetando o ciclo do carbono. O CO₂, apesar de representar apenas 0,04% da atmosfera (Fecht, 2021), tem grande capacidade de absorção de radiação infravermelha e pode permanecer na atmosfera por séculos. O CH₄ possui potencial de aquecimento cerca de 28 vezes maior, mas permanece na atmosfera por período significativamente menor (Abreu *et al.*, 2024).

Na Figura 2, é possível observar que o Brasil juntamente com o México segue liderando o ranking dos maiores emissores entre os países latino-americanos desde 1960. Além disso, ambos os países possuem grande extensão territorial. O Brasil, por exemplo, é o segundo maior produtor de carne bovina como descrito por Souza (2024). Para sustentar um grande rebanho é necessário manter extensas áreas de pastagem, o que implica no desmatamento da vegetação natural, causando emissões de CO₂ e outros GEE pela queima da vegetação, além de desequilíbrios no solo, como erosão. Adicionalmente, a fermentação dos animais ruminantes produz CH₄; suas fezes liberam N₂O durante a decomposição, e uma pequena parte de CO₂ é liberada pela respiração (Alves *et al.*, 2018). Esses processos se somam a outros manejos da agropecuária, como de solos (Embrapa, s.d.).

A Figura 3, por sua vez, evidencia que, em 2019, o setor industrial mundial foi responsável por uma parcela significativa das emissões diretas de CO₂ no mundo, concentradas principalmente nos segmentos de mineração, produção de ferro, produtos químicos e minerais não metálicos. Esses setores demandam elevadas quantidades de energia e envolvem processos industriais que geram CO₂ mesmo na ausência de combustíveis fósseis, como é o caso da calcinação do calcário na produção do cimento e na redução do minério de ferro em altos-fornos (Scrivener, 2018).

A indústria possui maior capacidade de adotar tecnologias sustentáveis, como a captura e armazenamento de carbono, fontes renováveis de energia e eficiência energética, que têm mostrado resultados significativos na redução das emissões diretas de CO₂ (Geweda *et al.*, 2025). No entanto, a agropecuária apresenta desafios mais complexos como a dependência de práticas culturais, mudanças no uso da terra e hábitos alimentares consolidados para a população. De acordo com

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Saberikamarposhti *et al.* (2024), existem soluções tecnológicas para o setor agrícola, como agricultura de precisão, uso de energias renováveis e captura de carbono no solo, entretanto, sua implementação depende de políticas públicas robustas, incentivos financeiros e mudanças estruturais no sistema alimentar da população.

Conclusão

Os resultados evidenciam que ambos os setores, agropecuário e industrial, têm um impacto significativo sobre as emissões de GEE. Em curto prazo, os gases emitidos pelo mau uso da terra e pela agropecuária, principalmente no Brasil, representam um fator alarmante, considerando que esses dois setores representam mais de 50% das emissões nacionais. Por outro lado, as indústrias possuem menores emissões em comparação à agropecuária e ao uso inadequado da terra; entretanto, mais de 70% dos gases emitidos são dióxido de carbono, o principal responsável pelo efeito estufa no mundo.

Sabe-se que medidas estão sendo implementadas em ambos os setores para reduzir os GEE e, assim, contribuir para a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), que visa limitar o aumento da temperatura média global a 1,5°C em relação aos níveis pré-industriais. No entanto, ainda há muito a ser feito, principalmente no setor agropecuário, devido às dificuldades de implementação, o que torna necessária a mobilização de todos os países e órgãos responsáveis. Dessa forma, a indústria apresenta um potencial de mitigação mais imediato e eficiente, enquanto a agropecuária requer estratégias de longo prazo, que envolvem transformações sociais e culturais profundas.

Referências

ABREU, N. Lima *et al.* 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. 77646E, 2024.

ALVES, A. R. *et al.* A caatinga e a oportunidade de mitigação das emissões de gases de efeito estufa pela atividade pastoril. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 639-661, 2018.

AMBRIZZI, T. *et al.* Mudanças climáticas e a sociedade. **São Paulo: IAG**, 2021.

Bashmakov, I. A. *et al.*: Industry. In IPCC, 2022: **Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [P.R. Shukla, J. Skea, R. Slade, A. Al Khourdajie, R. van Diemen, D. McCollum, M. Pathak, S. Some, P. Vyas, R. Fradera, M. Belkacemi, A. Hasija, G. Lisboa, S. Luz, J. Malley, (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA. doi: 10.1017/9781009157926.013

CLIMATE WATCH. **Historical GHG Emissions**. Disponível em: https://www.climatewatchdata.org/ghg-emissions?breakBy=countries&calculation=CUMULATIVE&end_year=2023&gases=co2®ions=LA C§ors=total-excluding-lulucf&source=PIK&start_year=1893. Acesso em: 23 ago. 2025.

EMBRAPA. **Conceitos gerais – O que são as mudanças climáticas?** Ater+ Digital – Embrapa Agricultura Digital, s.d. Disponível em: <https://www.atermaisdigital.cnptia.embrapa.br/web/mudancas-climaticas/conceitos-gerais>. Acesso em: 13 jun. 2025.

FECHT, S. **How exactly does carbon dioxide cause global warming?** State of the Planet – Columbia Climate School, 25 fev. 2021. Disponível em: <https://news.climate.columbia.edu/2021/02/25/carbon-dioxide-cause-global-warming/>. Acesso em: 13 jun. 2025.

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

FERREIRA, I. M. **Utilização de zeólitas como adsorventes para a remoção de CO₂: uma revisão da literatura**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Química. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa - PB. 2021.

FLEURY, L. C.; MIGUEL, J. C. H.; TADDEI, R. Mudanças climáticas, ciência e sociedade. **Sociologias**, v. 21, n. 51, p. 18-42, 2019.

GEWEDA, A. E. *et al.* Mitigating CO₂ emissions: A review on emerging technologies/strategies for CO₂ capture. **Journal of the Energy Institute**, v. 118, p. 101911, 2025.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Emissões de GEE no Brasil e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris**: Relatório SEEG 2018. São Paulo: Observatório do Clima, 2018. Disponível em: <https://ubrabio.com.br/wp-content/uploads/2018/11/Relatorios-SEEG-2018-Sintese-FINAL-v1.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2025.

SABERIKAMARPOSHTI, M. *et al.* Cultivating a sustainable future in the artificial intelligence era: A comprehensive assessment of greenhouse gas emissions and removals in agriculture. **Environmental Research**, v. 250, p. 118528, 2024.

SOUZA, A. V. D. **Top 10 beef producing countries worldwide**. Ruminants Blog – Ceva Ruminants, 24 jan. 2024. Disponível em: <https://ruminants.ceva.pro/beef-producing-countries>. Acesso em: 23 ago. 2025.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Espírito Santo.