

CORRELAÇÃO ENTRE PRODUTO INTERNO BRUTO (PIB) E EMISSÃO DE DIÓXIDO DE CARBONO: UM ESTUDO COMPARATIVO COM 73 PAÍSES

CORRELATION BETWEEN GROSS DOMESTIC PRODUCT (GDP) AND CARBON DIOXIDE EMISSIONS: A COMPARATIVE STUDY WITH 73 COUNTRIES

Mauricio Rodrigues Duarte de Oliveira, Marcos Antonio Santos de Jesus, Nilene Janini de Oliveira Seixas, Luiz Antonio Ferrara Mathias.

Universidade Santa Cecília, Faculdade de Engenharia, Curso de Engenharia de Produção
E-mail para contato: mauricio.pro143@gmail.com

RESUMO – A cada ano que passa, é notório que os governos mundiais querem aumentar suas produções de bens e serviços. Porém, é fundamental crescer numa forma sustentável. Nesse estudo, objetivou-se calcular e analisar a correlação entre o PIB e o volume de CO₂ emitido por uma amostra de 73 países. Coletou-se dados relativos ao ano de 2022. Os dados das emissões de CO₂ foram obtidas no site do Global Carbon Atlas, enquanto os dados referentes ao PIB, extraiu-se da base do World Bank Group. Seguiu-se modelo quantitativo explicativo e não experimental. Encontrou-se correlação ($r=0,83$), positiva e significativa ($p<0,01$). Este resultado mostra que nessa amostra de países, quanto maior o PIB, maior o volume de emissão de CO₂ na atmosfera ou quanto menor o PIB, menor a emissão de CO₂.

Palavras-chave: Produto Interno Bruto, Dióxido de Carbono, Correlação, Atmosfera.

ABSTRACT – With each passing year, it is clear that world governments want to increase their production of goods and services. However, it is essential to grow in a sustainable way. This study aimed to calculate and analyze the correlation between GDP and the volume of CO₂ emitted by a sample of 73 countries. Data for the year 2022 were collected. CO₂ emissions data were obtained from the Global Carbon Atlas website, while GDP data were extracted from the World Bank Group database. An explanatory and non-experimental quantitative model was followed. A positive and significant correlation ($r=0.83$) was found ($p<0.01$). This result shows that in this sample of countries, the higher the GDP, the higher the volume of CO₂ emissions into the atmosphere, or the lower the GDP, the lower the CO₂ emissions.

Keywords: Gross Domestic Product, Carbon Dioxide, Correlation, Atmosphere.

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade a humanidade vive grandes conflitos de interesses econômicos. Esse fato é observado entre a maioria dos países do globo. Os governos de um modo geral querem se desenvolver ou aumentar suas produções de commodities, bens e serviços. Mas, como colocar em prática esse desenvolvimento de maneira sustentável e sem comprometer a qualidade de vida no planeta terra, ou seja, sem emitir um volume alto de dióxido de carbono na atmosfera? Essa questão é atual e largamente discutida. Estudos como (Avendaño Cárdenas et al, 2023; Cosma et al, 2020; Sousa et al, 2017; Evangelista et al, 2020) destacam-se sobre o tema.

Para uma grande parte de cientistas, ambientalistas e estudiosos sobre assuntos socioeconômicos e bem-estar social da humanidade, todos os países precisam urgentemente diminuir a emissão de dióxido de carbono na atmosfera. Na visão desses estudiosos sobre o tema, o grande volume de emissão de CO₂ na atmosfera é o principal fator que provoca o aquecimento global e assim desencadeia inúmeros fenômenos climáticos que comprometem a própria sobrevivência do homem e todos os outros animais na terra.

Na visão de estudiosos como (Bueno Rubial, 2016; Okereke & Coventry, 2016 e Afionis (2017) apud (Bento et al., 2024), observa-se uma tendência crescente nos acordos internacionais em delegar a cada nação a responsabilidade de estabelecer suas próprias metas de redução das emissões de dióxido de carbono na atmosfera. A transformação das cadeias produtivas dos países deverá ter como objetivo atender a demanda da sociedade por bens e serviços por meio de um sistema econômico que seja coerente com o conceito de sustentabilidade, e que também possa ser compreendido como a busca pelo equilíbrio entre o suprimento das necessidades humanas e a preservação dos recursos naturais numa forma sustentável e sem comprometer a qualidade de vida da população atual e das próximas gerações.

De acordo com (Rockström et al., 2009) apud (Bento et al, 2024) as mudanças climáticas são um dos grandes desafios atuais que expõe os seres humanos diante dos resultados das interações entre o homem e a natureza. Esta importante questão apresenta características sistêmicas e de alta complexidade com influências de inúmeras variáveis, sendo de difícil mensuração e determinação de responsabilidades para estabelecer a relação poluidor e pagador.

Também é importante ressaltar a influência do aquecimento global especificamente no agronegócio mundial, que por consequência também irá influenciar o PIB dos países. Pompermayer Sesso et al. (2023) analisaram a sustentabilidade do agronegócio em 64 países, medindo a relação entre o Produto Interno Bruto (PIB) e as emissões de dióxido de carbono

(CO₂) geradas pela queima de combustíveis fósseis entre os anos de 2005 e 2015. Para esses autores, nesse período, a intensidade de emissão por unidade de renda variou significativamente. Países como Alemanha, Japão e Brasil apresentaram uma redução nas emissões por unidade de PIB, enquanto nações como África do Sul e Rússia mantiveram altos níveis de emissões por valor gerado.

Entre 2005 e 2015, de acordo com Pompermayer Sesso et al. (2023), o PIB global do agronegócio aumentou de 6 trilhões para 11 trilhões de dólares, representando uma elevação de 13,6% para 15,3% no PIB mundial. Nesse mesmo período, as emissões de CO₂ passaram de 2 bilhões para cerca de 2,1 bilhões de toneladas, com redução percentual na participação total, de 8,5% para 7,6%. Segundo o autor citado, os resultados do indicador de sustentabilidade, emissões por unidade de renda, mostraram que na maior parte dos países o agronegócio se apresentou capaz de aumentar a produção com menor valor de emissões por unidade de renda em relação à média da economia.

Também foi destacado no estudo (Bento et al, 2024), como as mudanças climáticas impactam o nível de renda dos países da América Latina, explorando a relação entre PIB per capita, precipitação, temperatura e variáveis econômicas no período de 1990 a 2019. Pompermayer Sesso et al (2023), concluíram que o agronegócio mundial é mais sustentável que o sistema produtivo global em geral, mostrando capacidade de aumento da produção com menor impacto ambiental relativo. No entanto, ressaltou-se a importância de políticas públicas voltadas para inovação tecnológica e mudança na matriz energética, essenciais para reduzir emissões e garantir a sustentabilidade econômica, social e ambiental.

Não se deve deixar de considerar que o investimento direto estrangeiro (IDE), principalmente em países mais pobres, tem sido muito discutido. Há discussões sobre a questão da ajuda internacional, por meio do (IDE) para conter a emissão de poluentes na atmosfera, para conter os desmatamentos florestais, dentre outros elementos que influenciam a vida nos países que precisam dessa ajuda, geralmente países menos desenvolvidos.

Na visão de (Carvalho & Silva, 2022), a relação entre IDE e a poluição ambiental tem sido muito questionada, porém não há consenso sobre o tema na comunidade internacional. Para os referidos autores, uma das hipóteses mais difundidas é a aquela que argumenta sobre o refúgio de poluição, em que países, na maioria das vezes, os menos desenvolvidos, por terem legislações ambientais menos rigorosas, podem atrair maior volume de investimentos de empresas poluidoras. Segundo os referidos autores essas empresas estariam buscando diminuir seus custos com a adequação às leis ambientais mais rigorosas.

Com base nesse fundamento teórico apresentado anteriormente, o presente estudo apresenta a seguinte questão de pesquisa: Como estão correlacionadas as variáveis PIB (Produto Interno Bruto) e o volume de emissão de Dióxido de Carbono (CO₂) na atmosfera?

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Modelo de Pesquisa e Variáveis

Seguiu-se modelo quantitativo explicativo e não experimental. Variáveis em estudo: a) Produto Interno Bruto (PIB) em dólares. Representa a soma de todos os bens e serviços produzidos em um país em um período, medindo o crescimento econômico. b) Emissão de CO₂ em toneladas métricas. Representa a liberação de dióxido de carbono na atmosfera, geralmente associada à queima de combustíveis fósseis.

2.2 Objetivos de Pesquisa

Calcular e Interpretar a correlação de Pearson entre as variáveis (medida estatística que indica o grau de associação linear entre duas variáveis quantitativas), Produto Interno Bruto (PIB) e volume de emissão de CO₂ na atmosfera para uma única amostra (N=73).

Verificar a significância da correlação determinada.

2.3 Composição da Amostra

Amostra composta por 73 (N=73) países distribuídos da seguinte forma: África: 8 países; América do norte: 4 países; América do sul: 6 países; Ásia: 29 países; Europa: 25 países e Oceania: 1 país.

2.4 Procedimentos

Os dados utilizados na construção da amostra foram coletados no mês de setembro de 2024. São dados relativos ao ano 2022. Coleta realizada em: **World Bank Group (PIB)**: https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?end=2022&most_recent_value_desc=true&start=1960&view=chart e **Global Carbon Atlas (Emissões de CO₂)**: <https://globalcarbonatlas.org/emissions/carbon-emissions/>

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, nas tabelas de 1 a 6 são apresentados os países separados por continente, com seus respectivos produtos interno bruto (PIB) em dólares e o volume de emissão de dióxido de carbono (CO₂) em toneladas. Considerou-se para cálculo da correlação de Pearson, coeficiente r, apenas uma amostra composta por todos os países, independentemente a que continente

pertencia cada um. Tal procedimento atende o objetivo e o método do estudo e se deve ao fato que nas tabelas de 3 a 6, o número de países por continente é muito baixo para se calcular correlação por continente e sua significância, apesar de possível não é indicado estatisticamente.

Tabela 1: Distribuição de Países do Continente Asiático

Continente	Países	PIB Produto Interno Bruto (em dólares)	Volume de CO2 Emitido (em toneladas)
Asiático	Azerbaijão	78.807.470.000,00	40.000.000
	Bahrein	46.680.400.000,00	36.000.000
	Bangladesh	460.131.690.000,00	114.000.000
	Catar	235.709.330.000,00	106.000.000
	Cazaquistão	225.496.330.000,00	254.000.000
	China	17.881.782.680.000,00	11.351.000.000
	Emirados Árabes Unidos	502.731.940.000,00	226.000.000
	Federação Russa	2.266.029.240.000,00	1.802.000.000
	Filipinas	404.353.370.000,00	145.000.000
	Hong Kong	358.681.070.000,00	32.000.000
	Índia	3.353.470.500.000,00	2.831.000.000
	Iraque	286.640.340.000,00	171.000.000
	Israel	525.000.420.000,00	61.000.000
	Japão	4.256.410.760.000,00	1.033.000.000
	Jordânia	48.764.960.000,00	20.000.000
	Kuwait	183.940.220.000,00	98.000.000
	Líbano	20.992.420.000,00	19.000.000
	Malásia	407.605.840.000,00	285.000.000
	Mongólia	17.146.470.000,00	43.000.000
	Myanmar	62.253.050.000,00	30.000.000
	Omã	111.943.820.000,00	77.000.000
	Paquistão	374.890.300.000,00	224.000.000
	Singapura	498.474.540.000,00	48.000.000
	Síria	23.622.830.000,00	25.000.000
	Tailândia	495.645.210.000,00	273.000.000
	Turcomenistão	58.972.000.000,00	64.000.000
	Turquia	907.118.430.000,00	437.000.000
	Uzbequistão	90.095.930.000,00	125.000.000
	Vietnã	410.324.030.000,00	298.000.000

Tabela 2: Distribuição de Países do Continente Europeu

Continente	Países	PIB Produto Interno Bruto (em dólares)	Volume de CO2 Emitido (em toneladas)
Europeu	Alemanha	4.163.596.360.000,00	672.000.000
	Áustria	471.773.630.000,00	62.000.000
	Bélgica	593.438.820.000,00	89.000.000
	Bielorrússia	73.775.180.000,00	59.000.000
	Bulgária	90.642.850.000,00	47.000.000
	Dinamarca	401.945.580.000,00	28.000.000
	Eslováquia	115.928.620.000,00	32.000.000
	Espanha	1.446.498.150.000,00	235.000.000
	Finlândia	280.241.520.000,00	36.000.000
	França	2.796.302.210.000,00	294.000.000
	Grécia	218.880.570.000,00	58.000.000
	Hungria	177.006.130.000,00	45.000.000
	Irlanda	548.570.250.000,00	37.000.000
	Itália	2.102.995.940.000,00	341.000.000
	Noruega	593.726.970.000,00	41.000.000
	Países Baixos	1.046.540.800.000,00	127.000.000
	Polônia	695.607.470.000,00	315.000.000
	Portugal	256.898.680.000,00	41.000.000
	Reino Unido	3.114.042.470.000,00	314.000.000
	República Tcheca	301.831.230.000,00	95.000.000
	Romênia	296.354.360.000,00	73.000.000
	Sérvia	66.797.560.000,00	44.000.000
	Suécia	579.895.720.000,00	38.000.000
	Suíça	818.426.550.000,00	33.000.000
	Ucrânia	161.989.520.000,00	141.000.000

Tabela 3: Distribuição de Países do continente Norte americano

Continente	Países	PIB Produto Interno Bruto (em dólares)	Volume de CO2 Emitido (em toneladas)
Norte americano	Canadá	2.161.483.370.000,00	551.000.000
	Estados Unidos da América	26.006.893.000.000,00	5.079.000.000
	República Dominicana	113.537.370.000,00	30.000.000
	Trinidad e Tobago	30.053.450.000,00	36.000.000

Tabela 4: Distribuição de Países do continente Oceânico

Continente	Países	PIB Produto Interno Bruto (em dólares)	Volume de CO2 Emitido (em toneladas)
Oceânico	Nova Zelândia	246.733.520.000,00	32.000.000

Tabela 5: Distribuição de Países do continente Sul-americano

Continente	Países	PIB Produto Interno Bruto (em dólares)	Volume de CO2 Emitido (em toneladas)
Sul-americano	Argentina	632.790.070.000,00	204.000.000
	Brasil	1.951.923.940.000,00	484.000.000
	Chile	302.116.540.000,00	83.000.000
	Colômbia	345.329.880.000,00	98.000.000
	Equador	116.586.080.000,00	41.000.000
	Peru	246.488.760.000,00	55.000.000

Tabela 6: Distribuição de Países do continente Africano

Continente	Países	PIB Produto Interno Bruto (em dólares)	Volume de CO2 Emitido (em toneladas)
Africano	África do Sul	406.920.000.000,00	405.000.000
	Argélia	225.638.460.000,00	185.000.000
	Egito	476.747.720.000,00	271.000.000
	Líbia	43.246.300.000,00	58.000.000
	Marrocos	130.951.930.000,00	70.000.000
	Nigéria	477.403.400.000,00	132.000.000
	Quênia	114.448.980.000,00	21.000.000
	Tunísia	44.579.760.000,00	32.000.000

Ao considerar-se a amostra formada por 73 países (N=73), com seus valores de produto interno bruto (PIB em dólares) e respectivos volumes de emissão de dióxido de carbono (CO2 em toneladas) na atmosfera, constatou-se coeficiente de correlação de Pearson ($r = 0,83$). Correlação positiva e significativa ($p < 0,01$).

4 CONCLUSÃO

A partir do coeficiente de correlação ($r = 0,83$), correlação positiva e significativa ($p < 0,01$), o presente estudo conclui que esse valor de coeficiente indica que para essa amostra de países (N=73), quanto mais alto o PIB, mais alto é a emissão de CO2 na atmosfera ou quanto mais baixo for o PIB, mais baixo será a emissão de CO2. Nesse caso, pode-se afirmar que os países de maior desenvolvimento com suas economias representadas pelo PIB, apresentam maior capacidade de emissão de CO2. Porém, convém ressaltar que em estudos como (Cosma et al, 2020), comenta-se que as fases iniciais do crescimento econômico de cada país, está associado ao aumento das emissões de CO₂, mas, acima de um determinado nível de renda, as emissões tendem a diminuir. A partir dos resultados do atual estudo, acredita-se que para ocorrer a diminuição no impacto ambiental de países já desenvolvidos e aqueles ainda em desenvolvimento, esses devam implementar políticas públicas eficientes que diminuam ou

estabilizem essas emissões de dióxido de carbono. No caso específico do Brasil, que apresenta 79% da eletricidade proveniente de fontes renováveis, o qual se posiciona como líder global no uso de energias limpas, mesmo assim ainda é o maior emissor de dióxido de carbono na atmosfera quando comparado com os países da América Latina. Portanto, sugere-se que outras variáveis, tais como dimensão do país, industrialização e número populacional, devam ser consideradas em estudos posteriores mais complexos sobre essa questão do volume de emissão de dióxido de carbono na atmosfera. Sugere-se que futuras pesquisas também explorem modelos de regressão múltipla que incluam variáveis como densidade populacional, matriz energética e índice de industrialização para maior precisão na explicação das emissões.

5 REFERÊNCIAS

Avendaño Cárdenas, E.; Moreno Freites, Z.; Mendoza Crespo, H. Estimation and analysis of the relationship between economic development and CO₂. **Económicas CUC**, v. 44, n. 2, p. 147-172, jul./dic. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.17981/econcuc.44.2.2023.Org.1>. Acesso em: março de 2025.

Bento, J. A. N., Araujo, J. A., Tabosa, F. J. S., Justo, W. R. Impacto das mudanças climáticas sobre o nível de renda na América Latina. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. 62(2), e268031, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.268031>. Acesso em março de 2025.

Carvalho, D. E. & Silva, F. A. Relação entre o investimento direto estrangeiro e as emissões de CO₂ em países com diferentes níveis de renda. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 26, n. 1, p. 1-25, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/198055272602>. Acesso em: janeiro de 2025.

Cosma, I. G.; David, K. G.; Antonescou, D.; Dumitir, F. C.; Jimon, Ș. A. The correlation between CO₂ emissions and GDP in a sustainable development framework using Kuznets Environment Curve. **Studia Universitatis "Vasile Goldis" Arad – Economics Series**, v. 30, n. 4, p. 1-23, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.2478/sues-2020-0022>. Acesso em: março de 2025.

Evangelista, I. R.; Castelar, L. I. de M.; Costa, R. F. R. da; Irffí, G. D. A relação entre emissão de CO₂ e PIB per capita: análise para os países sul-americanos no período de 1980 a 2009. **Revista de Economia**, v. 41, n. 71, p. 1-22, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/re.v41i74.63671>. Acesso em: janeiro de 2025.

Pompermayer Sesso, P.; Mendes, F. H.; Sesso Filho, U. A.; Zapparoli, I. D. Agronegócio de países selecionados: análise de sustentabilidade entre o PIB e emissões de CO₂. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, vol. 61, nº 2, e258543, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.258543>. Acesso em: janeiro de 2025.

Sousa, L. C. R.; Sousa, D. S. P.; Santos, R. B. N. O impacto do crescimento econômico nas emissões de CO₂: uma análise da Curva Ambiental de Kuznets com dados em painel. **Revista de Gestão Sustentável Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 227-246, Out. 2016/Mar. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v5e22016227-246>. Acesso em: janeiro de 2025.