

# EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> E TRIBUTAÇÃO CORPORATIVA: UMA ANÁLISE QUANTÍLICA DA AGRESSIVIDADE FISCAL NA INDÚSTRIA EXTRATIVISTA BRASILEIRA

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente ênfase global na sustentabilidade e na transparência corporativa tem posicionado as inter-relações entre emissões de CO<sub>2</sub>, características empresariais e obrigações fiscais como uma área de investigação proeminente (Shrestha et al., 2022; Mahendra et al., 2024). Nos últimos anos, a pesquisa acadêmica transcendeu a análise dos impactos ambientais diretos para explorar as implicações financeiras e tributárias das emissões de carbono, refletindo uma integração do desempenho ambiental às métricas financeiras corporativas (Wu et al., 2024; Feng et al., 2024). Essa integração é relevante nas empresas que enfrentam pressões regulatórias e de *stakeholders* para divulgar informações sobre suas emissões, especialmente em indústrias de uso intensivo de carbono que contribuem para os gases de efeito estufa (Bedi & Singh, 2024; Fitriani & Sunarsih, 2024).

O problema central que este estudo aborda reside nas complexas e, por vezes, contraditórias relações entre as emissões de carbono, o tamanho da empresa, a lucratividade e seus efeitos combinados sobre a alíquota efetiva de imposto (Effective Tax Rate - ETR) e comportamentos de planejamento tributário agressivo (Putri & Warnida, 2023; Rahmatania et al., 2024). Apesar do avanço dos estudos empíricos, persiste a lacuna sobre como essas variáveis influenciam os resultados fiscais em diferentes contextos (Aprilyani Dewi & Agustina, 2023). Enquanto alguns trabalhos apontam que empresas maiores usam a gestão de carbono para reduzir tributos (Apriliani et al., 2024), outros relatam efeitos nulos ou negativos (Radityo & Bandi, 2024; Lestari et al., 2024), evidenciando a necessidade de uma síntese abrangente para orientar governança e políticas públicas (Wang et al., 2024).

Nesse contexto, este estudo se aprofunda na indústria extrativista brasileira. O objetivo principal é investigar o efeito das emissões de CO<sub>2</sub> por ativo, do tamanho da empresa, da rentabilidade e das interações entre essas variáveis sobre a *effective tax rate (ETR)*. A pesquisa busca responder como esses fatores, em conjunto, influenciam a carga tributária efetiva, utilizando a regressão quantílica para analisar os efeitos em diferentes pontos da distribuição da ETR, proporcionando uma compreensão mais detalhada das heterogeneidades presentes no setor.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A relação entre desempenho ambiental, características corporativas e agressividade fiscal é um campo de estudo que se apoia em diversas teorias consolidadas da administração e finanças. Esta seção explora os principais pilares teóricos que sustentam a análise da influência das emissões de CO<sub>2</sub>, do porte e da rentabilidade sobre a alíquota efetiva de imposto (ETR), com foco especial na Teoria dos Stakeholders e na Teoria da Legitimidade.

### 2.1 Teoria dos Stakeholders e a Gestão Ambiental Corporativa

A Teoria dos Stakeholders postula que a gestão de uma organização não deve se concentrar apenas nos interesses dos acionistas, mas em uma gama mais ampla de partes interessadas (*stakeholders*), que incluem funcionários, clientes, fornecedores, governo e a sociedade. No contexto da sustentabilidade, essa teoria sugere que as empresas são pressionadas a adotar práticas ambientalmente responsáveis para atender às expectativas e demandas desses grupos (Emmanuel et al., 2023). A divulgação de informações ambientais, como as emissões de carbono, comunica o compromisso da empresa com a responsabilidade socioambiental, buscando fortalecer seu relacionamento com os *stakeholders*.

Empresas que gerenciam ativamente suas emissões de CO<sub>2</sub> e comunicam suas ações de forma transparente podem obter vantagens competitivas, como a melhoria da reputação, maior lealdade do cliente e acesso facilitado a mercados e financiamentos (Perdichizzi et al.,

2023). Por outro lado, a falha em atender às expectativas ambientais dos *stakeholders* pode resultar em sanções regulatórias, perda de mercado e danos à imagem corporativa. Nesse sentido, a gestão ambiental deixa de ser apenas uma questão de conformidade legal para se tornar um componente estratégico da gestão de relacionamento com as partes interessadas.

## **2.2 Teoria da Legitimidade e a Busca por Aceitação Social**

Complementar à Teoria dos Stakeholders, a Teoria da Legitimidade foca na necessidade de uma organização justificar suas ações e sua própria existência perante a sociedade. Segundo essa teoria, as empresas operam com base em um "contrato social" implícito, que exige que suas atividades estejam alinhadas com os valores e normas sociais (Hágen & Ahmed, 2024). A legitimidade é um recurso valioso que garante o fluxo contínuo de recursos e o apoio necessário para a sobrevivência e o sucesso da organização.

Quanto à questão ambiental, a divulgação de informações sobre emissões de CO<sub>2</sub> pode ser vista como uma estratégia para obter, manter ou reparar a legitimidade. Empresas em setores de alto impacto ambiental, como a indústria extrativista, enfrentam um escrutínio público intenso e, portanto, têm uma necessidade maior de demonstrar que suas operações são legítimas e socialmente responsáveis (Fitriani & Sunarsih, 2024). A divulgação voluntária de dados ambientais, mesmo que não exigida por lei, pode ser uma tentativa de moldar a percepção pública e se antecipar a pressões regulatórias, garantindo a "licença social para operar".

## **2.3 Desempenho Ambiental, Desempenho Financeiro e Estratégias Fiscais**

A literatura acadêmica tem explorado intensamente a conexão entre o Desempenho Ambiental Corporativo (CEP) e o Desempenho Financeiro Corporativo (CFP). A relação entre essas duas dimensões, no entanto, permanece complexa e, por vezes, contraditória (Mastrandrea et al., 2024; Bouaddi et al., 2023). Alguns estudos apontam para uma relação positiva, onde investimentos em sustentabilidade geram inovação, eficiência e, conseqüentemente, melhores resultados financeiros. Outros, no entanto, sugerem que os custos associados às práticas ambientais podem, no curto prazo, impactar negativamente a lucratividade.

É nesse nexo que as estratégias fiscais ganham relevância. A ETR é uma medida consolidada da carga tributária real de uma empresa e, frequentemente, um indicador de planejamento tributário. Uma ETR baixa pode sugerir a utilização de estratégias de agressividade fiscal para minimizar o pagamento de impostos. A literatura tem investigado se as empresas utilizam seu desempenho ambiental como uma ferramenta nesse planejamento. Por exemplo, empresas com bom desempenho ambiental poderiam ter acesso a incentivos fiscais, reduzindo sua ETR. Alternativamente, empresas com alto impacto ambiental poderiam adotar um comportamento fiscal mais agressivo como forma de compensar os altos custos operacionais e de conformidade ambiental (Putri & Warnida, 2023; Rahmatania et al., 2024).

## **3 METODOLOGIA**

Esta pesquisa adota uma abordagem quantitativa de natureza descritiva e explicativa, buscando investigar as relações entre emissões de CO<sub>2</sub>, características empresariais e alíquota efetiva de imposto na indústria extrativista brasileira (Gil, 2025; Creswell & Creswell, 2021). O delineamento metodológico fundamenta-se na análise de dados secundários, caracterizando-se como uma pesquisa documental com corte transversal.

A amostra é composta por empresas da indústria extrativista brasileira com dados disponíveis sobre emissões de CO<sub>2</sub>, informações financeiras e tributárias no período analisado. Os dados foram coletados de duas fontes principais: o Registro Público de Emissões da Fundação Getúlio Vargas (FGV) e a base de dados da Brasil, Bolsa, Balcão (B3), garantindo a confiabilidade e a auditabilidade das informações (Lakatos & Marconi, 2022).

As variáveis foram operacionalizadas conforme segue: ETR (alíquota efetiva de imposto) como variável dependente; CO<sub>2</sub>/A (emissões de CO<sub>2</sub> por ativo), SIZE (logaritmo natural dos ativos totais) e ROA (retorno sobre ativos) como variáveis independentes; e as

interações  $CO2\_A \times SIZE$  e  $CO2\_A \times ROA$  como variáveis moderadoras. A métrica  $CO2/A$  foi desenvolvida pelos autores para capturar a intensidade relativa das emissões ajustada pela estrutura patrimonial das empresas.

Utilizou-se a regressão quantílica como técnica estatística principal, analisando os quantis 25% (Q1), 50% (Q2) e 75% (Q3) da distribuição condicional da ETR (Hair et al., 2009; Field, 2020). Esta abordagem foi escolhida por sua robustez frente à violação da normalidade dos resíduos e à presença de heterocedasticidade, permitindo uma análise mais detalhada dos efeitos heterogêneos das variáveis explicativas ao longo da distribuição da variável dependente (Yagi & Managi, 2018; Hassan & Romilly, 2018).

*Hipótese nula ( $H_0$ ):*

As variáveis  $CO2/A$ ,  $SIZE$ ,  $ROA$ ,  $CO2\_A \times SIZE$  e  $CO2\_A \times ROA$  não têm efeito significativo sobre a ETR em nenhum dos quantis da distribuição (Q1, Q2, Q3).

Matematicamente:

$$H_0: \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = 0$$

*Hipótese alternativa ( $H_1$ ):*

Pelo menos uma das variáveis tem efeito significativo sobre a ETR em pelo menos um dos quantis da distribuição.

$$H_1: \exists \beta_i \neq 0 \text{ para algum } i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

Modelo de Regressão Quantílica:

$$ETR_{it} = \beta_0 + \beta_1 \cdot CO2\_A_{it} + \beta_2 \cdot SIZE_{it} + \beta_3 \cdot ROA_{it} + \beta_4 \cdot (CO2\_A_{it} \times SIZE_{it}) + \beta_5 \cdot (CO2\_A_{it} \times ROA_{it}) + \varepsilon_{it}$$

Onde:

- $ETR_i$ : Taxa Efetiva de Imposto da empresa  $i$ ;
- $CO2\_A_i$ : Emissões de  $CO_2$  por ativo da empresa  $i$ ;
- $SIZE_i$ : Tamanho da empresa  $i$ ;
- $ROA_i$ : Retorno sobre ativos da empresa  $i$ ;
- $CO2\_A \times SIZE$ : Interação entre emissões e tamanho;
- $CO2\_A \times ROA$ : Interação entre emissões e lucratividade;
- $\beta_0$  a  $\beta_5$ : Coeficientes estimados para cada variável;
- $\varepsilon_i$ : Termo de erro (resíduo) da regressão.

#### 4. RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados da análise empírica dos determinantes da ETR em empresas da indústria extrativista brasileira, com foco nas emissões de  $CO_2$  por ativo ( $CO2/A$ ), tamanho da empresa ( $SIZE$ ), rentabilidade ( $ROA$ ) e suas interações.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no estudo

Medida	ETR	CO2/A	SIZE	ROA	CO2_A × SIZE	CO2_A × ROA
Média	0.270	1.998	7.780	0.079	5.780	0.122
Mediana (Q2)	0.259	0.524	8.500	0.054	4.500	0.046
Desvio Padrão	0.142	2.278	0.840	0.084	7.920	0.215
Mínimo	0.064	0.012	6.600	-0.133	0.015	-0.101
Máximo	0.938	6.511	9.100	0.279	44.900	1.626
Q1 (25%)	0.173	0.165	7.200	0.021	0.230	0.001
Q3 (75%)	0.322	1.654	8.900	0.117	10.200	0.198

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da FGV e B3.

Na Tabela 1, a variável ETR apresenta média de 27% com baixa dispersão (DP = 0,142), indicando estabilidade na carga tributária. A variável CO2/A possui alta variabilidade (DP = 2,278), evidenciando diferenças significativas nas emissões relativas aos ativos. O tamanho das empresas (SIZE) concentra-se entre 6,6 e 9,1, com mediana superior à média. O ROA apresenta média positiva (0,079), mas com valores mínimos negativos, evidenciando que algumas empresas operam com prejuízo. As variáveis de interação revelam ampla dispersão, especialmente CO2\_A × SIZE (DP = 7,920), indicando possíveis efeitos não lineares.

Tabela 2 - Matriz de Correlação

Variável	ETR	CO2/A	SIZE	ROA	CO2_A × SIZE	CO2_A × ROA
ETR	1.000	-0.42*	-0.08	-0.36*	-0.39*	-0.21
CO2/A	-0.42*	1.000	-0.12	-0.09	0.98*	0.85*
SIZE	-0.08	-0.12	1.000	0.05	0.76*	0.03
ROA	-0.36*	-0.09	0.05	1.000	-0.02	0.71*
CO2_A × SIZE	-0.39*	0.98*	0.76*	-0.02	1.000	0.69*
CO2_A × ROA	-0.21	0.85*	0.03	0.71*	0.69*	1.000

\*Nota: \* indica significância estatística (p < 0,05). Fonte: Elaboração própria.

A Tabela 2 da matriz de correlação, onde a ETR apresenta correlação negativa significativa com CO2/A (r = -0,42), sugerindo que empresas com maior intensidade de carbono tendem a apresentar menor carga tributária efetiva, possivelmente refletindo estratégias de planejamento tributário (Putri & Warnida, 2023). A variável CO2/A está fortemente correlacionada com suas interações, indicando que o impacto ambiental é amplificado quando combinado com tamanho ou rentabilidade.

Tabela 3- Resultados da Regressão Quantílica

Variável	Q1 (25%)		Q2 (50%)		Q3 (75%)	
	Coef.	Valor-p	Coef.	Valor-p	Coef.	Valor-p
Intercepto	0.218	<0.001	0.275	<0.001	0.342	<0.001
CO2/A	-0.498	0.011	-0.771	0.013	-0.312	0.152
SIZE	-0.015	0.378	-0.012	0.689	-0.005	0.812
ROA	-0.419	0.030	-0.572	0.072	-0.231	0.228
CO2/A × SIZE	0.069	0.017	0.108	0.014	0.054	0.102
CO2/A × ROA	0.148	0.078	0.208	0.115	0.098	0.241

Fonte: Elaboração própria.

A variável CO2/A apresenta coeficientes negativos e significativos nos quartis Q1 (-0,498; p = 0,011) e Q2 (-0,771; p = 0,013), indicando que empresas com maior intensidade de carbono tendem a apresentar menores taxas efetivas de tributação, especialmente nas faixas inferiores da distribuição da ETR. No quartil superior (Q3), o efeito permanece negativo, porém não significativo. As interações CO2\_A × SIZE são positivas e significativas nos quartis Q1 (0,069; p = 0,017) e Q2 (0,108; p = 0,014), sugerindo que empresas maiores apresentam menor penalização tributária associada às emissões, possivelmente devido à maior capacidade de estruturar planejamentos tributários sofisticados (Apriliani et al., 2024).

A variável ROA apresenta efeito negativo significativo apenas no quartil inferior (Q1: -0,419; p = 0,030), indicando que empresas menos rentáveis tendem a ter menor ETR. As interações CO2\_A × ROA não são estatisticamente significativas, embora os coeficientes positivos indiquem tendência de moderação do efeito negativo.

Com base nos resultados, rejeitamos a hipótese nula (H<sub>0</sub>: β<sub>1</sub> = β<sub>2</sub> = β<sub>3</sub> = β<sub>4</sub> = β<sub>5</sub> = 0) em favor da hipótese alternativa (H<sub>1</sub>), confirmando que as variáveis analisadas influenciam significativamente a ETR em diferentes partes da distribuição, especialmente entre empresas

com menor carga tributária efetiva, corroborando estudos anteriores sobre a relação entre desempenho ambiental e estratégias fiscais (Hassan & Romilly, 2018; Wang et al., 2024).

## 5. CONCLUSÃO

Este estudo investigou os efeitos das emissões de CO<sub>2</sub> por ativo (CO<sub>2</sub>/A), do tamanho da empresa (SIZE), da rentabilidade (ROA) e de suas interações sobre a alíquota efetiva de imposto (ETR) na indústria extrativista brasileira, utilizando a regressão quantílica como ferramenta analítica. Os resultados obtidos confirmam a hipótese de que existe uma relação significativa entre essas variáveis e a carga tributária efetiva das empresas, com padrões distintos ao longo da distribuição da ETR.

O principal achado desta pesquisa revela que empresas com maior intensidade de emissões de CO<sub>2</sub> por ativo tendem a apresentar menor ETR, especialmente nos quantis inferiores da distribuição (Q1 e Q2). Esse resultado sugere que empresas mais poluentes no setor extrativista brasileiro conseguem reduzir sua carga tributária efetiva, possivelmente através de estratégias de planejamento tributário ou aproveitamento de incentivos fiscais específicos. A métrica CO<sub>2</sub>/A, proposta pelos autores como contribuição metodológica, demonstrou-se eficaz para capturar a intensidade relativa das emissões ajustada pela estrutura patrimonial das empresas.

A análise das interações revelou que o tamanho da empresa modera significativamente a relação entre emissões e tributação nos quantis inferiores, indicando que empresas maiores possuem maior capacidade de mitigar o impacto tributário de suas emissões. Esse achado alinha-se com a literatura sobre planejamento tributário corporativo, sugerindo que empresas de maior porte dispõem de recursos superiores para estruturar estratégias fiscais sofisticadas.

Os resultados têm implicações importantes para formuladores de políticas públicas, evidenciando a necessidade de revisão dos mecanismos tributários relacionados à sustentabilidade ambiental. A constatação de que empresas mais poluentes pagam proporcionalmente menos impostos questiona a efetividade da atual estrutura fiscal como instrumento de incentivo à sustentabilidade corporativa. Essa situação pode estar contribuindo para a perpetuação de práticas ambientalmente prejudiciais no setor extrativista, demandando intervenções regulatórias mais eficazes.

Para pesquisas futuras, recomenda-se a expansão da análise para outros setores econômicos, a investigação de períodos temporais mais extensos e a inclusão de variáveis relacionadas a políticas ambientais específicas. Adicionalmente, estudos qualitativos poderiam elucidar os mecanismos subjacentes às estratégias de planejamento tributário identificadas, contribuindo para o desenvolvimento de políticas fiscais mais eficazes na promoção da sustentabilidade empresarial no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- Apriliani, L., Kadir, K., & Hifni, S. (2024). Sustainability Accounting: Nilai Perusahaan Dan Carbon Emission Disclosure. *Gorontalo Accounting Journal*. <https://doi.org/10.32662/gaj.v7i1.3306>
- Aprilyani Dewi, P. P. R., & Agustina, P. (2023). UKURAN PERUSAHAAN, LEVERAGE, KINERJA PERUSAHAAN DAN CARBON EMISSION DISCLOSURE. *Jurnal Ilmiah Manajemen, Ekonomi, & Akuntansi (MEA)*, 7(3), 667-680. <https://doi.org/10.31955/mea.v7i3.3383>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2021). *Projeto de pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto* (5ª ed.). Penso.
- Field, A. (2020). *Descobrendo a estatística usando o SPSS* (5ª ed.). Penso.
- Gil, A. C. (2025). *Como elaborar projetos de pesquisa* (7ª ed.). Atlas.
- Ghose, B., Mekan, L. T., & Kabra, K. C. (2022). Impact of carbon productivity on firm performance: moderating role of industry type and firm size. *Managerial Finance*, 49(5), 866–883. <https://doi.org/10.1108/mf-07-2022-0319>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2009). *Análise multivariada de dados* (6ª ed.). Bookman.

- Hágen, I., & Ahmed, A. M. (2024). Carbon Footprint, Financial Structure, and Firm Valuation: An Empirical Investigation. *Risks*, 12(12), 197. <https://doi.org/10.3390/risks12120197>
- Hassan, O. A. G., & Romilly, P. (2018). Relations between corporate economic performance, environmental disclosure and greenhouse gas emissions: New insights. *Business Strategy and the Environment*, 27(7), 893-909. <https://doi.org/10.1002/bse.2040>
- Lakatos, E. M., & Marconi, M. de A. (2022). *Fundamentos de metodologia científica* (9<sup>a</sup> ed.). Atlas.
- Lestari, E., Nugroho, M., & Pristiana, U. (2024). The Impact of Carbon Performance and Carbon Information Disclosure on Firm Value: Financial Performance as a Mediator in Indonesian Listed Companies. *Journal of Ecohumanism*, 3(8). <https://doi.org/10.62754/joe.v3i8.4803>
- Mahendra, A., Azis, A. D., & Rizqi, M. N. (2024). Pengaruh Intensitas Aset Tetap, Ukuran Perusahaan, Dan Profitabilitas Terhadap Penghindaran Pajak (Tax Avoidance). *Jurnal Ekonomika Dan Bisnis (JEBS)*, 4(5), 1098–1101. <https://doi.org/10.47233/jeps.v4i5.2054>
- Mastrandrea, R., ter Burg, R., Shan, Y., Hubacek, K., & Ruzzenenti, F. (2024). Assessments of the environmental performance of global companies need to account for company size. *Communications Earth & Environment*, 5, 42. <https://doi.org/10.1038/s43247-024-01200-5>
- Perdichizzi, S., Buchetti, B., Cicchiello, A. F., & Dal Maso, L. (2024). Carbon emission and firms' value: Evidence from Europe. *Energy Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107324>
- Putri, A. E., & Warnida, W. (2023). Analisis Pengaruh Ukuran Perusahaan, Profitabilitas, Leverage, Kepemilikan Institusional dan Kepemilikan Manajerial terhadap Carbon Emission Disclosure. *Jurnal Akuntansi Dan Keuangan*. <https://doi.org/10.36080/jak.v12i2.2273>
- Radityo, C., & Bandi, B. (2024). The Influence of Energy Consumption on Company's Carbon Emissions; Is GCG Capable of Reducing The Carbon Emissions, Research on State-Owned Enterprises in Indonesia. *International Journal of Business and Management Review*. <https://doi.org/10.37745/ijbmr.2013/vol12n36782>
- Rahmatania, A., Wardhani, R. S., & Sumiyati, S. (2024). Pengaruh Carbon Emission Disclosure dan Ukuran Perusahaan Terhadap Kinerja Perusahaan Manufaktur yang Terdaftar di BEI Tahun 2021-2023. *Indo-Fintech Intellectuals: Journal of Economics and Business*, 4(3), 1047–1061. <https://doi.org/10.54373/ifjeb.v4i3.1526>
- Shrestha, P., Choi, B.-K., & Luo, L. (2022). Does a Carbon Management System Mitigate the Consequences of Carbon Emissions on Firm Value? An International Study. *Journal of International Accounting Research*, 21(3), 147–167. <https://doi.org/10.2308/jiar-2021-019>
- Wang, Q., Sun, T., & Li, R. (2024). Does larger scale enhance carbon efficiency? Assessing the impact of corporate size on manufacturing carbon emission efficiency. *Humanities & Social Sciences Communications*, 11(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-024-03474-8>
- Wu, H., Wang, L., & Peng, F. (2024). Does it pay to be green? The impact of emissions reduction on corporate tax burden. *Journal of Asian Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.asieco.2024.101707>
- Yagi, M., & Managi, S. (2018). Decomposition analysis of corporate carbon dioxide and greenhouse gas emissions in Japan: Integrating corporate environmental and financial performances. *Business Strategy and the Environment*, 27(8), 1476-1492. <https://doi.org/10.1002/bse.2206>