

OS EFEITOS DA GLOBALIZAÇÃO NA PEGADA DA ÁREA FLORESTAL: UMA ABORDAGEM ARDL PARA O BRASIL

Moisés dos Santos Rocha⁽¹⁾
Lindomayara França Ferreira⁽²⁾

RESUMO

Este artigo tem como objetivo identificar os efeitos da globalização na Pegada do produto florestal e de carbono, utilizadas como *proxies* da Pegada Ecológica da Área da Florestal, para o contexto brasileiro. Em específico, verificar suas relações entre as principais dimensões da globalização (social, político e econômico). Para determinar o impacto de longo e curto prazo entre as variáveis, utiliza-se a abordagem *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL) de dados de séries temporais, entre o período de 1989-2018. Os principais resultados sugerem que o índice geral de globalização não apresenta efeito sobre a Pegada Ecológica da Área Florestal. Contudo, as dimensões da globalização desagregada – econômico, social e político – apresentam diferentes efeitos sobre a Pegada Ecológica da Área Florestal no curto e no longo prazo. Em conclusão, os resultados fornecem aos formuladores de políticas públicas indícios da importância do desenvolvimento de políticas multidimensionais com metas direcionadas para a preservação do meio ambiente e a mitigação das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Pegada Ecológica da Área Florestal; Globalização; Abordagem ARDL; Brasil.

ABSTRACT

This article aims to identify the effects of globalization on the forest product and carbon Footprint, used as proxies for the Ecological Footprint of the Forestry Area, for the Brazilian context. Specifically, to verify its relations between the main dimensions of globalization (social, political, and economic). To determine the long-term and short-term impact between the variables, the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) approach of time series data, between the period 1989-2018, is used. The main results suggest that the general globalization index has no effect on the Ecological Footprint of the Forest Area. However, the dimensions of disaggregated globalization – economic, social, and political – have different effects on the Ecological Footprint of the Forest Area in the short and long term. In conclusion, the results provide public policy makers with evidence of the importance of developing multidimensional policies with targets aimed at preserving the environment and mitigating climate change.

Keywords: Ecological Footprint of the Forest Area; Globalization; ARDL approach; Brazil.

Área de Submissão: Meio ambiente, recursos naturais e sustentabilidade.

Classificação JEL: F64; C22.

¹ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGE/UFJF) e pesquisador do Laboratório de Análises Territoriais e Setoriais (LATES/UFJF).

² Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Economia (PPGE/UFJF) e pesquisadora do Laboratório de Análises Territoriais e Setoriais (LATES/UFJF).

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, diferentes esforços foram realizados para a mitigação das mudanças climáticas antropogênicas, tornando-se necessário transformações estruturais profundas no modelo atual de desenvolvimento. Com um papel relevante para estabelecer compromissos, ampliar metas sustentáveis e obter tecnologias limpas, o efeito da globalização tem sido discutido na literatura teórica e empírica ([AHMED et al., 2019](#); [BILGILI et al., 2020](#)). Contudo, é possível identificar que não existe um consenso desse efeito sobre a Pegada Ecológica, pois as dimensões de natureza política, econômica e social podem variar entre os países ([FIGGE et al., 2017](#)).

Estudos anteriores analisaram o efeito da globalização em diferentes indicadores ambientais. Os autores [Baek et al. \(2009\)](#), identificaram que as consequências ambientais da globalização estão presentes nos países em desenvolvimento, seus resultados sugerem que a liberalização do comércio e o crescimento da renda pioram a qualidade ambiental desses países. Segundo [Wackernagel e Reed \(1996\)](#), a Pegada Ecológica é uma ferramenta abrangente para analisar o efeito das atividades humanas sobre o meio ambiente. Considerando quatro variantes da Pegada Ecológica como *proxy* de sustentabilidade, os autores [Figge et al. \(2017\)](#) mostram que a globalização intensifica tanto a desigualdade de renda dentro do país, quanto as pressões sobre o meio ambiente. Além disso, mostram que a globalização econômica intensifica a Pegada Ecológica, porém a globalização social a reduz.

No que se refere aos principais impulsionadores, os autores [Ahmed et al. \(2019\)](#), identificaram que na Malásia o consumo de energia e o crescimento econômico são fatores que intensificam a Pegada Ecológica, enquanto a densidade populacional e o desenvolvimento financeiro mitigam essa Pegada. Para a Turquia, [Bilgili et al. \(2020\)](#) destacam que o crescimento da globalização financeira, globalização política, globalização comercial, capital humano e estoque de capital reduzem o crescimento da Pegada Ecológica. Contudo, a globalização econômica e a social intensificam o crescimento dessa Pegada. Ressaltando, portanto, os diversos efeitos que a globalização pode exercer sobre a sustentabilidade ambiental.

Identificado como um país de elevada biocapacidade e potencial ambiental, o Brasil apresenta grandes desafios que precisam ser superados. Com um elevado índice de globalização (KOF) de 60,31³ em 2019, os dados da [SEEG Brasil \(2021\)](#) registraram uma ascensão desde 2010 da participação nas emissões de gases de efeito estufa (GEE). Em especial, nas emissões de CO₂ das atividades de uso da terra e florestas e das atividades de agropecuária, advindas do desmatamento, sobretudo na Amazônia e no Cerrado. De acordo com o Relatório da [SEEG \(2021\)](#), em 2020, enquanto as emissões de GEE dos demais países despencaram em quase 7% (devido à pandemia de Covid-19), as emissões brasileiras cresceram 9,5%, sinalizando estar caminhando na “contramão do mundo”.

Além disso, com um índice de desempenho ambiental ([EPI, 2022](#)⁴) de 43,6 pontos percentuais e ocupando a 42^a posição, o Brasil está na 133^a posição no que se refere aos objetivos da Política de Mudanças Climáticas. Ressaltando, portanto, suas fragilidades políticas no âmbito do desenvolvimento sustentável e da regulamentação ambiental.

Cabe destacar que, se por um lado, o uso de tecnologia inovadora induz as empresas nacionais a adotarem tecnologia mais limpa; por outro lado, os canais de comércio externo podem gerar a degradação da capacidade de produção da terra e até mesmo o esgotamento dos recursos – desencadeando atividade econômicas com efeito de escala ([AHMED et al., 2019](#);

³ Índice Geral de Globalização (KOF) de 60,31 em 100, Brasil. Disponível em: <<https://kof.ethz.ch/en/forecasts-and-indicators/indicators/kof-globalisation-index.html>>. 06/06/22.

⁴ *Environmental Performance Index* (EPI).

[BILGILI et al., 2020](#)). E nesta perspectiva bidirecional, a globalização pode apresentar diferentes impactos sobre a Pegada Ecológica.

Em linhas gerais, a Pegada Ecológica identifica a intensidade de uso por área de terra e água biologicamente produtivas, bem como, os resíduos gerados no processo de produção, utilizando a tecnologia predominante e as práticas de gestão de recursos. Os principais tipos de área para a biocapacidade são: terra cultivada, pastagens, áreas de pesca, terra construída e área florestal – captada por meio de duas outras médias, Pegada do produto florestal e Pegada de carbono ([GFN, 2022](#)). Sendo este último, objeto de estudo no presente artigo.

A área florestal cumpre um importante papel para a manutenção e o equilíbrio do ecossistema ([KAN et al., 2021](#)), de modo que, a exploração inapropriada de terras florestais podem acarretar danos irreversíveis para o planeta. Dentro desta perspectiva, o Brasil – entre oito países que abrangem a maior floresta tropical do mundo, a Amazônia – deve assumir uma dupla contribuição para o equilíbrio global: i) interromper as atividades de desmatamento e, ii) conservar e restaurar suas unidades de conservação florestal; a partir de políticas mais incisivas de aspectos regulatórios, normativos e informativos, assim como, a adoção de tecnologias sustentáveis ([ABRAMOVAY, 2019](#)). O que resultaria na redução significativa das emissões de CO₂ emitidas pelo país e no avanço das dimensões econômica-social-ambiental em direção a um desenvolvimento sustentável.

Diante da importância dessa problemática, até o presente momento, não foram identificados estudos empíricos sobre a relação entre Pegada da Área Florestal⁵ e dados de globalização – medidos pelo índice KOF – para o Brasil. Assim, espera-se que este artigo contribua para a literatura discutindo os efeitos da globalização na Pegada do produto florestal e de carbono, apresentando evidências empíricas para o contexto brasileiro. Além disso, propõe-se verificar a relação entre as principais dimensões da globalização – social, político e econômico – nas variáveis.

Para identificar esse efeito será utilizado a abordagem *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL) de dados de séries temporais, no período de 1988 a 2018⁶. Os principais resultados identificam que o índice geral de globalização não apresenta efeito significativo sobre a área florestal (tanto para a Pegada do produto florestal quanto para a Pegada de carbono), no curto e longo prazo. Contudo, a dimensão da globalização econômica apresentou um efeito positivo e significativo no curto prazo sobre a Pegada Ecológica de produto florestal, enquanto a medida de globalização social impactou negativamente no curto e longo prazo a mesma variável dependente. Em relação a variável de Pegada Ecológica de carbono, efeitos negativos foram identificados das dimensões de globalização econômica e política – a primeira de curto e longo prazo e a segunda somente de longo prazo. Nesse contexto, diante da relevância da globalização para o desenvolvimento como um todo, os resultados apresentados dão suporte empírico para os formuladores de políticas públicas e sociedade que visem a melhoria da qualidade ambiental do Brasil.

Além dessa seção introdutória, o artigo está estruturado em cinco seções. Com duas subseções, a segunda seção apresentará no primeiro momento um arcabouço teórico, com aspectos conceituais da globalização e indicadores de sustentabilidade; posteriormente, discutirá sobre as experiências empíricas. A terceira seção apresentará a descrição das variáveis utilizadas e o modelo empírico ARDL. A quarta seção abordará os resultados e discussões obtidos com as estimações e, por fim, a última seção apresentará considerações finais do presente artigo.

2. ARCABOUÇO TEÓRICO

⁵ Para captar essa dimensão são utilizadas duas proxies: indicadores de Pegada do produto florestal e da Pegada de carbono.

⁶ Período de análise de 30 anos, conforme a disponibilidade dos dados.

Desde o século XIX, a globalização tem apresentado um volume crescente do fluxo internacional no âmbito econômico, social e político, ao qual apresenta oportunidades e desafios ([GALVÃO, 2007](#)). Associada ao modelo neoliberal, que se caracteriza pela liberalização e privatização, o processo de globalização provocou profundas transformações estruturais no contexto geopolítico ([PINTO; GONÇALVES, 2015](#)).

No Brasil, enquanto contexto histórico, a política econômica externa do país caracterizou-se por um processo de abertura comercial radical a partir da adoção de uma agenda neoliberal implementada pelo governo Collor (1990-1992) – ao qual seguia as recomendações e diretrizes do Consenso de *Washington*, estabelecido em 1989 nos Estados Unidos. Posteriormente, a política externa no país foi intensificada no governo de Fernando Henrique Cardoso (1995-2002) a partir de um processo de liberalização e privatização, em que o Brasil contou com um significativo volume de investimento direto estrangeiro, resultando em um aprofundamento do processo de internacionalização e “subordinação” ao capital financeiro internacional ([GENNARI, 2001](#)).

De acordo com [Galvão \(2007\)](#), a partir da década de 1990, o mundo observou marcantes tendências espaciais, “que estão rapidamente mudando o equilíbrio das forças econômicas globais e criando uma nova geografia de poder”, em especial, os países asiáticos e suas estratégias de exportações de produtos com elevada complexidade tecnológica e, sobretudo, com “incorporação em seus processos produtivos de níveis crescentes de capital humano e de conhecimentos de avançadas tecnologias” ([GALVÃO, 2007, p. 33](#)). Em linhas gerais, sua força motriz é de natureza tecnológica e ideológica ([ROMEIRO, 1999](#)), assim pode-se dizer que a globalização consiste em um marco para a economia mundial em que, se por um lado, posiciona países líderes no epicentro das relações econômicas por meio de abertura comercial, por outro lado, gera forte dependência e vulnerabilidade externa estrutural nos países em desenvolvimento ([PINTO; GONÇALVES, 2015](#)).

Tendo como ponto de partida esse efeito dual da globalização, estudos recentes tem se concentrado nas suas consequências para a sustentabilidade. Embora não haja um consenso na literatura – provocado pelos diferentes efeitos sobre a tríade econômico-social-político –, esse debate tem sido amplamente viabilizado. De acordo com [Romeiro \(1999\)](#), a abertura comercial brasileira pode certamente levar a uma maior pressão sobre a floresta. Em concordância, [Bilgili et al. \(2020\)](#) destacam que a globalização pode apresentar relação com a degradação ambiental, especialmente em países em desenvolvimento, contudo, os efeitos indesejáveis da abertura de comércio podem ser mitigados por meio de regulamentações adequadas. Além disso, os países podem direcionar seus esforços para aumentar sua qualidade ambiental na obtenção de conhecimento e tecnologia dos países desenvolvidos. E, do mesmo modo, fornecer estímulos para o investimento doméstico em tecnologias ambientalmente limpas e sustentáveis.

2.1. Sustentabilidade e o Índice Geral de Globalização (KOF)

Definida como uma *proxy* de sustentabilidade ambiental, a Pegada Ecológica representa as intervenções humanas sobre o meio ambiente, subdividida em seis tipos de degradação e cinco tipos de área: terra cultivada, pastagens, áreas de pesca, terra construída e área florestal ([GFN, 2010](#)). Conforme mostra o Quadro 1.

Desenvolvido em 1993⁷, esses indicadores de Pegada Ecológica apresentam uma dimensão ambiental muito forte em sua concepção. Por se tratar de um instrumento que internaliza em sua contabilidade a pressão de atividades antropogênicas sobre o meio ambiente,

⁷ Desenvolvido por um grupo de pesquisadores na *University of British Columbia* (1993) ([GFN, 2010](#)).

permitindo a comparação da demanda humana com a capacidade regenerativa do planeta, ou seja, com a sua biocapacidade (GFN, 2022; WWF-BRASIL, 2022).

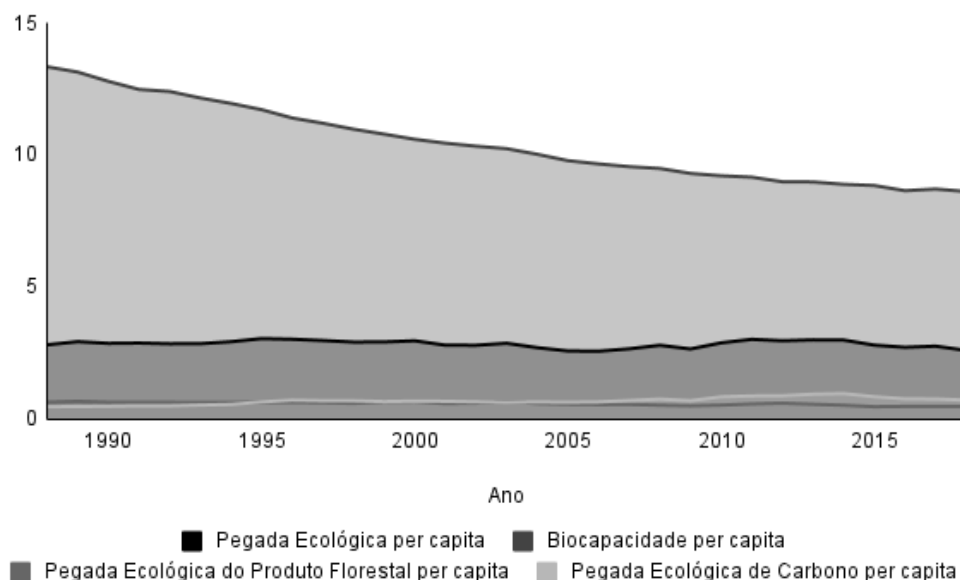
Quadro 1: Tipos de Área da Pegada Ecológica e suas Respectivas Definições

Tipo de terreno ou área	Definição
Terra de cultivo	Áreas usadas para produzir alimentos e fibras para consumo humano, ração para gado, oleaginosas e borracha.
Pastagem	Áreas usadas para criar gado para carne, laticínios, couro e produtos de lã.
Áreas de pesca	Áreas de pesca é calculada com base em estimativas da captura máxima sustentável para uma variedade de espécies de peixes, incluindo os peixes capturados e usados em misturas de rações para aquacultura.
Terra construída	Áreas de terra coberta por infraestrutura humana – transporte, habitação, estruturas industriais e reservatórios para energia hidrelétrica.
Área florestal	Fornece dois serviços: i) Pegada do produto florestal, que é calculada com base na quantidade de madeira serrada, celulose, produtos madeireiros e lenha consumida por um país anualmente; ii) Pegada de Carbono, que representa as emissões de dióxido de carbono da queima de combustíveis fósseis, calculado como a quantidade de terra florestal necessária para absorver essas emissões.

Fonte: Elaboração dos autores com base na GFN (2022).

Em linhas gerais, a Pegada Ecológica corresponde ao tamanho das áreas produtivas (terra e mar), necessárias para sustentar o padrão social. Cabe destacar que tanto a biocapacidade, quanto a Pegada Ecológica são expressas em hectares globais (gha)⁸ que representam a produtividade, “como o comércio é global, a Pegada de um indivíduo ou país inclui terra ou mar de todo o mundo” (GFN, 2022).

Figura 1: Pegada Ecológica versus Biocapacidade – Brasil (gha per capita)



Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados da GFN (2022).

No Brasil, entre o período de 2000 e 2018 foi possível identificar uma redução da Pegada Ecológica, concomitantemente, a uma redução mais acentuada na biocapacidade. De acordo com os dados da GFN (2022), em 2000 a média da Pegada Ecológica brasileira

⁸ O hectare global leva em conta a produtividade média de todas as áreas da terra e de água biologicamente produtivas em um determinado ano (WWF-BRASIL, 2022).

correspondeu a 2,951 gha *per capita*, enquanto em 2018 correspondeu a 2,587 gha *per capita*. No que se refere a biocapacidade, em 2000 a média correspondeu a 10,587 gha *per capita*, enquanto em 2018 correspondeu a 8,609 gha *per capita*, conforme ilustra a Figura 1.

Considerada como uma das principais áreas de Pegada Ecológica, a Pegada da Área Florestal tem apresentado um aumento nos últimos anos. Subdividida em Pegada do produto florestal e Pegada de carbono, a exploração inapropriada das terras florestais podem apresentar efeitos irreversíveis para a biodiversidade e o equilíbrio ecossistêmico como um todo. No Brasil, o ano de 2020 registrou um dos maiores índices de desmatamento na maior floresta tropical do mundo, a Floresta Amazônica. Sendo está a principal atividade – majoritariamente ilegal – responsável pela elevação de 9,5% nas emissões de GEE no país (SEEG, 2022).

Segundo Abramovay (2019), persistir no atual nível de desmatamento abre caminhos para que a Amazônia se transforme em fonte de emissão de GEE e, nesse sentido, “o risco é que, com temperaturas mais altas e secas de maior duração, a respiração das plantas possa exceder as taxas fotossintéticas, fazendo das florestas tropicais uma fonte de emissões de gases de efeito estufa” (ABRAMOVAY, 2019, p. 36).

A utilização sustentável de terras florestais tornou-se uma grande preocupação no debate ambiental. Apesar das conquistas científico-tecnológico, do acesso à informação (a partir de redes) e da cooperação internacional, a exposição às catástrofes e ao colapso ambiental ainda consiste em um desafio de natureza global e ocupam o centro do debate internacional.

Portanto, a presente problemática deve ser investigada a partir de uma perspectiva global, com a devida atenção para as relações via comércio, imigração e acordos na esfera internacional, por exemplo. Assim, essas relações entre espaço e poder – intrínsecas à geopolítica contemporânea – (BECKER, 2005) pode ser dimensionada por diferentes perspectivas da globalização.

O índice de KOF desenvolvido pelo Instituto Econômico Suíço, é amplamente utilizado como uma das principais medidas de globalização. O índice inclui três dimensões: i) econômico – medido a partir dos fluxos reais de comércio, investimento direto externo, rendimentos pagos a estrangeiros, investimentos em carteira e restrições, como alíquotas e impostos; ii) social – medido a partir de contratos pessoais, fluxo de informações e proximidade cultural; iii) político – medido a partir de tratados internacionais, embaixadas em países, instituições internacionais e participações em missões internacionais (FIGGE et al., 2017; AHMED et al., 2019). Contudo, a literatura não tem identificado padrões, apresentando ambíguos efeitos da globalização sobre os indicadores de sustentabilidade, de modo que, cada dimensão da globalização resulta em diferentes impactos – em partes devido as peculiaridades políticas adotadas em cada país.

2.2. Experiências empíricas

Os estudos empíricos sobre a relação entre Pegada da Área Florestal e dados de globalização, ainda são escassos, sobretudo, no Brasil. No qual representa uma lacuna que será abordada neste artigo. Nesse sentido, adotou-se como referência principal o trabalho desenvolvido por Ahmed, et al. (2019), cujo objetivo foi investigar a relação entre globalização e a sustentabilidade da Malásia de 1971 a 2014, a partir de um modelo de séries ARDL utilizando como *proxy* a Pegada Ecológica do Consumo. O estudo releva que a globalização não é estatisticamente significativa para a Pegada Ecológica, entretanto, apresenta um efeito estatisticamente significativa para o aumento da Pegada Ecológica de carbono. Além disso, os resultados sinalizaram que o consumo de energia e o crescimento econômico estimulam a Pegada Ecológica e a Pegada de carbono, enquanto a densidade populacional reduz a Pegada (ecológica e de carbono) e o desenvolvimento financeiro mitiga apenas a Pegada Ecológica.

Os resultados obtidos por Figge et al. (2017) apresentam um aumento significativo da Pegada Ecológica de Consumo, exportações e importações a partir do índice geral de

globalização. As análises das três dimensões da globalização relevam que além da dimensão política, a social e a econômica geram pressões e demandas humanas sobre o meio ambiente.

Utilizando como *proxy* de sustentabilidade a Pegada Ecológica, as estimativas realizadas por [Bilgili et al. \(2020\)](#), indicam que o crescimento da globalização financeira, política, comercial, capital humano e estoque de capital reduzem o crescimento da Pegada Ecológica da Turquia, por outro lado, a globalização econômica e a globalização social resultam em um aumento no crescimento dessa Pegada. Assim, os autores sugerem que uma maior conscientização e aumento da produtividade, avanços no capital humano, sobretudo, educação, podem ser instrumentos importante para reduzir a demanda ecológica.

Por fim, ao realizar um estudo sobre o efeito dinâmico da liberalização do comércio sobre o meio ambiente (medida pelas emissões de CO₂), para um grupo de países desenvolvidos e em desenvolvimento, os autores [Baek et al. \(2009\)](#) identificaram uma relação negativa no longo prazo para os países desenvolvidos, enquanto países em desenvolvimento no longo prazo apresentam uma relação positiva, em outras palavras, uma deterioração ambiental relacionada a um aumento no nível de renda, “apoiando a existência da curva ambiental de Kuznets” ([BAEK et al., 2009, p. 2263](#)).

3. MÉTODO E DADOS

Com o objetivo geral de identificar os efeitos da globalização na Pegada da Área Florestal no contexto brasileiro, essa seção subdivide em duas subseções: i) descrição das variáveis utilizadas no modelo e, ii) modelo empírico adotado.

3.1. Base de Dados e Descrição das Variáveis

Para as estimações do modelo foram utilizados dados de séries temporais, no período de 1988 a 2018, devido a disponibilidade de dados para determinadas variáveis. Cabe destacar que as variáveis escolhidas partiram de um levantamento teórico e empírico na literatura, a fim de identificar as variáveis de maior relevância para a problemática, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2: Variável e Referencial Teórico/Empírico

Variável	Descrição da fonte	Sinal esperado	Referencial teórico e empírico
PEf (Dependente)	Pegada Ecológica do produto florestal	n/d	Kan et al. (2021).
PEc (Dependente)	Pegada Ecológica de carbono	n/d	Ahmed et al. (2019); Figge et al. (2017)
GL (Explicativa)	Globalização geral	n/d	Ahmed et al. (2019); Figge et al. (2017)
GLe (Explicativa)	Globalização econômica	+	Rudolph e Figge (2017); Ahmed et al. (2019)
GLp (Explicativa)	Globalização política	+/-	Rudolph e Figge (2017); Ahmed et al. (2019)
GLs (Explicativa)	Globalização social	-	Rudolph e Figge (2017); Ahmed et al. (2019)
CE (Controle)	Consumo de energia primária antes da transformação aos combustíveis de uso final <i>per capita</i>	+	Ahmed et al. (2019); Figge et al. (2017)
IDP (Controle)	Investimento doméstico ao setor privado	-	Ahmed et al. (2019)
URB (Controle)	População urbana	+	Ahmed e Wang (2019);
PIB (Controle)	Produto interno bruto <i>per capita</i>	+	Ahmed et al. (2019); Figge et al. (2017)

Fonte: Elaboração dos autores.

Definida como variável dependente, a Pegada da Área Florestal foi obtida a partir dos dados disponibilizados na base *Global Footprint Network* (GFN), contemplando o período de 1961 até 2018. Subdividida em Pegada do produto florestal e Pegada de carbono, a variável de área florestal mede a pressão antropogênica no ecossistema, ou seja, a interferência da atividade humana para consumo e produção de resíduos (GFN, 2022). O indicador fornece informações importantes para organizações internacionais e governos a fim de restringir o uso indevido dos recursos naturais (AHMED et al., 2019).

Como variável explicativa do modelo, foi utilizado o indicador de globalização obtido na base de dados disponibilizada para o período de 1970 até 2019, pelo KOF. Considerada como uma medida confiável, o índice KOF inclui três dimensões da globalização: i) econômica – consiste nos fluxos reais de comércio, investimentos estrangeiros diretos, rendimentos pagos a estrangeiros e, entre outros; ii) política – embaixadas em países, tratados internacionais, participação em instituições internacionais e participação em missões internacionais, por exemplo; iii) social – baseada em contatos pessoais, fluxos de informação e proximidade cultural (KOF, 2022).

No que se refere as variáveis de controle, foram utilizados dados: i) *BP Statistical Review of World Energy* (2022), para consumo de energia primária *per capita*, entre o período de 1965 até 2020; ii) *World Bank* (2022) para investimento doméstico privado (1988 até 2020), urbanização (1960 até 2020) e PIB *per capita* (1960 até 2020). Todas as variáveis utilizadas no presente estudo estão em suas versões de logaritmo natural.

Tabela 1: Estatísticas Descritivas

	LogPEf	LogPEc	LogGL	LogGLe	LogGLp	LogGLs	LogCE	LogPIB	LogIDP	LogURB
Média	-0,569	-0,417	4,008	3,611	4,410	3,814	3,858	8,904	3,899	18,789
DP	0,110	0,203	0,155	0,193	0,105	0,252	0,168	0,142	0,431	0,167
Máx.	-0,420	-0,050	4,174	3,850	4,410	4,143	4,112	9,123	4,899	19,016
Mín.	-0,788	-0,788	3,713	3,219	4,111	3,434	3,583	8,695	3,321	18,459

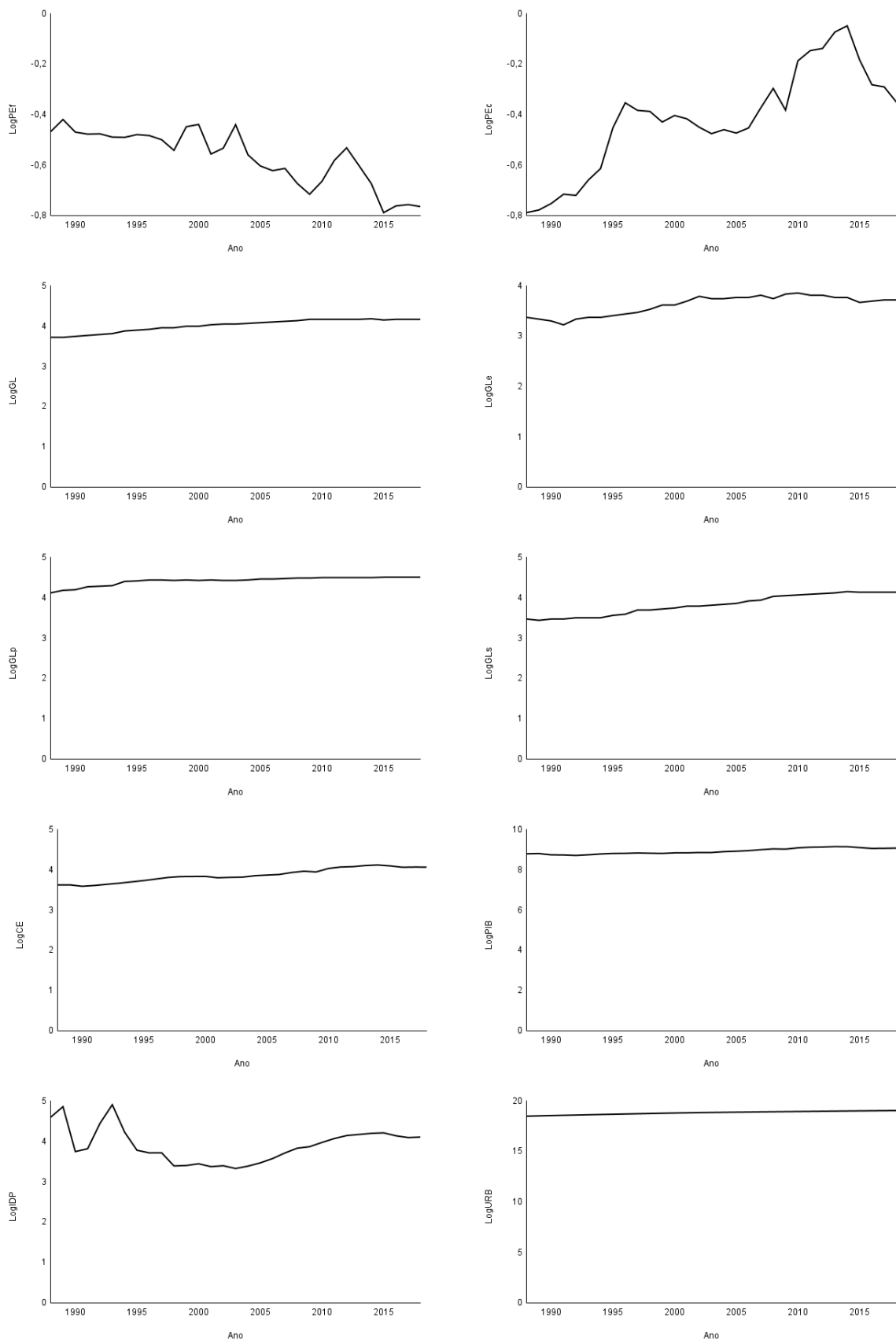
Fonte: Elaborados pelos autores com os dados da pesquisa.

No que se refere as estatísticas descritivas, a Tabela 1 fornece algumas informações após a transformação das variáveis em forma logarítmica, no período de 1988 a 2018. As estatísticas resumidas incluem informações sobre média, mínimo, máximo e desvio padrão. Em linhas gerais, a variável de Pegada Ecológica do produto florestal (LogPEf) varia de -0,788 a -0,420 com média de -0,569; enquanto a de Pegada Ecológica de carbono (LogPEc) varia de -0,788 a -0,050 com média de -0,417; a de globalização geral (LogGL) varia de 3,713 a 4,174 com valor médio de 4,008; a de consumo de energia (LogCE) varia de 4,112 a 3,583 com valor médio de 3,858; a de produto interno bruto (LogPIB) varia de 9,123 a 8,695 com valor médio de 8,904; a de investimento doméstico ao setor privado (LogIDP) varia de 4,899 a 3,321 com valor médio de 3,899 e população urbana (LogURB) com variação de 19,016 a 18,459 e valor médio de 18,789. Cabe destacar que a variável que apresentou um maior desvio em relação à média foi o LogIDP com um valor médio de 0,431.

A Figura 2⁹ mostra a trajetória das variáveis no decorrer de 30 anos no Brasil. O LogPEf, em geral, se reduz ao longo do tempo, com alguns momentos de crescimento em diferentes períodos da série seguidos de quedas. O LogPEc se comporta de forma inversa ao LogPEf, ou seja, crescendo na maior parte do período analisado com alguns momentos de queda, no entanto, a partir de 2014-2015 ocorre uma queda mais acentuada sem crescimento relevante observado. As demais variáveis se comportam com maior estabilidade e de forma crescente, com exceção do LogIDP, que apresenta instabilidade até o começo da década de 2000, depois aumenta até o final da série observada.

⁹ Cabe destacar que os gráficos foram gerados em escalas diferentes para melhor visualização do comportamento individual das variáveis.

Figura 2: Gráficos das Séries de Dados – Brasil (1989-2018)



Fonte: Elaborados pelos autores com os dados da pesquisa.

3.2. Modelo Empírico

Para testar a relação entre a globalização e a Pegada da Área Florestal brasileira, utiliza-se como principal referência o artigo de [Ahmed, et al. \(2019\)](#) para a construção dos seguintes modelos:

$$\text{LogPEf} = \beta_0 + \beta_{GL} \text{LogGL} + \beta_{CE} \text{LogCE} + \beta_{PIB} \text{LogPIB} + \beta_{URB} \text{LogURB} + \beta_{IDP} \text{LogIDP} + \mu \quad (1)$$

e

$$\text{LogPEc} = \beta_0 + \beta_{GL} \text{LogGL} + \beta_{CE} \text{LogCE} + \beta_{PIB} \text{LogPIB} + \beta_{URB} \text{LogURB} + \beta_{IDP} \text{LogIDP} + \mu, \quad (2)$$

onde a Equação 1 tem como variável dependente a Pegada Ecológica do produto florestal (PEf) e a Equação 2 possui como dependente a medida de Pegada Ecológica de carbono (PEc). Todas as variáveis indicadas nas equações acima estão em suas formas logarítmica e o termo residual é indicado por μ . Para a análise desagregada, examinamos o efeito da globalização econômica, política e social na PEf e PEc utilizando os dois modelos a seguir.

$$\begin{aligned} \text{LogPEf} = \beta_0 + \beta_{GLE} \text{LogGLE} + \beta_{GLP} \text{LogGLp} + \beta_{GLS} \text{LogGLs} + \beta_{CE} \text{LogCE} + \beta_{PIB} \text{LogPIB} \\ + \beta_{URB} \text{LogURB} + \beta_{IDP} \text{LogIDP} + \mu \end{aligned} \quad (3)$$

e

$$\begin{aligned} \text{LogPEc} = \beta_0 + \beta_{GLE} \text{LogGLE} + \beta_{GLP} \text{LogGLp} + \beta_{GLS} \text{LogGLs} + \beta_{CE} \text{LogCE} + \beta_{PIB} \text{LogPIB} \\ + \beta_{URB} \text{LogURB} + \beta_{IDP} \text{LogIDP} + \mu. \end{aligned} \quad (4)$$

Este estudo adota a modelagem *Autoregressive Distributed Lag* (ARDL) desenvolvido por [Pesaran, Shin e Smith \(2001\)](#) para a avaliação da causalidade de longo e curto prazo do efeito da globalização sobre a Pegada da Área florestal. Este tipo de modelo pode ser aplicado independente das variáveis serem $I(0)$ ou $I(1)$, e possui a vantagem de apresentar resultados melhores em amostras pequenas, como é o caso da utilizada neste estudo, de 30 anos ([PESARAN e SHIN, 1995](#)). No entanto, antes da aplicação do ARDL, as condições necessárias da modelagem foram testadas, como os testes de estacionaridade mostrados na Tabela 2, testes de cointegração¹⁰ e outros testes de diagnósticos. Os seguintes modelos¹¹ ARDL foram testados no estudo atual:

$$\begin{aligned} \Delta \text{LogPEf}_t = \beta_0 + \beta_{PEf} \text{LogPEf}_{t-1} + \beta_{GL} \text{LogGL}_{t-1} + \beta_{CE} \text{LogCE}_{t-1} + \beta_{PIB} \text{LogPIB}_{t-1} \\ + \beta_{URB} \text{LogURB}_{t-1} + \beta_{IDP} \text{LogIDP}_{t-1} + \sum_{i=1}^n \gamma_{PEf} \Delta \text{LogPEf}_{t-1} \\ + \sum_{i=0}^n \gamma_{GL} \Delta \text{LogGL}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{CE} \Delta \text{LogCE}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{PIB} \Delta \text{LogPIB}_{t-1} \\ + \sum_{i=0}^n \gamma_{URB} \Delta \text{LogURB}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{IDP} \Delta \text{LogIDP}_{t-1} + \mu_t \end{aligned} \quad (5)$$

e

¹⁰ O teste de cointegração utilizado é o de Wald ou Teste F. A hipótese nula no teste de cointegração afirma “não há cointegração nos dados” e a hipótese alternativa neste teste afirma “existe cointegração nos dados”.

¹¹ A partir dos próximos modelos, com o objetivo de reduzir o espaço gasto deste artigo, somente os modelos utilizando o indicador de globalização agregado são apresentados. No entanto, destacamos que os modelos que incluem os indicadores de globalização econômica, política e social podem ser estruturados de forma semelhante.

$$\begin{aligned}
\Delta \text{LogPEC}_t = & \beta_0 + \beta_{\text{PEC}} \text{LogPEC}_{t-1} + \beta_{\text{GL}} \text{LogGL}_{t-1} + \beta_{\text{CE}} \text{LogCE}_{t-1} + \beta_{\text{PIB}} \text{LogPIB}_{t-1} \\
& + \beta_{\text{URB}} \text{LogURB}_{t-1} + \beta_{\text{IDP}} \text{LogIDP}_{t-1} + \sum_{i=1}^n \gamma_{\text{PEC}} \Delta \text{LogPEC}_{t-1} \\
& + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{GL}} \Delta \text{LogGL}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{CE}} \Delta \text{LogCE}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{PIB}} \Delta \text{LogPIB}_{t-1} \\
& + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{URB}} \Delta \text{LogURB}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{IDL}} \Delta \text{LogIDP}_{t-1} + \mu_t,
\end{aligned} \tag{6}$$

onde os Δs indicam variações dos coeficientes. Após inferir a existência de cointegração nos dados, são avaliadas as estimativas de longo prazo da variável explicativa e controles sobre as medidas utilizadas como *proxies* de Pegada da Área Florestal. As equações a seguir representam o modelo ARDL para estimativas de longo prazo para este estudo:

$$\begin{aligned}
\text{LogPEf}_t = & \beta_0 + \sum_{i=1}^n \gamma_{\text{PEf}} \Delta \text{LogPEf}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{GL}} \Delta \text{LogGL}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{CE}} \Delta \text{LogCE}_{t-1} \\
& + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{PIB}} \Delta \text{LogPIB}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{URB}} \Delta \text{LogURB}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{IDL}} \Delta \text{LogIDP}_{t-1} \\
& + \mu_t
\end{aligned} \tag{7}$$

e

$$\begin{aligned}
\text{LogPEC}_t = & \beta_0 + \sum_{i=1}^n \gamma_{\text{PEC}} \Delta \text{LogPEC}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{GL}} \Delta \text{LogGL}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{CE}} \Delta \text{LogCE}_{t-1} \\
& + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{PIB}} \Delta \text{LogPIB}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{URB}} \Delta \text{LogURB}_{t-1} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{IDL}} \Delta \text{LogIDP}_{t-1} \\
& + \mu_t.
\end{aligned} \tag{8}$$

Posteriormente, para estimar os impactos de curto prazo, os efeitos das variáveis de interesse sobre as *proxies* de Pegada Área Florestal foram estimados através do modelo de Correção de Erros Irrestrito (ECM). Os ECM para os modelos trabalhados são os seguintes:

$$\begin{aligned}
\Delta \text{LogPEf}_t = & \beta_0 + \sum_{i=1}^n \gamma_{\text{PEf}} \Delta \text{LogPEf}_{t-j} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{GL}} \Delta \text{LogGL}_{t-j} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{CE}} \Delta \text{LogCE}_{t-j} \\
& + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{PIB}} \Delta \text{LogPIB}_{t-j} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{URB}} \Delta \text{LogURB}_{t-j} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{IDL}} \Delta \text{LogIDP}_{t-j} \\
& + \gamma \text{ECM}_{t-1} + \mu_t
\end{aligned} \tag{9}$$

$$\begin{aligned}
\Delta \text{LogPEC}_t = & \beta_0 + \sum_{i=1}^n \gamma_{\text{PEC}} \Delta \text{LogPEC}_{t-j} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{GL}} \Delta \text{LogGL}_{t-j} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{CE}} \Delta \text{LogCE}_{t-j} \\
& + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{PIB}} \Delta \text{LogPIB}_{t-j} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{URB}} \Delta \text{LogURB}_{t-j} + \sum_{i=0}^n \gamma_{\text{IDL}} \Delta \text{LogIDP}_{t-j} \\
& + \gamma \text{ECM}_{t-1} + \mu_t,
\end{aligned} \tag{10}$$

onde μ_t é o resíduo e ECM_{t-1} é o “termo de correção de erros”. O Critério de Informação Akaike (AIC) foi utilizado para a seleção das defasagens dos modelos. O AIC, além de ser

aplicado comumente na literatura sobre o tema tratado neste estudo ([Ahmed, et al., 2019](#); [Le, et al., 2016](#)), seleciona assintoticamente o modelo que minimiza o erro quadrático médio de previsão ou estimativa. Além disso, minimiza o risco máximo possível em tamanhos de amostra finitos ([VRIEZE, 2012](#)).

4. RESULTADOS EMPIRÍCOS

Foram aplicados testes de raiz unitária para verificar o nível de integração das variáveis. Este processo é necessário para a seleção de uma metodologia econométrica adequada e assim evitar estimações espúrias. Utiliza-se testes de *Augmented Dickey-Fuller* (ADF) e *Phillips-Perron* para verificar se as séries das variáveis são estacionárias. Ambos os testes possuem como hipótese nula a não estacionaridade e a hipótese alternativa à estacionaridade ([AHMED et al., 2019](#)).

No entanto, os testes de raiz unitária não fornecem informações sobre qualquer possível quebra estrutural na série de dados, dessa forma, resultados dos testes tradicionais de raiz unitária não são confiáveis na presença de quebras estruturais ([SHAHBAZ et al., 2014](#)). Portanto, a partir de sugestões da literatura (*e.g.* [SHAHBAZ et al., 2016](#) e [AHMED et al., 2019](#)), aplicamos o teste de raiz unitária de quebra estrutural de [Zivot e Andrew \(2002\)](#), que fornece informações sobre quebras estruturais nos dados como principal critério de decisão sobre a estacionaridade das variáveis.

A Tabela 2 apresenta os resultados da verificação de estacionaridade das variáveis utilizadas neste estudo. Em relação ao ADF, é possível notar que as variáveis LnPEc, LnCE, LnIDP, LnGL e LnGLE são estacionárias em primeira diferença, enquanto LnPEf se mostrou estacionária em nível e primeira diferença. As séries LnPEf, LnPEc, LnCE, LnIDP, LnGL, LnGLE, LnGLs não possuem raiz unitária em primeira diferença e LnGLp é estacionária em nível e em primeira diferença para os padrões do teste de *Phillips-Perron*. Enquanto os resultados do teste de *Zivot-Andrew* mostram que todas as variáveis utilizadas são estacionárias em primeira diferença com quebra estrutural, com exceção da medida LnURB que também é em nível. A partir desses resultados, optou-se pela utilização de todas as variáveis em primeira diferença nas estimações.

Na Tabela 2, também são apresentados os anos de quebra estrutural das séries temporais identificados pelo teste de *Zivot-Andrew*. A primeira diferença do LogPEf e LogPEc apresentaram os anos 2010 e 2009, respectivamente, como anos de quebra estrutural. Este período é caracterizado pela elaboração e adoção da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) no Brasil, que, entre outros objetivos, visou ações de mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Além disso, a PNMC também focou na redução do consumo de energia como uma de suas metas, o que pode explicar o ano de quebra estrutural do LogCE ser identificado em 2009 ([BRASIL, 2009](#)).

Em relação a primeira diferença do LogPIB, a quebra estrutural identificada no ano de 2014 pode ser justificada pelo início da crise econômica brasileira originada de uma série de choques de oferta e demanda, normalmente, ocasionados por estratégias de políticas públicas que reduziram a capacidade de crescimento da economia do país ([BARBOSA, 2017](#)). Enquanto o ano de 2005 pode ser identificado como ponto de quebra estrutural para o LogGLs pela criação, no ano anterior, do Programa Bolsa Família com finalidade de unificar os procedimentos de gestão e execução das ações de transferência de renda do Governo Federal brasileiro ([BRASIL, 2004](#)). As demais variáveis apresentaram pontos de quebra estrutural na década de 1990, período marcado pela diminuição da participação do Estado na economia por meio de privatizações e da abertura comercial ([ROMEIRO, 1999](#); [SANTOS, 2009](#); [PINTO; GONÇALVES, 2015](#)).

Tabela 2: Testes de Não Estacionaridade

Variáveis	ADF		Phillip-Perron		Zivot-Andrews			
	Nível	1ª Diferença	Nível	1ª Diferença	Nível	Ano de quebra	1ª Diferença	Ano de quebra
LnPEf	-3,462*	-5,576***	-2,614	-6,701***	-3,946	2010	-5,594***	2010
LnPEc	-1,595	-3,247*	-1,050	-4,501***	-2,526	2009	-5,804***	2009
LnCE	-2,114	-3,471*	-1,541	-3,940**	-2,996	2009	-5,063**	2009
LnPIB	-2,757	-3,025	-2,105	-3,802	-3,154	2009	-5,233**	2014
LnIDP	-3,026	-7,535***	-2,083	-6,072***	-3,925	1994	-10,680***	1993
LnURB	-2,313	-1,155	-2,386	-0,933	-14,032***	1997	-11,642***	1998
LnGL	0,277	-4,665***	0,860	-9,959***	-2,288	2006	-9,171***	1995
LnGLe	-0,641	-4,129**	-1,066	-5,743***	-3,947	2004	-7,739***	1991
LnGLp	-2,877	-3,131	-4,412***	-6,056***	8,117***	1993	-9,101***	1995
LnGLs	-0,647	-2,723	-1,934	-6,130***	-4,653	2007	-7,487***	2005

Fonte: Elaborados pelos autores com os dados da pesquisa.

Nota: Os testes apresentados possuem como hipótese nula a não estacionaridade e incluem a tendência e o intercepto. Os símbolos *, ** e *** denotam, respectivamente, 10%, 5% e 1% de nível de significância

Tabela 3: Teste do Limites

Teste dos Limites	Valor de F	K	Significância	Hipótese nula: não existe relação em nível	
				I(0)	I(1)
Modelo 1: $\Delta\text{LogPEf}(1, 0, 0, 0, 0, 0)$	4,301	5	5%	3,12	4,25
Modelo 2: $\Delta\text{LogPEc}(1, 0, 0, 0, 0, 1)$	18,057	5	5%	3,12	4,25
Modelo 3: $\Delta\text{LogPEf}(1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1)$	6,261	7	5%	2,69	3,83
Modelo 4: $\Delta\text{LogPEc}(1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1)$	17,823	7	5%	2,69	3,83

Fonte: Elaborados pelos autores com os dados da pesquisa.

Após os testes de raiz unitária, foram aplicados testes de limites para a cointegração entre as variáveis para os quatro modelos abordados neste artigo, assim é possível verificar se existe uma relação de longo prazo nos modelos. A hipótese nula desse teste é que não existe equação em nível em todos os casos e deve ser interpretado a partir da estatística F calculada com os valores críticos propostos por [Narayan \(2005\)](#). Os resultados dos testes dos limites são apresentados na Tabela 3 e mostram que existem evidências de cointegração entre as variáveis explicativas empregadas e as dependentes dos modelos utilizados neste trabalho.

O ARDL foi utilizado para estimar os resultados de longo e curto prazo do efeito da globalização sobre a Pegada Ecológica da Área Florestal no Brasil. Os resultados de longo prazo são mostrados na Tabela 4, por meio de quatro modelos. O primeiro deles mostra o impacto da globalização sobre a Pegada Ecológica do produto florestal (LogPEf), enquanto o segundo modelo trata do efeito da globalização sobre a Pegada Ecológica de carbono (LogPEc). A análise que utiliza os índices de globalização desagregada, modelos 3 e 4, mostram o impacto da globalização econômica, política e social sobre as duas dimensões de Pegada Ecológica da Área florestal utilizadas neste artigo.

Tabela 4: Efeitos da Globalização sobre a Pegada Ecológica da Área Florestal no Longo Prazo (1989-2018)

Modelo:	(1)	(2)	(3)	(4)
Variável Dependente:	ΔLogPEf	ΔLogPEc	ΔLogPEf	ΔlogPEc
Defasagens:	(1, 0, 0, 0, 0, 0)	(1, 0, 0, 0, 0, 1)	(1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1)	(1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1)
ΔLogGL	0,024 (0,908)	-0,712 (0,623)		
ΔLogGLe			1,907 (1,132)	-0,284* (0,156)
ΔLogGLp			0,061 (1,124)	0,501 (0,526)
ΔLogGLs			-2,033** (0,991)	-0,178 (0,032)
ΔLogCE	0,522 (0,820)	2,204*** (0,668)	0,742 (1,141)	2,309*** (0,581)
ΔLogPIB	0,024 (0,829)	0,336 (0,577)	-0,808 (1,301)	0,339 (0,486)
ΔLogIDP	0,007 (0,041)	-0,081** (0,031)	-0,102 (0,078)	-0,059** (0,028)
ΔLogURB	5,629 (7,758)	1,068 (0,854)	-16,825 (14,346)	2,405 (4,973)

Fonte: Elaborados pelos autores com os dados da pesquisa.

Nota: Os modelos ARDL foram estimados com constante e tendência. As defasagens do modelo foram determinadas pelo critério de Akaike (AIC). Os símbolos *, ** e *** denotam, respectivamente, 10%, 5% e 1% de nível de significância.

Nos modelos 1 e 2, os coeficientes de globalização total (LogGL) são não significativos, o que indica que a globalização total não apresenta impacto significativo na Pegada Ecológica do produto florestal e de carbono no longo prazo. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por [Ahmed, et al. \(2019\)](#), utilizando estimações de ARDL para a Malásia, e por [Figge, et al. \(2017\)](#), em um painel de países, ambos não identificam coeficientes significativos da relação entre globalização total e a sustentabilidade.

No entanto, no modelo 3 é possível perceber que o coeficiente de globalização social (LogGLs) é significativo ao nível de 95% de confiança. Ou seja, um aumento de 1% neste índice reduz a Pegada Ecológica de produto florestal em 2,033%. Esse resultado sinaliza que a consciência ambiental global promovida pelo acesso à educação e informação sobre os problemas ambientais (noticiários nacionais e internacionais e internet, por exemplo) impulsiona a adoção de um estilo de vida mais sustentável ([RUDOLPH; FIGGE, 2017](#)).

Além disso, o coeficiente de globalização política (LogGLp) é significativo ao nível de confiança de 90% para explicar a Pegada Ecológica de carbono (LogPEc). Seu sinal negativo indica que uma variação de 1% no LogGLp reduz a LogPEc em 0,284%. Assim, pode-se inferir que essa relação se justifica pela participação de instituições de governanças que são politicamente integradas as questões globais sobre a sustentabilidade ambiental (RUDOLPH; FIGGE, 2017). Em concordância, Dinda (2004) destaca que a cooperação política pode favorecer a construção da capacidade e da qualidade institucional e, conseqüentemente, induzir a implementação de instituições de regulamentação ambiental.

À medida de consumo de energia *per capita* (LogCE) apresentou efeito positivo e significativo ao nível de confiança de 99% sobre o LogPEc. No modelo 2, uma variação de 1% no LogCE aumenta o LogPEc em 2,204%, enquanto no modelo 4, a mesma variação aumenta o LogPEc em 2,309%. A variável de investimento doméstico do setor privado (LogIDP) também apresentou coeficientes negativos nos modelos 2 e 4. Neste caso, variações de 1% no LogIDP reduzem o LogPEc em 0,081% e 0,059%, respectivamente. Nenhuma outra variável apresentou significância nas estimações de longo prazo. E nesse sentido, ambos os resultados vão de encontro com a literatura (e.g. Ahmed et al. (2019) e Figge et al. (2017)).

Tabela 5: Efeitos da Globalização sobre a Pegada Ecológica da Área Florestal no Curto Prazo (1989-2018)

Modelo:	(1)	(2)	(3)	(4)
Variável Dependente:	ΔLogPEf	ΔLogPEc	ΔLogPEf	ΔlogPEc
Defasagens:	(1, 0, 0, 0, 0, 0)	(1, 0, 0, 0, 0, 1)	(1, 1, 0, 1, 1, 0, 1, 1)	(1, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 1)
ECM	-1,048*** (0,185)	-1,002*** (0,086)	-0,769*** (0,089)	-1,047*** (0,074)
ΔLogGL	0,024 (0,908)	-0,712 (0,623)		
ΔLogGLE			0,743*** (0,126)	-0,284* (0,156)
ΔLogGLp			0,061 (1,124)	-0,438** (0,185)
ΔLogGLs			-0,556** (0,192)	-0,178 (0,032)
ΔLogCE	0,522 (0,820)	2,204*** (0,668)	-0,081 (0,255)	2,309*** (0,581)
ΔLogPIB	0,024 (0,829)	0,336 (0,577)	-0,808 (1,301)	0,339 (0,486)
ΔLogIDP	0,007 (0,041)	-0,081** (0,031)	0,010 (0,019)	-0,178 (0,032)
ΔLogURB	5,629 (7,758)	-24,361** (9,029)	25,783** (9,739)	-36,077*** (7,899)
C	-0,193*** (0,039)	-0,045 (0,018)	0,382*** (0,046)	-0,131*** (0,018)

Fonte: Elaborados pelos autores com os dados da pesquisa.

Nota: Os modelos ARDL foram estimados com constante e tendência. As defasagens do modelo foram determinadas pelo critério de Akaike (AIC). Os símbolos *, ** e *** denotam, respectivamente, 10%, 5% e 1% de nível de significância.

Os resultados de curto prazo são apresentados na Tabela 5. O indicador de globalização total não tem efeitos significativos sobre o LogPEf e LogPEc no curto prazo (ver modelos 1 e 2). No entanto, no modelo 3, o LogGLE apresentou um coeficiente significativo ao nível de confiança de 99%. Seu sinal é positivo e indica que uma variação de um 1% no LogGLE aumenta a Pegada Ecológica do produto florestal em 0,743%. Portanto, pode-se inferir um efeito retroalimentação entre a atividade econômica global e a Pegada Ecológica do produto florestal. Esse resultado pode ser justificado a partir de três fatores: i) nenhuma estrutura de

governança de caráter global para o uso da terra e emissões de GEE foram efetivamente elaboradas; ii) os países mais desenvolvidos são propensos a intensificar sua produção agrícola e uso de energia e, por fim, iii) países com uma economia mais globalização (comércio e investimento) são propensos a evitar reduções da Pegada Ecológica para manter seus objetivos de natureza econômica (RUDOLPH; FIGGE, 2017; DINDA, 2004). Em linhas gerais, de acordo com essas hipóteses, a globalização econômica intensifica as pressões sobre o meio ambiente.

Ainda no modelo 3, a globalização social também apresentou um efeito significativo ao nível de confiança de 95% e com o mesmo sinal do seu coeficiente no longo prazo, porém, com magnitude menor. Assim, o aumento de 1% no LogGLs reduz o LogPEf em 0,556%. Esse resultado vai de encontro com as justificativas abordadas no longo prazo, enfatizando a importância da educação e do acesso à informação relacionados aos problemas ambientais.

No modelo 4, o LogGLE apresentou um coeficiente significativo ao nível de confiança de 90%, com sinal contrário ao do coeficiente do modelo 3. Dessa forma, o aumento de 1% no LogGLE diminui o LogPEc em 0,284%. Neste caso, a atividade econômica globalizada pode proporcionar maior transferência tecnológicas – ao qual difundem tecnologias para produção limpa –, possibilitando que o Brasil adote práticas mais sustentáveis e, conseqüentemente, reduza suas externalidades sobre o meio ambiente, a partir de processos produtivos menos intensivos (RUDOLPH; FIGGE, 2017).

O coeficiente do LogGLp no modelo 4 é significativo com confiança de 95% e com sinal negativo. Neste caso, um aumento de 1% no LogGLp reduz o LogPEc em 0,438. E, portanto, indica também que no curto prazo os acordos e as cooperações políticas internacionais apresentam um importante papel na mitigação de mudanças climáticas antropogênicas.

A variável LogCE apresentou coeficientes significativos no curto prazo nos modelos 2 e 4 e positivamente relacionados com o LogPEc, ambos com 99% de confiança. No modelo 2, uma variação de 1% do LogCE aumenta o LogPEc em 2,204%, enquanto no modelo 4 o aumento é de 2,309%. O LogIDP é significativo com confiança de 95% somente no modelo 3, o sinal negativo indica que um aumento em 1% reduz o valor médio da variável dependente em 0,081%. Os coeficientes do LogURB de curto prazo também são significativos em alguns casos, no modelo 2 e 4 seu sinal é negativo indicado que um aumento leva a reduções no LogPEc; já no modelo 3, possui sinal positivo, o que indica que variações positivas provocam aumentos no LogPEf. As demais variáveis não apresentaram significâncias no curto prazo.

Tabela 6: Testes de Diagnóstico

Testes	Modelo 1: ΔLogPEf	Modelo 2: ΔLogPEc	Modelo 3: ΔLogPEf	Modelo 4: ΔLogPEc
R ²	0,553	0,745	0,616	0,826
R ² -ajustado	0,519	0,643	0,232	0,714
Correlação Serial	0,201	0,924	0,976	0,800
Heteroscedasticidade	0,378	0,290	0,291	0,448
Normalidade	0,617	1,361	0,141	1,252

Fonte: Elaborados pelos autores com os dados da pesquisa.

Notas: O teste de correlação serial utilizado é o de Breusch – Godfrey (LM), o de heteroscedasticidade o de Breusch-Pagan-Godfrey, por último, o de normalidade é o de Jarque-Bera.

A Tabela 5 também mostra os coeficientes dos termos de correção de erros defasados (ECM), eles são negativos e significativos o que valida a cointegração entre as variáveis em todos os quatro modelos. A elasticidade do coeficiente 0,749 do modelo 3 indica um ajuste rápido ao equilíbrio de longo prazo. No entanto, a elasticidades dos coeficientes dos modelos 1, 2 e 4 são, respectivamente: 1,048, 1,002 e 1,047; e, portanto, em vez de convergir monotonicamente para o caminho de equilíbrio diretamente, o processo de correção de erros flutua em torno do valor de longo prazo de maneira amortecida. Porém, uma vez que este

processo se complete, a convergência para o caminho de equilíbrio é rápida ([NARAYAN; SMYTH, 2006](#)).

Alguns dos testes de diagnóstico para garantir que os modelos estimados não sofram de correlação serial, heterocedasticidade e apresentam normalidade, podem ser identificados na Tabela 6. Os resultados do teste LM não são inferiores a 0,10 em nenhum caso, indicando que o problema de correlação serial não é identificado nos modelos estimados. Da mesma forma, os resultados do teste Breusch-Pagan-Godfrey não revelam heterocedasticidade, e os resultados do teste Jarque-Bera indicam que todos os quatro modelos possuem distribuição normal.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com um importante papel para a manutenção e o equilíbrio do ecossistema, a exploração inapropriada das áreas florestais pode acarretar danos irreversíveis para o planeta. Por se tratar de uma problemática com implicações de natureza global, o presente trabalho propôs estimar a relação entre Pegada Ecológica da Área Florestal e indicadores de globalização total e desagregada – econômica, política e social –, no contexto brasileiro no período de 1989-2018.

Considerado como uma das principais atividades de emissões de GEE no Brasil, o desmatamento na Amazônia Legal têm intensificado as preocupações dos ambientalistas em torno da sustentabilidade dessa floresta no longo prazo. E, neste sentido, a adoção de políticas ambientais mais incisivas no Brasil podem proporcionar uma dupla contribuição para o equilíbrio global: i) interromper as atividades de desmatamento e, ii) conservar e restaurar suas unidades de conservação florestal. Consequentemente, mitigar as mudanças climáticas antropogênicas.

Contudo, não há um consenso na literatura sobre os efeitos que os indicadores de globalização exercem sobre as variáveis de Pegada Ecológica e, portanto, apresentam ambíguos efeitos dos indicadores de globalização sobre os de sustentabilidade. Cabe mencionar que parte desses resultados vão de encontro com a particularidades de cada país, assim faz-se necessário a elaboração de mais estudos com diferentes economias, a fim de obter resultados para os mais diversos contextos.

Para o caso brasileiro, inicialmente, os resultados sugerem não haver uma relação significativa entre a globalização total e as Pegadas Ecológicas de produto florestal e de carbono, *proxies* utilizadas para captar a sustentabilidade. No que se refere as dimensões de globalização desagregada, o aspecto econômico exerce um impacto positivo no longo prazo sobre a Pegada Ecológica do produto florestal, mas negativo sobre a Pegada Ecológica do carbono, no curto e longo prazo. Esses resultados sugerem um efeito dual das relações econômicas globalizadas sobre a sustentabilidade no Brasil.

Os demais indicadores de globalização desagregada (social e política) sugerem exercer um papel importante na redução da pressão sobre o meio ambiente brasileiro. As interações sociais relacionadas a educação e acesso a informação sobre problemas ambientais podem ser fatores relevantes para a redução do índice de Pegada Ecológica do produto florestal observado, no curto e longo prazo. Enquanto os aspectos de caráter político por meio de cooperação e tratados internacionais, ao qual melhoram as instituições de regulamentação ambiental, tendem a impactar negativamente a Pegada Ecológica de carbono, no curto prazo.

A partir desses resultados é possível identificar uma ampla agenda de ações possíveis para os formuladores de políticas. Nesse caso, o Brasil deve direcionar seus esforços visando a qualidade do meio ambiente em direção ao desenvolvimento sustentável, unindo suas capacidades locais e, concomitantemente, absorvendo os benefícios da cooperação internacional. Assim, adotar práticas mais sustentáveis, incluindo o reflorestamento e a preservação de áreas de proteção ambiental, bem como, medidas mais incisivas na redução do desmatamento no país.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. **Amazônia: por uma economia do conhecimento da natureza**. São Paulo: Elefante, 2019.
- AHMED, Z. et al. Does globalization increase the ecological footprint? Empirical evidence from Malaysia. **Environmental Science and Pollution Research**, n 26, p. 18565–18582, 2019.
- BAEK, J. et al. The environmental consequences of globalization: A country-specific time-series analysis. **Ecological Economics**, n. 68, p. 2255–2, 2009.
- BARBOSA, F. H. A crise econômica de 2014/2017. **Estudos avançados**, v. 31, p. 51-60, 2017.
- BECKER, B. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 53, 2005.
- BILGILI, J. Does globalization matter for environmental sustainability? Empirical investigation for Turkey by Markov regime switching models. **Environmental Science and Pollution Research**, n. 27, p. 1087–1100, 2020.
- BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY. **Downloads**. 2022. Disponível em: <<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>> 07/07/22.
- BRASIL. Lei nº 10.836, de 9 de janeiro de 2004. Cria o Programa Bolsa Família e dá outras providências. **Diário Oficial**, Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/110.836.htm> 07/07/22.
- BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima. **Diário Oficial**, Brasília, 2009. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm> 07/07/22.
- DINDA, S. Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. **Ecological economics**, v. 49, n. 4, p. 431-455, 2004.
- EPI – Environmental Performance Index. **Índice de Desempenho Ambiental**. Disponível em: <<https://global-reports.23degrees.eu/epi2022/environmental-performance-index-cace937a79f098>>. 07/06/22.
- FIGGE, L. et al. The effects of globalization on Ecological Footprints: an empirical analysis. **Environ Dev Sustain**, n. 19, p. 863–876, 2017.
- GALVÃO, O. Globalização e mudanças na configuração espacial: da economia mundial uma visão panorâmica das últimas décadas. **Revista Economia contemporânea**., Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 61-97, 2007.
- GENNARI, A. Globalização, neoliberalismo e abertura econômica no Brasil nos anos 90. **Pesquisa & Debate**, v. 13, n. 1 (21), p. 30-45, 2001.

GFN – Global Footprint Network. **Glossary**. Disponível em: <<https://www.footprintnetwork.org/>> 27/06/22.

GFN – Global Footprint Network. **The Ecological Footprint Atlas 2010**. Oakland: Global Footprint Network, 2010.

KAN, S. et al. China's forest land use change in the globalized world economy: Foreign trade and unequal household consumption. **Land Use Policy**, v. 103, 2021.

KOF – Instituto Econômico Suíço. **KOF Globalisation Index**. Disponível em: <<https://kof.ethz.ch/en/forecasts-and-indicators/indicators/kof-globalisation-index.html>>27/06/22.

LE, T. et. al. Trade openness and environmental quality: International evidence. **Energy policy**, v. 92, p. 45-55, 2016.

NARAYAN, P. K. The saving and investment nexus for China: evidence from cointegration tests. **Applied economics**, v. 37, n. 17, p. 1979-1990, 2005.

NARAYAN, P. K.; SMYTH, R. What determines migration flows from low-income to high-income countries? An empirical investigation of Fiji–Us migration 1972–2001. **Contemporary economic policy**, v. 24, n. 2, p. 332-342, 2006.

PESARAN, M. H.; SHIN, Y. An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis. 1995.

PESARAN, M. H.; SHIN, Y.; SMITH, R. J. Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. **Journal of Applied Econometrics**, v. 16, n. 3, p. 289–326, 2001.

PINTO, E.; GONÇALVES, R. Globalização e poder efetivo: transformações globais sob efeito da ascensão chinesa. **Economia e Sociedade**, IE/UNICAMP, Campinas, v. 24, n. 2, p. 449-479, 2015.

PHAM, H. A new criterion for model selection. **Mathematics**, v. 7, n. 12, p. 1215, 2019.
ROMEIRO, A. Globalização e meio ambiente. **Texto para Discussão**. IE/UNICAMP, Campinas, n. 91, 1999.

RUDOLPH, A.; FIGGE, L. Determinants of ecological footprints: what is the role of globalization?. **Ecological Indicators**, v. 81, p. 348-361, 2017.

SANTOS, A. T. Abertura comercial na década de 1990 e os impactos na indústria automobilística. **Fronteira: revista de iniciação científica em Relações Internacionais**, v. 8, n. 16, p. 107-129, 2009.

SEEG BRASIL – Sistema de Estimativa de Emissões de Gases de Efeito Estufa. **Análise das emissões brasileiras de e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970 – 2020**. SEEG, 2021.

SHAHBAZ, M. et al. Environmental Kuznets curve in an open economy: a bounds testing and causality analysis for Tunisia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 34, p. 325-336, 2014.

- SHAHBAZ, M. et al. The role of globalization on the recent evolution of energy demand in India: Implications for sustainable development. **Energy Economics**, v. 55, p. 52-68, 2016.
- VRIEZE, S. I. Model selection and psychological theory: a discussion of the differences between the Akaike information criterion (AIC) and the Bayesian information criterion (BIC). **Psychological methods**, v. 17, n. 2, p. 228, 2012.
- WACKERNAGEL, M.; REES, W. **Our ecological footprint: reducing human impact on the earth**. 6^a ed. New Society Publishers, Canada, 160p, 1996.
- WORLD BANK. **Indicators**. 2022. Disponível em: < <https://data.worldbank.org/indicator>> 07/07/22.
- WWF (BRASIL). **Pegada Ecológica? O que é isso?** WWFBrasil, 2022. Disponível em:< https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/Pegada_ecologica/o_que_e_Pegada_ecologica/> 06/07/22.
- ZIVOT, E.; ANDREWS, D. W. K. Further evidence on the great crash, the oil-price shock, and the unit-root hypothesis. **Journal of business & economic statistics**, v. 20, n. 1, p. 25-44, 2002.