

**Determinantes Econômicos e Ambientais do Desenvolvimento Humano:
Uma Análise de Dados em Painel das 30 Maiores Economias de 1992 a
2022**

Willian dos Santos Flores

Doutorando em Agronegócios, UFGD, Brasil

senhorflores@hotmail.com

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3436-5991>

Gabriela Vilela dos Santos Mantovani

Doutoranda em Agronegócios, UFGD, Brasil

gabrielasantos@ufgd.edu.br

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2516-5293>

Paulo Henrique de Oliveira Hoeckel

Professor Doutor, UFGD, Brasil

paulohoeckel@ufgd.edu.br

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1017-8975>

Jonathan Gonçalves da Silva

Professor Doutor, UFGD, Brasil

jonathandasilva@ufgd.edu.br

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1601-8534>

Clandio Favarini Ruviaro

Professor Doutor, UFGD, Brasil

clandioruviaro@ufgd.edu.br

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-3117-5359>

Submissão: 10/01/2024

ACEITE: 19/07/2025

FLORES, Willian dos Santos; MANTOVANI, Gabriela Vilela dos Santos; HOECKEL, Paulo Henrique de Oliveira; SILVA, Jonathan Gonçalves da; RUVIARO, Clandio Favarini. Determinantes Econômicos e Ambientais do Desenvolvimento Humano: Uma Análise de Dados em Painel das 30 Maiores Economias de 1992 a 2022. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [S. l.], v. 21, n. 2, 2025. DOI: [10.17271/1980082721220256158](https://doi.org/10.17271/1980082721220256158). Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/6158.

Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Determinantes Econômicos e Ambientais do Desenvolvimento Humano: Uma Análise de Dados em Painel das 30 Maiores Economias de 1992 a 2022

RESUMO

Objetivo: Este estudo busca analisar os determinantes econômicos e ambientais do desenvolvimento humano nas maiores economias mundiais entre 1992 e 2022, explorando como diferentes fatores contribuem para o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

Metodologia: A pesquisa utiliza um modelo de dados em painel, considerando o IDH como variável dependente e variáveis independentes como PIB per capita, maquinário agrícola, produtividade agrícola, conservação ambiental (área florestal), entre outros.

Originalidade/relevância: Este trabalho preenche uma lacuna teórica ao integrar fatores econômicos e ambientais em uma análise abrangente do desenvolvimento humano, abordando as inter-relações entre sustentabilidade e crescimento econômico.

Resultados: Os resultados demonstram que PIB per capita, uso de maquinário agrícola, produtividade agrícola, conservação ambiental e acesso à eletricidade em áreas rurais têm efeitos positivos no IDH, enquanto práticas agrícolas intensivas e insustentáveis, como uso excessivo de fertilizantes e alta retirada de água potável, apresentam impactos negativos.

Contribuições teóricas/metodológicas: Este estudo reforça teorias que defendem a necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis e infraestrutura básica como determinantes para o desenvolvimento humano.

Contribuições sociais e ambientais: As descobertas destacam a importância de políticas públicas voltadas ao equilíbrio entre crescimento econômico e sustentabilidade ambiental, promovendo um desenvolvimento humano mais equitativo.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento humano. Sustentabilidade Econômica. Conservação Ambiental. Agricultura Sustentável. Dados em Painel.

Economic and Environmental Determinants of Human Development: A Panel Data Analysis of the 30 Largest Economies from 1992 to 2022

ABSTRACT

Objective: This study aims to analyze the economic and environmental determinants of human development in the world's largest economies between 1992 and 2022, exploring the factors influencing the Human Development Index (HDI).

Methodology: The research employs a panel data model, using HDI as the dependent variable and independent variables such as GDP per capita, agricultural machinery, agricultural productivity, environmental conservation (forest area), among others.

Originality/relevance: This study addresses a theoretical gap by integrating economic and environmental factors into a comprehensive analysis of human development, highlighting the interplay between sustainability and economic growth.

Results: The findings reveal that GDP per capita, agricultural machinery use, agricultural productivity, environmental conservation, and rural electricity access positively impact HDI. Conversely, intensive and unsustainable agricultural practices, such as excessive fertilizer use and high potable water withdrawal, negatively affect human development.

Theoretical/methodological contributions: This research strengthens theories advocating for sustainable agricultural practices and basic infrastructure as key determinants of human development.

Social and environmental contributions: The findings underscore the importance of public policies balancing economic growth and environmental sustainability to achieve equitable human development.

KEYWORDS: Human Development. Economic Sustainability. Environmental Conservation. Sustainable Agriculture. Panel Data.

Determinantes económicos y ambientales del desarrollo humano: un análisis de datos de panel de las 30 economías más grandes de 1992 a 2022

RESUMEN

Objetivo: Este estudio tiene como objetivo analizar los determinantes económicos y ambientales del desarrollo humano en las mayores economías mundiales entre 1992 y 2022, explorando los factores que influyen en el Índice de Desarrollo Humano (IDH).

Metodología: La investigación utiliza un modelo de datos de panel, considerando el IDH como variable dependiente y variables independientes como el PIB per cápita, maquinaria agrícola, productividad agrícola, conservación ambiental (superficie forestal), entre otros.

Originalidad/relevancia: Este trabajo aborda una brecha teórica al integrar factores económicos y ambientales en un análisis exhaustivo del desarrollo humano, destacando las interacciones entre sostenibilidad y crecimiento económico.

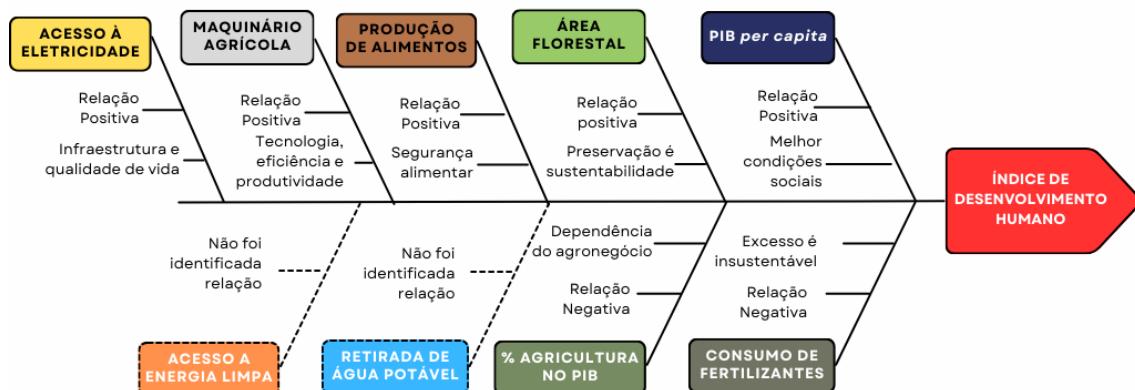
Resultados: Los resultados muestran que el PIB per cápita, el uso de maquinaria agrícola, la productividad agrícola, la conservación ambiental y el acceso a la electricidad rural impactan positivamente en el IDH. Por el contrario, las prácticas agrícolas intensivas e insostenibles, como el uso excesivo de fertilizantes y la alta extracción de agua potable, afectan negativamente al desarrollo humano.

Contribuciones teóricas/metodológicas: Este estudio refuerza teorías que abogan por prácticas agrícolas más sostenibles y la infraestructura básica como determinantes clave del desarrollo humano.

Contribuciones sociales y ambientales: Los hallazgos destacan la importancia de políticas públicas que equilibren el crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental para lograr un desarrollo humano equitativo.

PALABRAS CLAVE: Desarrollo humano. Sostenibilidad económica. Conservación Ambiental. Agricultura Sostenible. Datos del Panel.

RESUMO GRÁFICO



Legenda: --- variável independente testada, porém não é estatisticamente significativa
— variável independente testada e estatisticamente significativa ($p < 0,1$)

1 INTRODUÇÃO

A agricultura é um dos setores fundamentais da economia global, desempenhando um papel essencial não apenas na produção de alimentos, mas também na promoção do desenvolvimento econômico, conservação ambiental e desenvolvimento humano (Yurui *et al.*, 2021). No entanto, o setor enfrenta desafios crescentes ao tentar equilibrar a necessidade de aumentar a produtividade com a preservação dos recursos naturais e a promoção da justiça social (Mio, Panfilo; Blundo, 2020). A complexidade dessas interações exige uma abordagem interdisciplinar, que considere as dinâmicas entre crescimento econômico, práticas agrícolas sustentáveis e bem-estar social (Giller *et al.*, 2021; Ikram *et al.*, 2021).

Com o crescimento populacional e a mudança nos padrões de consumo, a demanda por alimentos tem aumentado significativamente, o que ressalta a urgência de repensar as práticas agrícolas de forma que se integrem eficiência econômica, responsabilidade ambiental e justiça social (Lu *et al.*, 2021; Piñeiro *et al.*, 2020). Nesse contexto, conceitos como produtividade agrícola, conservação ambiental e equidade social tornam-se centrais para análises que busquem promover o desenvolvimento sustentável (Scoones *et al.*, 2020; Javaid *et al.*, 2022). A produtividade mede a eficiência na produção agrícola, enquanto a conservação ambiental da ênfase à gestão sustentável dos recursos naturais (Jiakui *et al.*, 2023). Por sua vez, a equidade social refere-se à distribuição justa de recursos e oportunidades dentro do setor agrícola (Menton *et al.*, 2020).

Apesar dos esforços para promover práticas agrícolas sustentáveis, ainda há uma tensão evidente entre o aumento da produção para atender à demanda global de alimentos e a necessidade de mitigar impactos ambientais adversos e garantir bem-estar social (Barret *et al.*, 2021; Garcia *et al.*, 2020). Compreender essas dinâmicas complexas é essencial para formular políticas que assegurem a sustentabilidade de longo prazo na agricultura.

Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo central analisar os determinantes econômicos e ambientais que estão associadas ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) nas maiores economias mundiais, entre 1992 e 2022, utilizando um modelo de dados em painel. Para isso, utilizou-se dados em painel de variáveis ambientais e sociais, buscando fornecer *insights* para a formulação de políticas públicas e práticas agrícolas mais responsáveis.

Este artigo contribui para a literatura ao integrar indicadores que refletem o desenvolvimento sustentável na agricultura, oferecendo uma análise abrangente de variáveis não testadas anteriormente em conjunto, aplicando um modelo de dados em painel que avalia hipóteses sobre as inter-relações entre produtividade agropecuária, desenvolvimento econômico, relação do maquinário agrícola com a conservação ambiental e no desenvolvimento humano proporcionado pelo acesso a tecnologias no meio rural.

A estrutura deste artigo é organizada como segue: além desta introdução, na seção subsequente, apresenta-se uma revisão da literatura relevante, destacando os principais conceitos e avanços recentes. A seguir, a metodologia adotada é detalhada, seguida pela análise dos resultados obtidos e discussões. Finalmente, as considerações finais discutem os principais achados e oferecem recomendações para futuras pesquisas e intervenções políticas no campo da agricultura sustentável.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A revisão da literatura sobre o desenvolvimento sustentável na agricultura explora abordagens recentes que combinam produtividade, conservação ambiental e equidade social como elementos essenciais para a sustentabilidade (D'Amato; Korhonen, 2021; Hysa *et al.*, 2020; Padilla-Rivera *et al.*, 2020). Destacam-se práticas como agricultura de precisão, sistemas agroflorestais e agricultura orgânica, que buscam integrar esses elementos interdependentes (Anderson *et al.*, 2021; Oberč, 2020).

2.1 Produtividade Agrícola e Sustentabilidade

A produtividade agrícola é fundamental para o desenvolvimento sustentável, refletindo a eficiência na produção de alimentos e outros produtos agrícolas (Movilla-Pateiro *et al.*, 2021; Velasco-Muñoz *et al.*, 2021). Práticas inovadoras, como a agricultura de precisão e tecnologias sustentáveis, são importantes para otimizar o uso de recursos e aumentar a produção sem comprometer o meio ambiente (Kamble *et al.*, 2020). No entanto, maximizar a produtividade sem afetar negativamente a saúde do solo, a biodiversidade e outros recursos naturais continua sendo um desafio (Lal *et al.*, 2021; Yang *et al.*, 2020). Há evidências de que o uso intensivo de maquinário agrícola pode levar a impactos negativos, como poluição do ar, compactação do solo e maior risco de enchentes, mesmo que, em algumas regiões, a atividade agropecuária possa ter efeitos positivos na qualidade ambiental (Aneja *et al.*, 2009; Pingali; Plavšić, 2022; Rasheed *et al.*, 2023).

2.2 Conservação Ambiental na Agricultura

A conservação ambiental é intrínseca à gestão sustentável dos recursos naturais. Práticas como rotação de culturas, agroflorestas e agricultura orgânica são apontadas na literatura como estratégias eficazes para preservar ecossistemas, minimizar a degradação do solo e reduzir o uso de insumos químicos (Page *et al.*, 2020). No entanto, a implementação dessas práticas enfrenta desafios, como resistência a mudanças e pressões econômicas (Kannan *et al.*, 2022). A relação entre conservação ambiental e uso de fertilizantes, por exemplo, sugere que práticas sustentáveis podem reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e contribuir para a manutenção do equilíbrio climático (Li *et al.*, 2021; Raihan *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2025). Estudos indicam que um manejo eficiente dos recursos hídricos na agricultura é essencial para a resiliência da produção em face das mudanças climáticas, especialmente em períodos de seca (Hameed, 2019; Piroli; Elias; Elias, 2025; Metwally *et al.*, 2024).

2.3 Desenvolvimento Humano e Sustentabilidade

Para atingir o desenvolvimento humano há também que se observar a equidade social rural, que se refere à distribuição justa de recursos e benefícios entre populações rurais, trabalhadores agrícolas e comunidades locais (Janker; Mann, 2020). Modelos de negócios inclusivos, como cooperativas e agricultura familiar, têm sido reconhecidos por promover

eficiência econômica e distribuição equitativa de benefícios (German *et al.*, 2020; Xie; Huang, 2021). Estudos sugerem que o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) pode servir como uma medida para comparar a equidade social no contexto do desenvolvimento sustentável, embora não capture projeções para gerações futuras (Ibrahim, 2022; Kinnunen *et al.*, 2019).

2.4 Hipóteses de Pesquisa

Com base na literatura revisada, propõem-se as seguintes hipóteses para investigação:

- H1: Existe uma relação positiva entre o Produto Interno Bruto *per capita* e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Ainda que pareça redundante, é importante verificar se há desvios causados por diferenças no acesso a educação e saúde.
- H2: Há uma relação positiva entre o uso de maquinário agrícola e o IDH, indicando que a mecanização pode contribuir para o desenvolvimento humano.
- H3: Existe uma relação negativa entre a participação da agricultura, silvicultura e pesca no PIB e o IDH, sugerindo que economias excessivamente dependentes do setor agropecuário enfrentam desafios no desenvolvimento humano. Ainda que haja países desenvolvidos dependentes da agropecuária com estruturas econômicas avançadas e amplamente diversificadas, estes são exceções que permitem manter esta hipótese.
- H4: Existe uma relação positiva entre a produção de alimentos e o IDH, demonstrando que o aumento na produção agrícola pode melhorar o desenvolvimento humano.
- H5: Existe uma relação positiva entre a conservação ambiental (medida pela área florestal) e o IDH, indicando que a preservação ambiental é um fator importante para o desenvolvimento humano sustentável.
- H6: Existe uma relação negativa entre o uso de fertilizantes químicos e o IDH, sugerindo que práticas agrícolas intensivas em insumos químicos podem reduzir o ganho em desenvolvimento humano.
- H7: Há uma relação positiva entre as retiradas anuais de água para agricultura e o IDH, indicando que este fator pode apresentar que há grande produção agrícola que pode ser um determinante para o desenvolvimento humano nesses contextos.
- H8: Existe uma relação positiva entre o acesso a combustíveis e tecnologias limpas para cozinhar na área rural, pois países que são menos dependentes de combustíveis sujos (*unclean*) em áreas rurais estão em um estágio mais avançado de desenvolvimento humano.
- H9: Existe uma relação positiva entre o acesso à eletricidade em áreas rurais e o IDH, destacando a importância da eletrificação rural para a melhoria das condições de vida e o desenvolvimento humano.

Essas hipóteses são fundamentais para entender as complexas interações entre produtividade agrícola, conservação ambiental e equidade social, contribuindo para um modelo mais sustentável de desenvolvimento agrícola.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa adota uma abordagem quantitativa para avaliar o desenvolvimento sustentável na agricultura. A metodologia compreende uma revisão da literatura, coleta e análise

de dados, e a proposição de um modelo integrador para examinar as relações entre indicadores econômicos, ambientais e sociais.

Foi realizada uma revisão abrangente de estudos relevantes sobre produtividade agrícola, conservação ambiental e desenvolvimento humano na agricultura. A revisão incluiu bases de dados acadêmicas, periódicos científicos e outras fontes pertinentes, com o objetivo de identificar avanços recentes e lacunas no conhecimento existente.

A revisão de literatura utilizou o banco de dados *Scopus* e *Web of Science*, cobrindo o período de 2004 a 2024, pois observou-se um aumento significativo na produção acadêmica relacionada ao desenvolvimento sustentável, especialmente no setor agropecuário, devido à intensificação das discussões globais sobre mudanças climáticas, segurança alimentar e conservação ambiental. Coincide, também, com o avanço de políticas internacionais voltadas para os objetivos de desenvolvimento sustentável das Nações Unidas que ganharam traçar global após 2000.

Os indicadores de desenvolvimento foram coletados do Banco Mundial. A análise quantitativa foi conduzida utilizando métodos estatísticos, incluindo análise de dados em painel e correlação, com o auxílio do software *RStudio*. A análise envolveu a interpretação de padrões emergentes e a discussão das implicações das práticas agrícolas estudadas.

Definiram-se as variáveis consideradas importantes para explicar o desenvolvimento humano na agricultura. Foram avaliadas a disponibilidade e a adequação dos dados para garantir que a amostra fosse grande o suficiente para se ter significância estatística assintótica e um painel balanceado. Desse modo foram selecionadas as 30 maiores economias com base na disponibilidade de dados confiáveis do Banco Mundial para o período de 1992 a 2022. As variáveis foram escolhidas e justificadas com base na literatura, conforme detalhado no Quadro 1.

Quadro 1 – Definição de variáveis e sinal esperado

Variável dependente: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)		
Variável independente	Relação Esperada (Sinal)	Pesquisas anteriores
PIB <i>per capita</i> em US\$ (GDPpc)	+	Gsim; Es-Saked, 2024; Janik; Tóth-Naár, 2021; Kraemer <i>et al.</i> , 2020; Loft, 2021; Schwegler, 2021
Valor adicionado da Agricultura, silvicultura e pesca no PIB em US\$ (AGRI)	-	Bhatia; Cumming, 2020; Fakhri; Alqahtani; Jamee, 2024; Fossaceca, 2020; Madi <i>et al.</i> , 2020; Tanjung, 2021
Maquinário Agrícola em trator/m ² de área arável (LM)	+	Dhahri; Omri, 2020; Madi <i>et al.</i> , 2020; Shen; Zhao; Song, 2022
Produtividade agrícola % (<i>Food Production Index</i>) – (PROD)	+	Awad, 2023; Loft, 2021; Moreira, 2020; Mughal; Sers, 2020
Conservação ambiental (área florestal em km ²) – (FOREST)	+	Chhibber, 2020; Dextre-Martinez <i>et al.</i> , 2024; Loft, 2021; Shaqiri; Vasa, 2020; Stoian; Brad; Zaharia, 2022
Consumo de Fertilizantes (kg/há de terra arável) – (FERT)	-	Chen <i>et al.</i> , 2021; Lobo <i>et al.</i> , 2020; Stoian; Brad; Zaharia, 2022; Stenberg, 2023

Retirada Anual de Água Potável (% do total de água potável) – (WATER)	+	Marín Puyuelo, 2023; Shen; Zhao; Song, 2022; Simpson <i>et al.</i> , 2023
Acesso a combustíveis limpos (% da população) – (CCLEAN)	+	Acheampong; Erdiaw-Kwasie; Abunyewah, 2021; Batbyamba, 2022; Brecha, 2019; Khan <i>et al.</i> 2024
Acesso a eletricidade em áreas rurais (% da população rural) – (ACELEC)	+	Batbyamba, 2022; Marín Puyuelo, 2023; Sarkodie; Adams, 2020; Shen; Zhao; Song, 2022; Simpson <i>et al.</i> , 2023

Fonte: elaborado pelos autores com base na literatura (2024).

A análise dos dados foi realizada por meio de um modelo de efeitos fixos, após testes de Breusch-Pagan e Hausman. A equação proposta para avaliar o desenvolvimento sustentável integrou indicadores econômicos, ambientais e sociais. Os coeficientes da equação foram determinados com base na literatura e na análise estatística dos dados. A equação foi utilizada para verificar a validade das hipóteses propostas sobre o desempenho das práticas agrícolas.

A equação 1 integra os indicadores econômicos, ambientais e sociais para avaliar o desenvolvimento, conforme a metodologia descrita, podendo ser formalizada como:

$$IDH_{it} = \beta_0 + \beta_1(GDPPC)_{it} + \beta_2(AGRI)_{it} + \beta_3(LM)_{it} + \beta_4(PROD)_{it} + \beta_5(FOREST)_{it} + \beta_6(FERT)_{it} + \beta_7(WATER)_{it} + \beta_8(ACCLEAN)_{it} + \beta_9(ACELEC)_{it} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

Os coeficientes (β_i) contribuem na indicação da magnitude e direção do efeito da respectiva variável independente sobre o IDH. A equação permitiu testar se as variáveis selecionadas contribuem significativamente para explicar a variação no IDH, proporcionando *insights* sobre as práticas agrícolas sustentáveis e suas implicações no desenvolvimento econômico, social e ambiental. A estrutura formal do modelo tem por base Wooldridge (2010), em que pode ser encontrado de forma mais detalhada a formalização do modelo aqui aplicado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentados incluem estatísticas descritivas de diferentes variáveis relacionadas ao desenvolvimento humano, econômico e ambiental, conforme segue na Tabela 1:

Tabela 1 – Estatísticas Descritivas de Indicadores Econômicos, Ambientais e de Desenvolvimento Humano

	IDH	GDPpc	AGRI	LM	PROD
Min	0,44	301,5	0,55	1,85	39,58
1º Q	0,75	7618,6	1,40	146,39	83,01
Mediana	0,85	23670,7	2,45	590,45	94,37
Média	0,82	26000	4,65	846,53	91,26
3º Q	0,90	40781,9	5,66	1232,94	100,77
Max	0,96	103553,8	27,05	4707,97	185,23
Indisponíveis			28	512	8
	FOREST	FERT	WATER	ACCLEAN	ACELEC
Min	0,045	9,26	0,15	1,8	36,06
1º Q	12,55	103,32	10,65	84,83	100
Mediana	30,27	177,40	55,19	100	100
Média	30,19	250,79	45,33	87,99	96,9
3º Q	38,70	294,12	73,93	100	100
Max	69,55	1886,03	95,94	100	100
Indisponíveis	8	2	71	240	25

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os dados mostram variações significativas entre países em termos de desenvolvimento humano, riqueza, uso de recursos naturais e infraestrutura. A ampla variabilidade nas variáveis econômicas e ambientais reflete disparidades no desenvolvimento econômico, nas práticas agrícolas e no acesso a recursos essenciais, como água limpa e eletricidade. A distribuição assimétrica de algumas variáveis, como o PIB *per capita* e o uso de fertilizantes químicos, destaca as diferenças extremas entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. As médias próximas das medianas para variáveis como cobertura florestal e produtividade agrícola indicam uma distribuição mais uniforme em torno de certos valores medianos.

Considerando o resultado da análise de dados em painel, a investigação resultou nas relações entre variáveis econômicas, agrícolas, ambientais e de equidade social e o IDH em 160 observações, utilizando o modelo de efeitos fixos. Esse modelo foi identificado como o mais adequado após a realização dos testes de Lagrange Multiplier (Breusch-Pagan) e Hausman, que indicaram $p < 0,05$, sugerindo que o modelo de efeitos fixos apresenta maior consistência em relação ao modelo de efeitos aleatórios.

Os testes de Breusch-Pagan e Hausman apresentados na Tabela 2 indicam a presença de efeitos significativos no modelo e a inconsistência do modelo de efeitos aleatórios, justificando a escolha do modelo de efeitos fixos. O teste de Lagrange Multiplier (Breusch-Pagan) apresenta um valor de qui-quadrado de 200,65 ($p < 2,2e-16$), enquanto o teste de Hausman aponta um qui-quadrado de 49,314 ($p = 1,449e-07$), reforçando a adequação do modelo de efeitos fixos para a análise.

Com base nesses resultados, apresentamos na sequência as estimativas geradas pelo modelo de efeitos fixos, conforme detalhado na Tabela 2.

Tabela 2 – Estimativas em painel (a variável resposta é o IDH)

Variável Dependente	HDI		
Variável Independente	Coeficiente	Erro Padrão	Significância
GDPPC	0.00000	(0.00000)	***
AGRI	-0.003	(0.001)	***
LM	0.0001	(0.00001)	***
PROD	0.001	(0.0002)	***
FOREST	0.006	(0.002)	**
FERT	-0.0001	(0.00003)	**
WATER	-0.0002	(0.0005)	
ACCLEAN	-0.0004	(0.0004)	
ACELEC	0.002	(0.001)	***
Observações	160		
R2	0.720		
R2 Ajustada	0.644		
F-Estática	35.749		***

Nota: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Teste	Estatística Qui-Quadrado	Graus de Liberdade	Valor-p	Hipótese Alternativa
Lagrange Multiplier Test (BP)	200.65	1	< 2.2e-16	Efeitos significativos
Hausman Test	49.314	9	1.449e-07	Um modelo é inconsistente

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os resultados indicam relações significativas, que são discutidas a seguir:

1. **PIB per capita (GDPPC):** Foi encontrada uma relação positiva e significativa ($p<0,01$) entre o PIB per capita e o IDH, corroborando a hipótese (H1) de que um PIB per capita mais alto está associado a um IDH mais elevado. Isso reforça a ideia de que o crescimento econômico, medido pelo PIB per capita, contribui para melhorias nas condições sociais e de qualidade de vida da população.

2. **Uso de maquinário agrícola (LM):** Foi identificada uma relação positiva e significativa ($p<0,01$) entre o uso de maquinário agrícola por área de terra arável e o IDH. Esse achado corrobora H2 de que o aumento do uso de maquinário agrícola teria um impacto positivo no IDH. Isso sugere que o uso de tecnologia na agricultura pode estar associado a ganhos de eficiência e produtividade que contribuem para o desenvolvimento humano.

3. **Participação da agricultura no PIB (AGRI):** A análise mostrou uma relação negativa significativa ($p<0,01$) entre a participação da agricultura no PIB e o IDH. Isso indica que uma maior dependência da economia na agricultura pode estar associada a um IDH mais baixo. Este resultado pode sugerir que economias muito dependentes do setor agrícola enfrentam desafios estruturais que limitam seu desenvolvimento humano, como baixa diversificação econômica e vulnerabilidade a choques externos.

4. **Produção de alimentos (PROD):** A produção de alimentos mostrou uma relação positiva significativa ($p<0,01$) com o IDH, confirmando H4 de que uma maior produtividade

agrícola está associada a um maior desenvolvimento humano. Isso sugere que aumentos na produtividade agrícola, possivelmente decorrentes de melhores práticas e tecnologias, podem contribuir para a segurança alimentar e o bem-estar econômico.

5. **Área florestal (FOREST):** Houve uma relação positiva significativa ($p<0,05$) entre a porcentagem de área coberta por florestas e o IDH, sugerindo que a conservação florestal está associada a níveis mais elevados de desenvolvimento humano. Este resultado reflete a importância da preservação ambiental como um componente crítico para a sustentabilidade e qualidade de vida.

6. **Consumo de fertilizantes (FERT):** Uma relação negativa significativa ($p<0,05$) foi observada entre o consumo de fertilizantes e o IDH. Este resultado corrobora a H6 de que o aumento do consumo de fertilizantes químicos, especialmente em excesso, pode ter impactos adversos na sustentabilidade ambiental e, consequentemente, no desenvolvimento humano. O uso intensivo de fertilizantes pode levar à degradação do solo e contaminação da água, reduzindo a qualidade de vida das populações rurais.

7. **Retirada de água para a agricultura (WATER):** Não foi identificada uma relação significativa entre a retirada de água doce para uso agrícola e o IDH, rejeitando H7. Esse resultado pode estar relacionado a variações nos contextos regionais, onde em algumas regiões a agricultura sustentável não depende da alta retirada de água, ao contrário do que ocorre em outras.

8. **Acesso a combustíveis e tecnologias limpas (ACCLEAN):** A variável de acesso a combustíveis e tecnologias limpas para cozinhar em áreas rurais não apresentou significância estatística ($p > 0,1$) rejeitando H8. Embora a hipótese inicial sugerisse uma relação positiva com o IDH, os resultados indicam que, neste modelo específico, a variável não é um determinante claro para o desenvolvimento humano.

9. **Acesso à eletricidade (ACELEC):** A relação positiva e significativa ($p<0,01$) encontrada entre o acesso à eletricidade em áreas rurais e o IDH confirma a H9 de que a eletrificação rural está associada a um maior desenvolvimento humano. Este resultado destaca a importância da infraestrutura básica para melhorar a qualidade de vida nas áreas rurais, promovendo maior equidade social.

Os resultados da análise evidenciam que múltiplos fatores influenciam o desenvolvimento humano de maneira complexa. A relação positiva entre o PIB *per capita* e o IDH reafirma a relevância do crescimento econômico como motor de melhorias sociais. No entanto, a dependência excessiva da agricultura tradicional parece estar associada a um menor desenvolvimento humano, sugerindo a necessidade de políticas que incentivem a diversificação econômica.

Por outro lado, a conservação ambiental, representada pela área florestal, mostra-se fundamental para o desenvolvimento humano sustentável, reforçando a importância de políticas que integrem produtividade agrícola com práticas de preservação. O uso de tecnologias, tanto na produção agrícola quanto no acesso a serviços essenciais como eletricidade, desempenha um papel positivo, indicando que a inovação e a infraestrutura são fundamentais para alcançar níveis mais altos de IDH.

Esses achados sugerem que políticas de desenvolvimento sustentável devem equilibrar crescimento econômico com práticas ambientais e sociais saudáveis. Investimentos

em tecnologias agrícolas eficientes, promoção de energia limpa e melhorias na infraestrutura rural são estratégicos para elevar o IDH, ao mesmo tempo em que se preserva o meio ambiente e se promovem condições de vida mais justas.

5 CONCLUSÃO

Os resultados da análise dos dados em painel utilizando modelos de efeitos fixos sugerem que a maioria das variáveis identificadas na literatura influencia significativamente o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). No entanto, as retiradas anuais de água para a agricultura e o acesso a combustíveis limpos e tecnologias para cozinhar no meio rural não mostraram significância estatística. Isso pode indicar que, ao considerar as maiores economias de 1992 a 2022, há um conjunto de variáveis que podem ser extrapoladas para outras economias, sugerindo que fatores semelhantes tendem a causar efeitos parecidos no IDH em diferentes contextos econômicos.

É importante ressaltar que a crescente participação do agronegócio (incluindo agricultura, silvicultura e pesca) no Produto Interno Bruto (PIB) pode ter efeitos adversos sobre o IDH, indicando que economias excessivamente dependentes da agricultura enfrentam desafios significativos para melhorar seu desenvolvimento humano. Portanto, enquanto a mecanização agrícola pode contribuir positivamente para o desenvolvimento, é fundamental que os aumentos na produção de alimentos ocorram por meio de ganhos em produtividade, minimizando o uso intensivo de insumos químicos como fertilizantes, que podem reduzir os avanços no IDH.

A conservação ambiental, representada pela área florestal, mostrou uma correlação positiva com o IDH, reforçando a importância da preservação ambiental como componente essencial para um desenvolvimento sustentável. Embora o uso da água na agricultura não tenha se mostrado uma preocupação central para o desenvolvimento humano nas 30 economias estudadas, ele pode ser um fator mais relevante em economias menores, onde os recursos hídricos são mais limitados.

O acesso à eletricidade em áreas rurais demonstrou uma relação positiva significativa com o IDH, sublinhando a relevância da eletrificação rural para a melhoria das condições de vida e desenvolvimento humano dos trabalhadores do campo. Por outro lado, o acesso a combustíveis e tecnologias limpas para cozinhar em áreas rurais não se mostrou estatisticamente significativo, o que sugere que outros fatores podem ser mais determinantes para a equidade social nesses contextos.

Em síntese, o estudo confirmou que fatores econômicos, tecnológicos e ambientais desempenham papéis de fundamental importância no desenvolvimento humano. A análise evidenciou que, embora a mecanização e a produtividade no setor agropecuário possam trazer benefícios, práticas agrícolas intensivas e uma alta dependência do agronegócio podem gerar efeitos negativos. A preservação ambiental e a infraestrutura rural, especialmente no que diz respeito ao acesso à energia, são fundamentais para promover um desenvolvimento humano mais equitativo e sustentável.

REFERÊNCIAS

ACHEAMPONG, A. O.; ERDIAW-KWASIE, M. O.; ABUNYEWAH, M. Does energy accessibility improve human development? Evidence from energy-poor regions. *Energy Economics*, v. 96, p. 105165, 2021. DOI: [10.1016/j.eneco.2021.105165](https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105165). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140988321000700?via%3Dhub>. Acesso em: 25 mai. 2024.

ANDERSON, C. R. *et al.* **Agroecology now!**: Transformations towards more just and sustainable food systems. Springer Nature, 2021. DOI: [10.1007/s10460-022-10308-3](https://doi.org/10.1007/s10460-022-10308-3). Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-61315-0>. Acesso em: 10 jun. 2024.

ANEJA, V. P.; SCHLESINGER, W. H.; ERISMAN, J. W. Effects of agriculture upon the air quality and climate: research, policy, and regulations. *Environmental Science & Technology*, v. 43, n. 12, 2009. DOI: [10.1021/es8024403](https://doi.org/10.1021/es8024403). Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es8024403>. Acesso em: 15 abr. 2024.

AWAD, A. The determinants of food insecurity among developing countries: Are there any differences?. *Scientific African*, v. 19, p. e01512, 2023. DOI: [10.1016/j.sciaf.2022.e01512](https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2022.e01512). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227622004161>. Acesso em: 12 ago. 2024.

BARRETT, C. B. Overcoming global food security challenges through science and solidarity. *American Journal of Agricultural Economics*, v. 103, n. 2, p. 422-447, 2021. DOI: [10.1111/ajae.12160](https://doi.org/10.1111/ajae.12160). Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ajae.12160>. Acesso em: 05 jun. 2024.

BATBYAMBA, Gankhet. **Effects of Energy Access on Human Development**. 2024. Tese de Doutorado. Universidade de Debrecen, Hungria. Disponível em: <https://hdl.handle.net/2437/373954>. Acesso em: 20 set. 2024.

BHATIA, N.; CUMMING, G. S. Deforestation and economic growth trends on oceanic islands highlight the need for meso-scale analysis and improved mid-range theory in conservation. *Ecology and Society*, v. 25, 2020. DOI: [10.5751/ES-11713-250310](https://doi.org/10.5751/ES-11713-250310). Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol25/iss3/art10/>. Acesso em: 18 abr. 2024.

BRECHA, R. Electricity access threshold for meeting non-energy SDG targets. *European Journal of Sustainable Development*, v. 8, n. 4, p. 90-90, 2019. DOI: [10.14207/ejsd.2019.v8n4p90](https://doi.org/10.14207/ejsd.2019.v8n4p90). Disponível em: <https://ecsdev.org/ojs/index.php/ejsd/article/view/848>. Acesso em: 02 mai. 2024.

CHEN, Z. *et al.* Impacts from economic development and environmental factors on life expectancy: A comparative study based on data from both developed and developing countries from 2004 to 2016. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 18, n. 16, p. 8559, 2021. DOI: [10.3390/ijerph18168559](https://doi.org/10.3390/ijerph18168559). Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/18/16/8559>. Acesso em: 28 jun. 2024.

CHHIBBER, A. **Measuring Human Development for the Anthropocene**. UNDP Human Development Report Office, 2020. Disponível em: <https://hdr.undp.org/system/files/documents/2020hdpchhibber.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2024.

D'AMATO, D.; KORHONEN, J. Integrating the green economy, circular economy and bioeconomy in a strategic sustainability framework. *Ecological Economics*, v. 188, p. 107143, 2021. DOI: [10.1016/j.ecolecon.2021.107143](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107143). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800921002019>. Acesso em: 07 jul. 2024.

DHAHRI, S.; OMRI, A. Foreign capital towards SDGs 1 & 2—Ending Poverty and hunger: The role of agricultural production. *Structural Change and Economic Dynamics*, v. 53, p. 208-221, 2020. DOI: [10.1016/j.strueco.2020.02.004](https://doi.org/10.1016/j.strueco.2020.02.004). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0954349X19302358>. Acesso em: 03 mai. 2024.

DEXTRE-MARTINEZ, W. *et al.* Human Development Based on the Competitiveness of the Peruvian Region of Ancash, 2008–2021. In: **Technological Innovations for Business, Education and Sustainability**. Emerald Publishing Limited, 2024, p. 283-296. DOI: [10.1108/978-1-83753-106-620241019](https://doi.org/10.1108/978-1-83753-106-620241019). Disponível em: <https://www.emerald.com/books/edited-volume/17318/chapter-abstract/94287406/Human-Development-Based-on-the-Competitiveness-of?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 18 ago. 2024.

FAKHRI, I.; ALQAHTANI, M.; JAMEE, A. Effects of CO₂ Emissions on the Human Development Index: Application to

the Case of the Kingdom of Saudi Arabia and Other Developed Countries. **Journal of the Knowledge Economy**, p. 1-32, 2024. DOI: [10.1007/s13132-023-01727-6](https://doi.org/10.1007/s13132-023-01727-6). Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13132-023-01727-6>. Acesso em: 10 set. 2024.

FOSSACECA, A. Assessing the determinants of the human development index in oil-dependent nations.

Undergraduate Economic Review, v. 16, n. 1, p. 19, 2020. Disponível em: <https://digitalcommons.iwu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1512&context=uer>. Acesso em: 12 abr. 2024.

GARCIA, S. N.; OSBURN, B. I.; JAY-RUSSELL, M. T. One health for food safety, food security, and sustainable food production. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 1, 2020. DOI: [10.3389/fsufs.2020.00001](https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00001). Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2020.00001/full>. Acesso em: 01 mai. 2024.

GERMAN, L.A. et al. "Inclusive business" in agriculture: Evidence from the evolution of agricultural value chains. **World Development**, v. 134, p. 105018, 2020. DOI: [10.1016/j.worlddev.2020.105018](https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105018). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0305750X20301443?via%3Dihub>. Acesso em: 04 mai. 2024.

GILLER, K. E. et al. The future of farming: Who will produce our food?. **Food Security**, v. 13, n. 5, p. 1073-1099, 2021. DOI: [10.1007/s12571-021-01184-6](https://doi.org/10.1007/s12571-021-01184-6). Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12571-021-01184-6>. Acesso em: 15 jul. 2024.

GSIM, J.; ES-SADEK, M. Z. Machine Learning Projections for Human Development Index Anticipation. **Research Square**, 14 May 2024, PREPRINT (Version 1), 2024. DOI: [10.21203/rs.3.rs-4376154/v1](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4376154/v1). Disponível em: <https://www.researchsquare.com/article/rs-4376154/v1>. Acesso em: 22 ago. 2024.

HAMEED, M. A. **From Drought to Food-Energy-Water-Security Nexus: An Assessment of Food Insecurity in the Middle East**. 2019. Tese de Doutorado. Portland State University, Portland. Disponível em: https://pdxscholar.library.pdx.edu/open_access_etds/4682/. Acesso em: 14 abr. 2024.

HYSA, E. et al. Circular economy innovation and environmental sustainability impact on economic growth: an integrated model for sustainable development. **Sustainability**, Basel, v. 12, n. 12, p. 4831, 2020. DOI: [10.3390/su12124831](https://doi.org/10.3390/su12124831). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su12124831>. Acesso em: 16 abr. 2024.

IBRAHIM, B. Social media marketing activities and brand loyalty: a meta-analysis examination. **Journal of Promotion Management**, v. 28, n. 1, p. 60-90, 2022. DOI: [10.1080/10496491.2021.1955080](https://doi.org/10.1080/10496491.2021.1955080). Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10496491.2021.1955080>. Acesso em: 29 mai. 2024.

IKRAM, M. et al. Assessing green technology indicators for cleaner production and sustainable investments in a developing country context. **Journal of Cleaner Production**, v. 322, p. 129090, 2021. DOI: [10.1016/j.jclepro.2021.129090](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129090). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652621032790?via%3Dihub>. Acesso em: 09 jun. 2024.

JANKER, J.; MANN, S. Understanding the social dimension of sustainability in agriculture: a critical review of sustainability assessment tools. **Environment, Development and Sustainability**, v. 22, n. 3, p. 1671-1691, 2020. DOI: [10.1007/s10668-018-0282-0](https://doi.org/10.1007/s10668-018-0282-0). Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10668-018-0282-0>. Acesso em: 11 mai. 2024.

JAVOID, M. et al. Understanding the adoption of Industry 4.0 technologies in improving environmental sustainability. **Sustainable Operations and Computers**, v. 3, p. 203-217, 2022. DOI: [10.1016/j.susoc.2022.01.008](https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.01.008). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666412722000071?via%3Dihub>. Acesso em: 06 jun. 2024.

JANIK, H.; TÓTH-NAÁR, Z. Macroeconomic indicators and student mobility: a case study of the African countries most actively involved in FAO student mobility. **Economic Annals-XXI/Ekonomični Časopis-XXI**, v. 190, 2021. DOI: [10.21003/ea.V190-07](https://doi.org/10.21003/ea.V190-07). Disponível em: <https://ea21journal.world/index.php/ea-v190-07/>. Acesso em: 21 jul. 2024.

JIAKUI, C. et al. Green technological innovation, green finance, and financial development and their role in green total factor productivity: Empirical insights from China. **Journal of Cleaner Production**, v. 382, p. 135131, 2023. DOI: [10.1016/j.jclepro.2022.135131](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135131). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622047059?via%3Dihub>. Acesso em: 14 ago. 2024.

KAMBLE, S. S.; GUNASEKARAN, A.; GAWANKAR, S. A. Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: a review for research and applications. **International Journal of Production Economics**, v. 219, p. 179-194, 2020. DOI: [10.1016/j.ijpe.2019.05.022](https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.05.022). Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527319302038> . Acesso em: 25 abr. 2024.

KANNAN, D.; SHANKAR, K. M.; GHOLIPOUR, P. Paving the way for a green transition through mitigation of green manufacturing challenges: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 368, p. 132578, 2022. DOI: [10.1016/j.jclepro.2022.132578](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132578) . Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622021783> . Acesso em: 28 jun. 2024.

KHAN, Z. *et al.* Economic Growth, Access to Clean Fuels & Technologies for Cooking, and Renewable Energy Consumption: Case of South Asian Economies. **iRASD Journal of Energy & Environment**, v. 5, n. 1, p. 12-23, 2024. DOI: [10.52131/jee.2024.0501.0042](https://doi.org/10.52131/jee.2024.0501.0042) . Disponível em:

<https://journals.internationalrasd.org/index.php/jee/article/view/2282> . Acesso em: 05 set. 2024.

KINNUNEN, J.; ANDRONICEANU, A.; GEORGESCU, I. The role of economic and political features in classification of countries in transition by Human Development Index. **Informatica Economică**, v. 23, n. 4, p. 26-40, 2019. DOI: [10.12948/issn14531305/23.4.2019.03](https://doi.org/10.12948/issn14531305/23.4.2019.03) . Disponível em: <https://revistaie.ase.ro/content/92/03%20-%20kinnunen,%20georgescu.pdf> . Acesso em: 14 abr. 2024.

KRAEMER, G. *et al.* The low dimensionality of development. **Social Indicators Research**, v. 150, p. 999-1020, 2020. DOI: [10.1007/s11205-020-02349-0](https://doi.org/10.1007/s11205-020-02349-0) . Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11205-020-02349-0> . Acesso em: 23 abr. 2024.

LAL, R. *et al.* Soils and sustainable development goals of the United Nations: An International Union of Soil Sciences perspective. **Geoderma Regional**, v. 25, p. e00398, 2021. DOI: [10.1016/j.geodrs.2021.e00398](https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00398) . Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352009421000432?via%3Dihub> . Acesso em: 02 jul. 2024.

LI, H. *et al.* What drives the environmental performance? Evidence from asian countries. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 30, n. 4, p. 3685-3697, 2021. DOI: <https://doi.org/10.22004/ag.econ.304593> [10.1524/pjoes.131155](https://doi.org/10.1524/pjoes.131155) . Disponível em: <https://www.pjoes.com/pdf-131155-66962?filename=What%20Drives%20the.pdf> . Acesso em: 12 jun. 2024.

LOBO, G. D. *et al.* Could the agrochemical poisoning increase suicide attempts in the Brazilian rural areas? An econometric approach using spatial analysis methods. **AgEcon Search**, 2020. DOI: [10.22004/ag.econ.304593](https://doi.org/10.22004/ag.econ.304593) . Disponível em: <https://ageconsearch.umn.edu/record/304593> . Acesso em: 19 abr. 2024.

LOFT, M. A Statistical Analysis Regarding The Sustainable Development Goals and Life Expectancy. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (*Degree Projects in Applied Mathematics and Industrial Economics*). KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, 2021. Disponível em: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1652587/FULLTEXT01.pdf> . Acesso em: 27 abr. 2024.

LU, J. *et al.* Assessment of corporate social responsibility by addressing sustainable development goals. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, v. 28, n. 2, p. 686-703, 2021. DOI: [10.1002/csr.2081](https://doi.org/10.1002/csr.2081) . Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/csr.2081> . Acesso em: 04 jul. 2024.

MADI, M. S. A. *et al.* Impact of agricultural productivity on economic growth and poverty alleviation in ecowas countries: an empirical analysis. **Journal of Scientific Reports**, v. 2, n. 1, p. 97-125, 2020. DOI: [10.5281/zenodo.3935367](https://doi.org/10.5281/zenodo.3935367) . Disponível em: <https://www.ijsab.com/jsr-volume-2-issue-1/3094> . Acesso em: 26 abr. 2024.

MARÍN PUYUELO, P. **Drivers of poverty in nowadays world**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Matemática e Estatística). Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona. Disponível em: <https://hdl.handle.net/2117/407694> . Acesso em: 13 ago. 2024.

MENTON, M. *et al.* Environmental justice and the SDGs: from synergies to gaps and contradictions. **Sustainability Science**, v. 15, p. 1621-1636, 2020. DOI: [10.1007/s11625-020-00789-8](https://doi.org/10.1007/s11625-020-00789-8) . Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-020-00789-8> . Acesso em: 30 abr. 2024.

METWALLY, A. B. M.; NABIL, S. M.; YASSER, M. M. Hydropower & HDI Nexus in Nordic Countries Using VAR Techniques. **Economies**, v. 12, n. 3, p. 60, 2024. DOI: [10.3390/economies12030060](https://doi.org/10.3390/economies12030060). Disponível em: <https://doi.org/10.3390/economies12030060>. Acesso em: 17 set. 2024.

MIO, C.; PANFILO, S.; BLUNDO, B. Sustainable development goals and the strategic role of business: A systematic literature review. **Business Strategy and the Environment**, v. 29, n. 8, p. 3220-3245, 2020. DOI: [10.1002/bse.2568](https://doi.org/10.1002/bse.2568). Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bse.2568>. Acesso em: 08 mai. 2024.

MOREIRA, R. M. Geographic Information Systems as a Tool to Display Agribusiness and Human Development Synergy. In: LEAL FILHO, W.; BORGES DE BRITO, P.; FRANKENBERGER, F. (org.). **International Business, Trade and Institutional Sustainability**. Cham: Springer, 2020. p. 267–280. (World Sustainability Series). DOI: [10.1007/978-3-03-26759-9_18](https://doi.org/10.1007/978-3-03-26759-9_18). Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-03-26759-9_18. Acesso em: 20 mai. 2024.

MOVILLA-PATEIRO, L. *et al.* Toward a sustainable metric and indicators for the goal of sustainability in agricultural and food production. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 7, p. 1108-1129, 2021. DOI: [10.1080/10408398.2020.1754161](https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1754161). Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2020.1754161>. Acesso em: 11 jun. 2024.

MUGHAL, M.; FONTAN SERS, C. Cereal production, undernourishment, and food insecurity in South Asia. **Review of Development Economics**, v. 24, n. 2, p. 524-545, 2020. DOI: [10.1111/rode.12659](https://doi.org/10.1111/rode.12659). Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/rode.12659>. Acesso em: 03 mai. 2024.

OBERČ, B. P.; ARROYO SCHNELL, A. **Approaches to sustainable agriculture**: exploring the pathways towards the future of farming. Brussels: IUCN, European Regional Office, 2020. xviii, 70 p. ISBN 978-2-8317-2054-8. DOI: [10.2305/IUCN.CH.2020.07.en](https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.07.en). Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/node/49054>. Acesso em: 07 mai. 2024.

PADILLA-RIVERA, A.; RUSSO-GARRIDO, S.; MERVEILLE, N. Addressing the social aspects of a circular economy: A systematic literature review. **Sustainability**, v. 12, n. 19, p. 7912, 2020. DOI: [10.3390/su12197912](https://doi.org/10.3390/su12197912). Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/19/7912>. Acesso em: 22 mai. 2024.

PAGE, K. L.; DANG, Y. P.; DALAL, R. C. The ability of conservation agriculture to conserve soil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological properties and yield. **Frontiers in sustainable food systems**, v. 4, p. 31, 2020. DOI: [10.3389/fsufs.2020.00031](https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00031). Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2020.00031/full>. Acesso em: 29 abr. 2024.

PIÑEIRO, V. *et al.* A scoping review on incentives for adoption of sustainable agricultural practices and their outcomes. **Nature Sustainability**, v. 3, n. 10, p. 809-820, 2020. DOI: [10.1038/s41893-020-00617-y](https://doi.org/10.1038/s41893-020-00617-y). Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41893-020-00617-y>. Acesso em: 01 jun. 2024.

PINGALI, P.; PLAVŠIĆ, M. Hunger and environmental goals for Asia: Synergies and trade-offs among the SDGs. **Environmental Challenges**, v. 7, p. 100491, 2022. DOI: [10.1016/j.envc.2022.100491](https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100491). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667010022000518?via%3Dihub>. Acesso em: 14 jul. 2024.

PIROLI, Edson Luís; ELIAS, Adão Robson; ELIAS, Wanda Luquine. A contribuição do manejo integrado de bacias hidrográficas para a resiliência frente às mudanças climáticas: o caso das inundações no Rio Grande do Sul. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [s. l.], v. 21, n. 1, 15 ago. 2025. DOI 10.17271/1980082721120255778. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/5778. Acesso em: 25 ago. 2025.

RAIHAN, A. *et al.* An econometric analysis of Greenhouse gas emissions from different agricultural factors in Bangladesh. **Energy Nexus**, v. 9, p. 100179, 2023. DOI: [10.1016/j.nexus.2023.100179](https://doi.org/10.1016/j.nexus.2023.100179). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772427123000098?via%3Dihub>. Acesso em: 09 ago. 2024.

RASHEED, N. *et al.* Impact assessment of climate mitigation finance on climate change in South Asia. **Sustainability**, v. 15, n. 8, p. 6429, 2023. DOI: [10.3390/su15086429](https://doi.org/10.3390/su15086429). Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/8/6429>. Acesso em: 15 ago. 2024.

SANTOS, Luiz Fernando dos; ABRANTES, Ewerton Gonçalves de; MARCHI, Giuliano; MARTINS, Éder de Souza. Inovações na Fertilização do Solo e o Papel dos Remineralizadores. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, [s. l.], v. 21, n. 1, 8 jul. 2025. DOI 10.17271/1980082721120255744. Disponível em: https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/5744. Acesso em: 25 ago. 2025.

SARKODIE, S. A.; ADAMS, S. Electricity access, human development index, governance and income inequality in Sub-Saharan Africa. **Energy Reports**, v. 6, p. 455-466, 2020. DOI: [10.1016/j.egyr.2020.02.009](https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.02.009). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484719310443>. Acesso em: 18 mai. 2024.

SCHWEGLER, A. **Measurement of financial inclusion variation across ECA countries over 2014-2017**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bachelor of Science in Business Administration). Zurich University of Applied Sciences, Winterthur, 2021. Disponível em: <https://digitalcollection.zhaw.ch/server/api/core/bitstreams/46822009-f0d1-4222-ba35-35c612c77a44/content>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SCOONES, I. *et al.* Transformations to sustainability: combining structural, systemic and enabling approaches. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 42, p. 65-75, 2020. DOI: [10.1016/j.cosust.2019.12.004](https://doi.org/10.1016/j.cosust.2019.12.004). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343519300909?via%3Dihub>. Acesso em: 21 mai. 2024.

SHAQIRI, F.; VASA, L. Efficiency and sustainability questions of the agricultural production in Kosovo. **Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development**, v. 9, n. 1, p. 1-8, 2020. DOI: [10.2478/vjbsd-2020-0001](https://doi.org/10.2478/vjbsd-2020-0001). Disponível em: <https://sciendo.com/article/10.2478/vjbsd-2020-0001>. Acesso em: 12 mai. 2024.

SHEN, J.; ZHAO, Y.; SONG, J. Analysis of the regional differences in agricultural water poverty in China: Based on a new agricultural water poverty index. **Agricultural Water Management**, v. 270, p. 107745, 2022. DOI: [10.1016/j.agwat.2022.107745](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107745). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037837742200292X?via%3Dihub>. Acesso em: 27 jun. 2024.

SIMPSON, G. B. *et al.* An African perspective on the water-energy-food nexus. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 16842, 2023. DOI: [10.1038/s41598-023-43606-9](https://doi.org/10.1038/s41598-023-43606-9). Disponível em: <https://www-nature-com.ez50.periodicos.capes.gov.br/articles/s41598-023-43606-9>. Acesso em: 03 set. 2024.

STENBERG, E. **On the Effects of Gross Domestic Product on Life Expectancy in Sub-Saharan**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Técnicas). Aalto University, Otakaari, 2023. Disponível em: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202311146801>. Acesso em: 06 set. 2024.

STOIAN, M.; BRAD, L.; ZAHARIA, A. Drivers of the European Union's environmental performance. **Frontiers in Environmental Science**, v. 10, p. 954612, 2022. DOI: [10.3389/fenvs.2022.954612](https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.954612). Disponível em: <https://www.frontiersin.org/journals/environmental-science/articles/10.3389/fenvs.2022.954612/full>. Acesso em: 10 jul. 2024.

TANJUNG, M. Can we expect contribution from environmental, social, governance performance to sustainable development?. **Business Strategy & Development**, v. 4, n. 4, p. 386-398, 2021. DOI: [10.1002/bsd2.165](https://doi.org/10.1002/bsd2.165). Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bsd2.165>. Acesso em: 19 jun. 2024.

VELASCO-MUÑOZ, J. F. *et al.* Circular economy implementation in the agricultural sector: Definition, strategies and indicators. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 170, p. 105618, 2021. DOI: [10.1016/j.resconrec.2021.105618](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105618). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344921002275?via%3Dihub>. Acesso em: 08 jul. 2024.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. 2. Ed. Cambridge, MA: The MIT press, 2010.

XIE, H.; HUANG, Y. Influencing factors of farmers' adoption of pro-environmental agricultural technologies in China: Meta-analysis. **Land Use Policy**, v. 109, p. 105622, 2021. DOI: [10.1016/j.landusepol.2021.105622](https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105622). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264837721003458>. Acesso em: 13 jul. 2024.

YANG, T.; SIDDIQUE, K. H. M.; LIU, K. Cropping systems in agriculture and their impact on soil health-A review. **Global**

Ecology and Conservation, v. 23, p. e01118, 2020. DOI: [10.1016/j.gecco.2020.e01118](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01118). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989420304790?via%3Dihub>. Acesso em: 16 mai. 2024.

YURUI, L. *et al.* Towards the progress of ecological restoration and economic development in China's Loess Plateau and strategy for more sustainable development. **Science of The Total Environment**, v. 756, p. 143676, 2021. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.143676](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143676). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720372077?via%3Dihub>. Acesso em: 20 jul. 2024.

DECLARAÇÕES

CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTOR

Ao descrever a participação de cada autor no manuscrito, utilize os seguintes critérios:

- **Concepção e Design do Estudo:** Willian dos Santos Flores.
- **Curadoria de Dados:** Gabriela Vilela dos Santos Mantovani.
- **Análise Formal:** Willian dos Santos Flores, com apoio de Gabriela Vilela dos Santos Mantovani e Paulo Henrique de Oliveira Hoeckel.
- **Aquisição de Financiamento:** Willian dos Santos Flores (bolsista CAPES), Gabriela Vilela dos Santos Mantovani (bolsista FUNDECT-MS).
- **Investigação:** Willian dos Santos Flores e Gabriela Vilela dos Santos Mantovani.
- **Metodologia:** Willian dos Santos Flores, com apoio de Gabriela Vilela dos Santos Mantovani e Paulo Henrique de Oliveira Hoeckel.
- **Redação - Rascunho Inicial:** Willian dos Santos Flores, com contribuições de Gabriela dos Santos Mantovani.
- **Redação - Revisão Crítica:** Paulo Henrique de Oliveira Hoeckel, Jonathan Gonçalves da Silva e Clandio Favarini.
- **Revisão e Edição Final:** Gabriela Vilela dos Santos Mantovani, com contribuições de Willian dos Santos Flores.
- **Supervisão:** Paulo Henrique de Oliveira Hoeckel, Jonathan Gonçalves da Silva e Clandio Favarini.

DECLARAÇÃO DE CONFLITOS DE INTERESSE

Nós, **Willian dos Santos Flores, Gabriela Vilela dos Santos Mantovani, Paulo Henrique de Oliveira Hoeckel, Jonathan Gonçalves da Silva, Clandio Favarini Ruviraro**, declaramos que o manuscrito intitulado "**Determinantes Econômicos e Ambientais do Desenvolvimento Humano: Uma Análise de Dados em Painel das 30 Maiores Economias de 1992 a 2022**":

1. **Vínculos Financeiros:** Este estudo recebeu apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, código de financiamento 001) e da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT-MS). Nenhuma outra instituição ou entidade financiadora esteve envolvida no desenvolvimento do estudo.
2. **Relações Profissionais:** Os autores mantêm vínculos institucionais com a UFMS e a UFGD, onde atuam como servidores técnicos-administrativos ou docentes. Tais vínculos não influenciaram o desenho, análise ou interpretação dos resultados.
3. **Conflitos Pessoais:** Nenhum conflito de interesse pessoal relacionado ao conteúdo foi identificado.