

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS – UFPel
Centro de Engenharias
Programa de Pós Graduação em Ciências
Ambientais
Mestrado em Ciências Ambientais



**Análise das relações de causa e efeito entre a perda da área florestada,
subprodutos florestais e variáveis econômicas brasileiras e globais.**

Frantzso Pierre

Pelotas, 2022

Frantzso Pierre

Análise das relações de causa e efeito entre a perda da área florestada, subprodutos florestais e variáveis econômicas brasileiras e globais.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Engenharias da Universidade federal de Pelotas – UFPEL, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Dr. Darci Alberto Gatto

Co-orientador: Dr. Everton Anger Cavalheiro

Co-orientador: Dr^a. Silvia Helena Fuentes
Silva

Pelotas, 2022

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P622a Pierre, Frantzso

Análise das relações de causa e efeito entre a perda da área florestada, subprodutos florestais e variáveis econômicas brasileiras e globais / Frantzso Pierre ; Darci Alberto Gatto, orientador ; Everton Anger Cavalheiro, Silvia Helena Fuentes Silva, coorientadores. — Pelotas, 2022.

121 f.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Causalidade de Granger. 2. Cointegração. 3. Dados em painéis. 4. Floresta. 5. PIB per capita. I. Gatto, Darci Alberto, orient. II. Cavalheiro, Everton Anger, coorient. III. Silva, Silvia Helena Fuentes, coorient. IV. Título.

CDD : 330

Frantzso Pierre

Análise das relações de causa e efeito entre a perda da área florestada, subprodutos florestais e variáveis econômicas brasileiras e globais.

Dissertação apresentado (a) ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Data da Defesa:

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Darci Alberto Gatto (Orientador)

Doutor em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Santa Maria.

Prof. Dr. Everton Anger Cavalheiro (Coorientador)

Doutor em Administração pela Universidade Federal de Santa Maria.

Dr^a. Silvia Helena Fuentes da Silva (Coorientadora)

Doutora em Ingeniería de Materiales Renovables pela Universidad del País Vasco - UPV, Espanha.

Dr. Alisson Rodrigo Souza Reis (Membro externo)

Doutor em Ciências Agrárias pela Universidade Federal Rural da Amazônia.

Dr. Andreas Dittmar Weise (Membro externo)

Doutor em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina.

AGRADECIMENTOS

Nesta oportunidade gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram para que eu alcançasse tão importante conquista em tão curto espaço de tempo. A todos, a minha sincera e publica gratidão. Entretanto, desejo manifestar minha devota gratidão a Deus, primeiramente, por todas as bençãos concedidas para a realização deste sonho; aos meus pais Inocile Fleurismond e Justin Pierre (*in memoriam*), minhas irmãs e meus irmãos, que sempre torceram por mim e acreditaram na minha capacidade de vencer mais este desafio em minha vida;

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela bolsa e apoio financeiro que lhe permitiram dedicar-se em tempo integral ao programa de pós-graduação e à operacionalização do estudo.

À comissão de seleção da pós-graduação que me deu a oportunidade de ingressar no programa de Mestrado em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Pelotas (UFPel) e aos colegas do Curso, especialmente, Denise dos Santos Vieira que sempre me acompanha, principalmente nos momentos mais difíceis desse percurso. Em especial, ao professor, Orientador: Prof. Dr. Darci Alberto Gatto e a Professora, Co-orientadora: Dr^a. Silvia Helena Fuentes Silva, por toda ajuda e respaldo neste processo, por sempre demonstrarem compreensão e empatia com relação às minhas dificuldades, dentre elas, com o idioma português;

Ao professor, amigo e Co-orientador: Prof. Dr. Everton Anger Cavalheiro pelo incentivo e auxílio sempre presente. Certamente, sem a intervenção positiva e propositiva estes profissionais tão dedicados, não realizaria tão desafiadora tarefa, que só foi concretizada porque contei com profissionais altamente qualificados e comprometidos com o ensino e a pesquisa.

Menciono ainda, todos os professores do PPGCamb que de algum modo contribuíram e muito para minha formação, como o Professor Dr. Robson Andrezza, Dr. Rafael Concatto Beltrame, Profa. Dra. Diuliana Leandro, Profa. Dra. Gizele Ingrid Gadotti, Prof. Dr. Érico Kunde Corrêa, Profa. Dra. Luciara Bilhalva Corrêa, Profa. Dra. Andréa Souza Castro, Prof. Dr. Maurício Silveira Quadro, Profa. Dra. Tirzah Moreira Siqueira e sua família, Prof^a. Dra. Daniela Buske, Profa. Dra. Simone Pieniz, Profa. Dra. Marília Lazarotto, Profa. Dra. Larissa Medianeira Bolzan, Prof. Dr. Bruno Müller Vieira, Prof. Dr. André Luiz Missio, Prof. Dr. Rafael de Ávila

Delúcis, Prof. Dr. Willian César Nadaleti e tantos outros professores que me ajudaram nesta caminhada.

A todos vocês, sinceramente, deixo meu muito obrigado! Por fim, faço menção também aos meus colegas de pós-graduação em Ciências Ambientais que me ajudaram de uma forma ou de outra ao longo deste caminho. Por último, mas não menos importante, a todos os meus amigos, especialmente Cacilda Jandira Corrêa Mezzomo e familiares que me apoiaram na realização da Dissertação de Mestrado.

Resumo

A floresta é um recurso natural fundamental para sustentar o desenvolvimento econômico e a vida humana. Com o aumento das necessidades de matéria-prima, a interferência na floresta torna-se mais rigorosa para atender às necessidades dos consumidores e, também, visando sustentar o desenvolvimento econômico. No entanto, o desenvolvimento econômico pode ter impacto na qualidade ambiental. Da mesma forma, a qualidade ambiental também pode impactar no desenvolvimento econômico. Com base nessa ideia, este trabalho foi construído com três artigos. O primeiro artigo buscou identificar as relações de causa e efeito entre demanda, oferta e preço da madeira em tora sobre a produção de papel e celulose no Brasil no período de 2004 a 2018. O segundo artigo buscou analisar a relação entre a perda de cobertura florestal e o PIB per capita, em nível global, no período de 2002 a 2015. Por fim, o terceiro artigo buscou analisar as relações causais entre o desenvolvimento econômico e desmatamento na floresta amazônica brasileira. As variáveis usadas no primeiro artigo são: oferta, demanda e preço da madeira produzida no Brasil (madeira em toras destinada à produção de papel e celulose). No segundo artigo, foram investigados 174 países nos quais foram utilizadas as variáveis: perda de cobertura florestal e PIB per capita. Neste segundo artigo, foi avaliado o período de 2002 a 2015, devido à disponibilidade de dados obtidos com a perda da cobertura florestal. Por fim, no terceiro artigo, foram utilizadas as variáveis PIB per capita, Renda per Capita e o desmatamento das florestas da Amazônia brasileira, envolvendo 9 Estados no período de 2002 a 2019. Como resultado observou-se íntima relação, tanto no curto, quanto no longo prazo entre as variáveis econômicas e a perda de cobertura florestal, apontando para a existência de fluxos causais entre elas. Tais fluxos causais poderão ser utilizados para o estabelecimento de políticas públicas de gestão florestal e de reflorestamento. Estas políticas de reflorestamento poderiam diminuir a pressão sobre as florestas nativas. Além disso, poderiam estimular a economia, a geração de renda e o comércio de madeira.

Palavras-chave: Causalidade de Granger; Cointegração, Dados em Painéis; Floresta; Madeira em Tora; PIB per Capita.

Abstract

The forest is a fundamental natural resource for sustaining economic development and human life. As the need for raw materials increases, interference with the forest becomes more rigorous to meet consumer needs and also to sustain economic development. However, economic development can have an impact on environmental quality. Similarly, environmental quality can also impact economic development. Based on this idea, this paper was built with three articles. The first article sought to identify the cause and effect relationships between demand, supply, and price of roundwood on pulp and paper production in Brazil from 2004 to 2018. The second article sought to analyze the relationship between loss of forest cover and GDP per capita, globally, in the period from 2002 to 2015. Finally, the third article sought to analyze the causal relationships between economic development and deforestation in the Brazilian Amazon forest. The variables used in the first article are: supply, demand and price of wood produced in Brazil (roundwood for pulp and paper production). In the second article, 174 countries were investigated in which the variables used were: loss of forest cover and GDP per capita. In this second article, the period from 2002 to 2015 was evaluated, due to the availability of data obtained with the loss of forest cover. Finally, in the third article, the variables GDP per capita, Income per Capita and deforestation of forests in the Brazilian Amazon were used, involving 9 States in the period from 2002 to 2019. As a result, a close relationship was observed, both in the short and long term, between the economic variables and loss of forest cover, pointing to the existence of causal flows between them. Such causal flows can be used to establish public policies for forest management and reforestation. These reforestation policies could reduce the pressure on native forests. In addition, they could stimulate the economy, income generation, and wood trade.

Keywords: Granger causality. Brazilian and global economic variables. Roundwood supply.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição da área de florestas plantadas no Brasil.....	20
Tabela 2: Área de silvicultural no Brasil (em milhões de hectares)	21
Tabela 3: Quantidade de madeira em tora destinada para o uso de combustíveis (em milhões de m ³), segmentada pela origem (floresta nativa e reflorestamento).	22
Tabela 4: Valor de madeira em tora, origem e principais usos (valor em milhões de reais).	24
Tabela 5: Evidências teóricas e empíricas da relação entre o preço, a demanda e a oferta da oferta de madeira.	36
Tabela 6: Quantidade de madeira em tora, origem e principais usos.	43
Tabela 7: Teste de raiz unitária para as variáveis em nível (Lag 0) e em primeira diferença (Lag 1) das variáveis: Variação Percentual da Produção Física de Produtos de Madeira, Variação Percentual do Preço do M3 da Madeira e Variação Percentual da Quantidade de Madeira Produzida (em M3) no período de 2004 a 2018 (em bases anuais), aplicado ao modelo determinístico sem tendência e sem intercepto, com intercepto e com intercepto e com tendência.	44
Tabela 8: Teste de Cointegração de Pedroni para o modelo determinístico sem tendência e sem intercepto (None), com intercepto (Const) e com intercepto e com tendência (Trend) aplicado para as variáveis: Primeira Diferença da Variação Percentual da Produção Física de Produtos de Madeira, Variação Percentual do Preço do M3 da Madeira e Primeira Diferença da Variação Percentual da Quantidade de Madeira Produzida (em M3) para o período de 2004 a 2018 (em bases anuais).	45
Tabela 9: Teste de Causalidade de Granger, com dados em painéis, aplicado às variáveis: Primeira Diferença da Variação Percentual da Produção Física de Produtos de Madeira, Variação Percentual do Preço do M3 da Madeira e Primeira Diferença da Variação Percentual da Quantidade de Madeira Produzida (em M3) para o período de 2004 a 2018 (em bases anuais).	46
Tabela 10: Média anual do PIB per capita (em dólares americanos) dos países agrupados por características econômicas (LIC, LMC, UMC e HIC) no período de 2002 à 2015.	66
Tabela 11: Média anual do TCL dos países agrupados por características econômicas (LIC, LMC, UMC e HIC) no período de 2002 à 2015.	67

Tabela 12: Teste de raiz unitária para as variáveis em nível (Lag0) e em primeira diferença (Lag1) das variáveis: TCL e PIB per capita no período de 2002 a 2015 (em bases anuais), aplicado ao modelo determinístico sem tendência e sem intercepto, com intercepto e com intercepto e com tendência.	68
Tabela 13: Teste de Cointegração de Pedroni para o modelo determinístico sem tendência e sem intercepto (None), com intercepto (Const) e com intercepto e com tendência (Trend) aplicado para as variáveis: Primeira Diferença da TCL e PIB per capita para o período de 2002 a 2015 (em bases anuais).	69
Tabela 14: Teste de Causalidade de Granger, com dados em painéis, aplicado às variáveis Primeira Diferença da variável PIB per capita e Primeira Diferença da variável TCL para o agrupamento de países UMC, LMC, HIC e LIC, em bases anuais, no período de 2002 à 2015.	70
Tabela 15: Erro padrão, p-valor e significância dos coeficientes dos modelos de regressão com dados em painel (efeitos fixos e efeitos aleatórios) da variável exógena log TCL e variáveis endógenas: PIB per capita, PIB per capita ao quadrado e PIB per capita ao cubo, segregado por grupo de países: UMC, LMC, HIC e LIC, no período de 2002 à 2015.	74
Tabela 16: aumento anual da área desmatada (em km ²) da Floresta Amazônica brasileira no período 1988 a 2020.	91
Tabela 17: Teste de raiz unitária para as variáveis em nível (Lag 0) e em primeira diferença (Lag 1) das variáveis: Aumento da Área Desmatada, PIB per capita e a Renda per capita anual no período de 2002 a 2019 (em bases anuais), aplicado ao modelo determinístico sem tendência e sem intercepto, com intercepto e com intercepto e com tendência.	94
Tabela 18: Teste de Cointegração de Pedroni para o modelo determinístico sem tendência e sem intercepto (None), com intercepto (Const) e com intercepto e com tendência (Trend) aplicado para as variáveis: primeira diferença do Aumento da Área Desmatada, primeira diferença do PIB per capita e primeira diferença da Renda per capita anual para o período de 2003 a 2019 (em bases anuais).	95
Tabela 19: Teste de Causalidade de Granger, com dados em painéis, aplicado às variáveis: primeira diferença do Aumento da Área Desmatada, primeira diferença do PIB per capita e primeira diferença da Renda per capita anual para o período de 2003 a 2019 (em bases anuais).	96
Tabela 20: Coeficientes do teste de causalidade de Granger em que a variação do	

PIB per Capita é causada pela variação do Aumento da Área Desmatada no lag 2 (tempo t-2)..... 98

Tabela 21: coeficientes, erro padrão, razão de t, p-valor e significância do modelo de regressão com dados painéis (efeitos fixos), em que a variável endógena é a primeira diferença do Aumento da Área Desmatada e as variáveis exógenas são: a Renda Média Anual Per Capita (em dólares americanos) e o Quadrado da Renda Média Anual Per Capita (em dólares americanos) no período de 2003 à 2019. 100

LISTA DE FIGURAS

Figura Figura 1: quebras estruturais do aumento da área desmatada (em mil Km²) da Floresta Amazônica brasileira no período de 1988 a 2020. Fonte: elaboração própria a partir dos dados de INPE (2021) 92

Lista de siglas

ABRAF	Associação Brasileira de Apoio à Família
ABTCP	Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel
ATL	(<i>Annual área lost</i>) – Área anual de cobertura florestal perdida
EKC	(<i>Environmental Kuznets Curve</i>) ou Curva Ambiental de Kuznets
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FOR	(<i>Forestedland</i>) - a área florestada
HIC	(<i>High Income Countries</i>) – Países com alta renda
IBÁ	Indústria Brasileira de Árvores
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LIC	(<i>Low Income Countries</i>) – Países com baixa renda
LMC	(<i>Lower Middle Countries</i>) – Países com renda abaixo da média
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PPCDAM	Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal

PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio
PEVS	Extrativista Vegetal e Silvicultura
PIB	Produto Interno Bruto
SFB	Serviço Florestal Brasileiro
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
Lag	Legenda
SNIF	Sistema Nacional de Informações Florestais
TCL	<i>Tree Cover Loss</i> ou perda de cobertura florestal
UMC	<i>(Upper Middle Countries)</i> – Países com renda acima da média
UNFCCC	<i>United Nations Frame Work Convention on Climate Change</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVOS	18
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
1.3.1	Abordagem sobre o plantio florestal.....	19
1.3.2	Área de floresta plantada no brasil.....	20
1.3.3	Produção florestal no brasil.....	22
1.3.4	ECONOMIA FLORESTAL.....	24
1.3.5	Produto interno bruto, emprego e renda do setor florestal brasileiro	27
	CAPÍTULO I	29
2	INTRODUÇÃO	31
2.1	REFERENCIAL TEÓRICO.....	33
2.1.1	Visão geral da relação entre oferta, preço e demanda.....	33
2.1.2	Produção florestal e rentabilidade econômica.....	38
2.1.3	METODOLOGIA	39
2.1.3.1	Dados.....	39

2.1.3.2	Teste de raiz unitária	40
2.1.3.3	Cointegração em painel	41
2.1.3.4	Causalidade de granger com dados em painel	42
2.1.3.5	RESULTADOS	43
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	CAPÍTULO II	54
3	INTRODUÇÃO	55
3.1	REFERENCIAL TEÓRICO	57
3.1.1	Perda de cobertura florestal	57
3.1.2	Estrutura conceitual da hipótese ekC	58
3.1.3	METODOLOGIA	62
3.1.3.1	Variáveis utilizadas na pesquisa	62
3.1.3.2	Procedimentos metodológicos	63
3.1.3.3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
	CAPÍTULO III	82
4	INTRODUÇÃO	83

4.1	REFERENCIAL TEÓRICO.....	84
4.1.1	Causalidade no contexto da ekc	84
4.1.2	Amazônia brasileira.....	86
4.1.3	METODOLOGIA	88
4.1.3.1	Variáveis usadas na pesquisa	88
4.1.3.2	Teste de quebra estrutural	88
4.1.3.3	Teste de raiz unitária e cointegração de pedroni	89
4.1.3.4	Testes de causalidade de granger.....	90
4.1.3.5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	91
4.1.3.5.1	Análise do desmatamento da floresta amazônica brasileira	91
4.1.3.5.2	Cointegração e causalidade de granger usando dados em painel.....	94
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS.....	111
	REFERÊNCIAS.....	112
6	APÊNDICE A – CARTA DE ACEITE DO PRIMEIRO ARTIGO.	121

1 INTRODUÇÃO

As florestas, segundo Wendling *et al.* (2018) apresentam uma fonte vital para o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano, sendo fundamentais para o equilíbrio climático de nosso planeta (GLOBAL FOREST WATCH, 2019). De acordo com Wendling *et al.* (2018), as florestas cobrem quase um terço da área terrestre global, fornecendo abrigo para mais de 80% de toda a biodiversidade terrestre, sendo fundamentais ao sistema econômico global.

As florestas são responsáveis pelo fornecimento de matéria-prima para a indústria, gerando emprego e renda para 1,6 bilhões de pessoas ao redor do mundo (UN, 2016). Apesar de todos os seus benefícios diretos e indiretos, as florestas são afetadas pela interferência humana (WENDLING *et al.*, 2018). Esse impacto parece ser produzido pela promoção do crescimento econômico em nível global (JOSHI e BECK, 2016).

Portanto, devido às atividades econômicas relacionadas aos produtos florestais no mercado global, a demanda por produtos florestais tanto no mercado interno quanto no mercado externo estimula a produção florestal brasileira. Assim, a atividade de produção florestal desempenha um papel fundamental no fluxo de capital nacional (SNIF, 2020).

O Sistema Nacional de Informações Florestais, SNIF (2019), revela que no ano de 2019 no Brasil, dentre os produtos e subprodutos florestais, o papel e a celulose eram considerados os mais exportados tanto em quantidade quanto em valor, contribuindo ao desenvolvimento econômico do país (VALVERDE *et al.*, 2018). Ademais, as atividades silviculturais, contribuem para o aumento do PIB, gerando empregos e renda, além de colaborarem com a preservação de florestas nativas (VALVERDE *et al.*, 2018; WENDLING *et al.*, 2018; IBÁ, 2019).

Nesse sentido, segundo dados da ABRAF (2013), em 2012, o valor bruto da produção, apurado no setor de plantio florestal, totalizou R\$ 56,3 bilhões, 4,6% superior ao observado no ano de 2011. As atividades da cadeia produtiva do setor florestal contribuem para a geração de cerca de 5 milhões de empregos no Brasil. Além disso, o reflorestamento pode ser uma solução para diminuir a pressão sobre a floresta nativa (VALVERDE *et al.*, 2018).

Muito tem se debatido, na literatura específica e na mídia, de forma geral, a

relação entre a qualidade ambiental e o crescimento econômico. O debate sobre o tema tem se tornado relevante para o avanço nesta aparente dicotomia, sendo fundamental, portanto, a conciliação entre essas variáveis (COONDOO e DINDA, 2002; ADEODATO *et al.*, 2011; ABRAMOVAY, 2020; BOHR, 2020; KRONENBERG *et al.*, 2020; PORCHER, 2020; AIT-OUAHIOUNE e BELAID, 2020; TELLMAN *et al.*, 2020; TERRACINA-HARTMAN, 2020; DONNADIER, 2021).

Sendo assim, Coondoo e Dinda (2002), Dinda (2004), Lee, Chiu e Sun (2010) argumentaram que o desenvolvimento econômico decorre de um determinado impacto na qualidade ambiental, como a extração de madeira, ou a produção agrícola, por exemplo. Ou seja, sem o impacto ambiental é impossível haver o crescimento econômico (JOSHI e BECK, 2016).

Contudo, entende-se que o impacto na qualidade ambiental ocorre, frequentemente, com maior ênfase na primeira fase do desenvolvimento econômico até atingir determinado ápice na perda da qualidade ambiental. Na medida em que o crescimento econômico se amplia, chega-se à segunda fase. Neste segundo momento ocorre melhoria na qualidade ambiental (LEE, CHIU e SUN, 2010; JOSHI e BECK, 2016; LIU *et al.*, 2017; CUARESMA *et al.*, 2017; LEBLOIS *et al.*, 2017; CUARESMA e HEGER, 2019). Da mesma forma, existe a possibilidade da ocorrência de uma terceira fase em que a qualidade ambiental volta a cair na medida em que ocorre o aumento do desenvolvimento econômico (JOSHI e BECK, 2016).

Essa ideia refere-se à hipótese da curva ambiental de Kuznets (*Environmental Kuznets Curve - EKC*), tendo como principal determinante a relação na forma de U invertido ou de N entre a qualidade ambiental e a renda per capita (JOSHI e BECK, 2016). Em muitos estudos, tal hipótese é utilizada para analisar a dinâmica entre as variáveis citadas (GROSSMAN e KRUEGER, 1991; COONDOO e DINDA, 2002; DINDA, 2004; LEE, CHIU e SUN, 2010; JOSHI e BECK, 2016; CUARESMA e HEGER, 2019; CAVALHEIRO *et al.*, 2020; TENAW e BEYENE, 2021; ARNAUT e LIDMAN, 2021).

Nessa perspectiva, busca-se, nesta pesquisa, analisar a relação entre o desenvolvimento econômico e a qualidade ambiental. Em outras palavras, busca-se analisar as relações causais entre a área florestal, a oferta de produtos madeireiros e algumas variáveis econômicas brasileiras e de nível global. Assim, objetiva-se saber quais são as relações causais entre a área florestada e a oferta de produtos madeireiros e as variáveis econômicas brasileiras e de nível global.

1.1 OBJETIVOS

Identificar as relações causais entre a área florestada e a oferta de madeira em tora e as variáveis econômicas brasileiras e globais.

1.2 Objetivos específicos

Como forma de atingir o objetivo geral, obteve-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar as relações de causa e efeito entre oferta, demanda e preço da madeira em tora sobre a produção de papel e celulose no Brasil no período de 2004 a 2018;
- b) Analisar a relação entre a perda de cobertura florestal e o PIB per capita, em nível global, no período de 2002 a 2015;
- c) Testar a hipótese da curva ambiental de Kuznets, em nível global e no Brasil;
- d) Analisar as relações causais entre o desenvolvimento econômico e desmatamento na floresta amazônica brasileira.

1.3 REFERENCIAL TEÓRICO

1.3.1 Abordagem sobre o plantio florestal

Até o século XX haviam abundantes florestas nativas ao redor do mundo, que gradualmente foram utilizadas como fonte de matéria-prima para as indústrias madeireiras. Por outra via, o estabelecimento de plantio de árvores, em grande escala, só foi introduzido na década de 1960, com o objetivo de reduzir a taxa de desmatamento que era predominante em florestas nativas (McEWAN *et al.*, 2019). Assim, o plantio florestal (silvicultura) tem sido uma estratégia contínua, estabelecida para atender à crescente demanda global por produtos madeireiros, contribuindo para o desenvolvimento econômico (FAO, 2016; McEWAN *et al.*, 2019).

No Brasil, o plantio de árvores, com foco ao atendimento das demandas industriais, foram motivadas pelo aumento dos preços da madeira, à medida que a disponibilidade de florestas nativas diminuíram, isto é, a oferta de madeira economicamente acessível, naquele período, caía resultando, portanto, no aumento dos preços. As florestas plantadas eram vistas como uma fonte suplementar à demanda de madeira. No início, o reflorestamento envolvia simplesmente o plantio de sementes coletadas em povoamentos primitivos (TAIZ e ZEIGER, 2013).

Com o advento do plantio comercial de árvores, com foco ao atendimento das indústrias, observou-se um claro incentivo ao desenvolvimento econômico brasileiro (IBÁ, 2019). Desta forma, as florestas plantadas se tornaram cada vez mais atrativas, sob a ótica de investimento para a futura produção industrial de madeira (GONTIJO, 2018). Atualmente, o plantio industrial de madeira está substituindo a utilização de madeira de origem nativa, que não estão mais disponíveis para a colheita devido às mudanças de políticas ambientais (ASSIS *et al.*, 2015).

Neste sentido, de acordo com Grossnickle e Macdonald (2017) e Mcewan *et al.* (2019), têm-se uma expectativa de aumento da utilização de madeira de origem de florestas plantadas. A utilização decorre do aumento das pressões para que se dedique as florestas nativas a outros usos, tais como a preservação da biodiversidade, por exemplo. Isso porque as florestas plantadas, de manejo

intensivo, fornecem um dos meios mais promissores para a remoção da pressão da colheita das florestas nativas, permitindo assim um outro caminho ao desenvolvimento econômico. Assim, a política de reflorestamento proposta pelo Brasil tem seus benefícios na preservação de florestas nativas e para o desenvolvimento econômico (ADEODATO *et al.*, 2011; BARCELLOS, 2019; SNIF, 2019) .

1.3.2 Área de floresta plantada no Brasil

O setor florestal brasileiro desempenha um importante papel na preservação das florestas nativas e na contribuição para o desenvolvimento econômico (SNIF, 2019, IBÁ, 2019). Em pesquisas que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) realizaram na área de plantio florestal, em parceria com as pesquisas Produção Extrativista Vegetal e Silvicultura - PEVS e com a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), relataram que o Brasil tem cerca de 10 milhões de hectares de florestas plantadas (BRASIL, 2019). Na Tabela 1 apresenta-se a composição da área de florestas plantadas no Brasil.

Tabela 1: Composição da área de florestas plantadas no Brasil

Plantio	Área (em há)	%
Eucalipto	7.401.334	75,2
Pinus	2.030.419	20,6
Outras espécies florestais	407.933	4,2
Total	9.839.686	100,0

Fonte: adaptado de Brasil (2019)

Observa-se na Tabela1, que dentre as opções de árvores a serem utilizadas para o plantio de novas áreas, destacam-se o Eucalipto e o Pinus, que correspondem por 96,1% da área silvicultural (IBGE, 2020). Apesar dos esforços destinados ao plantio de novas áreas, as florestas plantadas, ocupam apenas 1,2% da área total de todo o país e 2% do total das áreas florestais (BRASIL, 2019). Na Tabela 2 é possível observar a evolução das áreas de florestas plantadas no Brasil.

Tabela 2: Área de silvicultural no Brasil (em milhões de hectares)

Plantio	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Eucalipto	4,90	5,05	5,30	5,47	5,56	5,63	5,67	5,69	5,67
Pinus	1,76	1,56	1,56	1,57	1,56	1,58	1,58	1,57	1,57
Outras espécie florestais	0,46	0,49	1,31	0,56	0,59	0,59	0,59	0,59	0,59
Total	7,12	7,10	8,18	7,60	7,71	7,80	7,85	7,84	7,83

Fonte: adaptado de (IBA, 2019).

Na Tabela 2, observa-se a estimativa de 7,83 milhões da área total de árvores plantadas em 2018 no Brasil (IBÁ, 2019). Dessa forma, percebe-se que houve um aumento de 10% na área total de árvores plantadas em 2018 em relação a 2010 (IBÁ, 2019). Observa-se também que os plantios de eucalipto ocuparam 5,7 milhões de hectares, e, ao mesmo tempo constata-se que a área destinada ao plantio de Pinus ocupa 1,6 milhões de hectares, e outras espécies florestais incluindo acácia negra, seringueira, teca e paricá, ocupam cerca de 590 mil hectares (IBÁ, 2019).

Diante disso, a BRACELPA (2012) destaca que as florestas plantadas proporcionam boa produtividade para atender às necessidades industriais. Porém para manter o ciclo de plantio, colheita e atendimento às indústrias de forma consistente, é necessário seguir plantando a fim de haver a renovação das florestas plantadas e, portando, manter a oferta de madeira.

Assim, entende-se que os plantios florestais, seguindo o plano de manejo sustentável, serão capazes de reduzir o significativo impacto ambiental e também promover o desenvolvimento econômico brasileiro (ADEODATO *et al.*, 2011; BRACELPA, 2012; VALVERDE *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2019).

Ademais, com o advento dos plantios florestais a pressão sobre as florestas nativas diminuí ou perde força. Além disso, oferece a oportunidade de gerar benefícios sociais e econômicos, isto é, na geração de emprego e renda (VALVERDE *et al.*, 2018; IBÁ, 2019; SNIF, 2017; SNIF, 2019).

1.3.3 Produção florestal no Brasil

O cultivo de árvores, para a produção de madeira, é uma atividade essencial ao desenvolvimento econômico (ANDREJOW *et al.*, 2018; SANTORO *et al.*, 2020). De acordo com boletim do Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF, 2017), entende-se que essa atividade tem a ver com o processo de transformação de matérias-primas em bens de consumo (produtos).

A este respeito, os produtos florestais lenhosos, de grande relevância comercial, são usados na produção de celulose e papel, carvão vegetal, madeira serrada e madeira tratada (BARCELLOS, 2019; SNIF, 2017; SNIF, 2019). Em vista disso, a produção de madeira colaborou no desenvolvimento econômico com receitas totais no valor R\$ 18,5 bilhões, em 2018. O Sistema de Informações Florestais destaca também que, desse valor total, R\$ 2,6 bilhões vêm da floresta nativa e R\$ 15,9 bilhões da produção florestal, o que equivale a 86% do total (SNIF, 2019).

Dentre as destinações (ou usos) da madeira de origem de florestas plantadas, destaca-se que 81,6% da madeira, equivalente a 101,1 milhões de metros cúbicos, foram destinados para uso combustível e um total de 146 milhões de metros cúbicos de madeira, equivalente a 92,7% do total, foram destinadas para uso industrial (SNIF, 2019). Na Tabela 3 apresenta-se a quantidade de madeira em tora origem, destinada para o uso de combustíveis (em milhões de m³).

Tabela 3: Quantidade de madeira em tora destinada para o uso de combustíveis (em milhões de m³), segmentada pela origem (floresta nativa e reflorestamento).

Origem	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Floresta nativa	62,88	62,50	58,52	52,52	50,88	45,65	40,76	37,16	34,41
Reflorestamento	191,43	210,62	229,42	229,70	238,65	221,49	226,61	238,69	247,53
Total	254,32	273,12	287,94	282,22	289,53	267,13	267,37	275,85	281,94

Fonte: adaptado do Brasil (2019).

Observa-se na Tabela 3, que o número total de madeira processada em 2018 foi de aproximadamente 282 milhões de metros cúbicos, porém a maior proporção da madeira destinada ao uso de combustíveis foi proveniente da área de

reflorestamento (247 milhões de metros cúbicos). Então, ao se considerar o período de 2010 a 2014, observou-se que houve um aumento de 25,1% de colheita de madeira (de 191 para 239 milhões de metros cúbicos).

Nos dois anos seguintes, 2015 e 2016, constatou-se nas áreas reflorestadas uma queda de 7,9% de volume de madeira processada (de 239 para 221,5 e para 227 milhões de metros cúbicos). Essa queda foi resultado da situação econômica que o país enfrentou, em que o PIB nacional impactou no PIB do setor, ocorrendo uma redução de 3,3% (IBÁ, 2017; Burgess, 2019). Assim, com a queda do PIB poderia haver possibilidade de interferência no setor florestal, ocorrendo por exemplo o aumento do desmatamento ilegal. Além disso, essa crise econômica pode reduzir a possibilidade de investimento na silvicultura. Posteriormente, em 2017 e 2018, houveram aumentos no volume de madeira processada de origem de reflorestamento (5,3% e 3,7%, respectivamente).

Assim, de acordo com as informações apresentadas pelo IBGE em parceria com a Produção da Extração Vegetal e Silvicultura (PEVS, 2017; PEVS, 2018), o volume de madeira processada aumentou com o impulso da silvicultura. Entendeu-se que sua participação foi de 11,1% na produção (PEVS, 2018). Assim, a contribuição da silvicultura na produção permite entender o aumento de 29,3% no volume de madeira processada de origem de áreas reflorestadas (de 191 para 247 milhões de metros cúbicos), no período 2010 a 2018.

Em contrapartida, observa-se uma redução do volume de madeira extraída de origem de florestas nativas (de 62 para 34 milhões de metros cúbicos) equivalente a uma queda de 45% no volume total. Isso pode ser justificado pela política baseada no controle da extração de madeira, de espécies nativas, na intenção de incentivar à preservação dessas florestas (PEVS, 2017; PEVS, 2018). Desta forma, permitindo que as atividades de extração de madeira na área de floresta plantada ganhem mais destaque no mercado para atender a demanda do consumidor. Assim, pode ser entendido que essa prática resulta no aumento da madeira extraída de áreas reflorestadas e consequente redução em áreas de florestas nativas (IBÁ, 2019, SNIF, 2019).

Segundo o SNIF (2019), embora a quantidade de madeira de origem de área reflorestada seja maior que a quantidade de madeira extraída da floresta nativa, em termos de valor/volume, a madeira extraída na área de floresta nativa tem um valor

agregado maior (R\$ 76,67/m³ da madeira de origem de reflorestamento e R\$ 64,22/m³ da madeira de origem de florestas nativas).

O Sistema de Informações Florestais destaca que 66,2% dos 34.409.199 m³, são destinadas para uso combustível (SNIF, 2019). Porém, de acordo com a entidade, a madeira para uso industrial apresentou valor superior, ou seja, R\$ 159,48/m³ para uso industrial e R\$ 34,47/m³ para uso como carvão e lenha. Na Tabela 4, apresentam-se os valores de madeira em tora, origem e principais usos.

Tabela 4: Valor de madeira em tora, origem e principais usos (valor em milhões de reais).

Origem	Utilização	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Floresta Nativa	Combust.	1,321	1,321	1,259	1,223	1,235	1,134	1,020	858	786
	Industrial	2,156	2,709	2,007	1,904	2,017	2,068	1,839	1,925	1,852
	Subtotal	3,431	4,030	3,266	3,127	3,252	3,202	2,859	2,783	2,638
Reflorestada	Combust.	3,315	4,135	4,640	4,950	5,666	4,773	4,710	4,854	6,204
	Industrial	7,246	8,862	9,413	9,059	10,256	8,570	9,037	9,586	9,694
	Subtotal	10,561	12,997	14,053	14,009	15,922	13,343	13,747	14,440	15,898
Total		13,992	17,027	17,319	17,136	19,174	16,545	16,606	17,223	18,536

Fonte: adaptado de Brasil (2019).

Na Tabela 4, pode-se observar que, em 2018, a produção de madeira apresentou um valor equivalente a R\$ 18,5 bilhões (madeira utilizada para combustíveis e na indústria). Nota-se também que entre 2010 e 2018 houve um aumento no valor, equivalente a 32%, ou seja, (de R\$ 13,992 para R\$ 18,536 bilhões). No mesmo período, foi observada uma redução de R\$ 3,431 bilhões para R\$ 2,638 bilhões, equivalente a 30% no valor da produção de madeira extraída na área nativa e um aumento de 51% no valor da madeira destinada aos produtos madeireiros de origem de florestas plantadas (R\$ 10,561 bilhões para 15,898 bilhões) (IBÁ, 2019; SNIF, 2019).

1.3.4 Economia Florestal

A economia florestal é importante para o uso racional de recursos para a produção, distribuição e consumo de bens e serviços florestais, como produtos madeireiros, por exemplo. Assim, entende-se que contribui para a economia do setor florestal, tais como: compras, vendas, tributação e manejo florestal e seus produtos

(DA SILVA *et al.*, 2005).

Diante disso, entende-se que o setor florestal brasileiro tem sua participação no fortalecimento da economia nacional, gerando produtos para consumo dentro ou fora do país, gerando impostos e empregos para a população, além de atuar na garantia e conservação dos recursos naturais (VALVERDE, 2018; IBÁ, 2019; DA PONTE *et al.*, 2021; BRANDÃO *et al.*, 2021). Da mesma forma, a economia florestal valoriza o modelo de política produtiva que permite conciliar lucro e conservação, fornecendo produtos e serviços de origem ambiental, proporcionando a melhoria na qualidade de vida e o acesso à renda e oportunidades de emprego para as comunidades locais. Substituindo, portanto, o desmatamento por práticas de florestamento e reflorestamento (FAO, 2016; WENDLING *et al.*, 2018; MCEWAN *et al.*, 2020).

Portanto, em uma avaliação dos efeitos da produtividade do setor florestal, pode-se verificar que há retornos econômicos substanciais no desenvolvimento de novos produtos e de novas tecnologias no processamento da madeira. A produtividade agregada de espécies é uma realidade cada vez mais comum dentro do mercado de silvicultura brasileiro (XAVIER *et al.*, 2013).

Por outro lado, uma das principais razões para o aparente baixo retorno dos investimentos no cultivo de árvores parece ser o longo atraso entre a introdução de uma inovação no local e a captura dos benefícios financeiros na colheita. Assim, embora um agricultor possa obter os retornos de seu investimento em sementes melhoradas em uma temporada, o proprietário de uma floresta deve esperar até a colheita, que pode levar décadas. Dados os juros compostos, os retornos adicionais devem ser grandes para compensar o custo do dinheiro no tempo. Essa consideração beneficia o desenvolvimento econômico (ASSIS *et al.*, 2015).

Outra razão para a falta de benefícios econômicos do manejo florestal e do plantio de árvores é a grande projeção de florestas antigas em outras partes do país, que servem para limitar o aumento de preço que pode ser esperado no futuro. Em outras palavras, faz sentido investir em atividades que produzam árvores de crescimento mais rápido quando há grandes volumes de madeira madura que já estão disponíveis para exploração madeireira. Assim, o retorno econômico do investimento em manejo florestal incentiva o crescimento da produção de árvores plantadas (GROSSNICKLE e MACDONALD, 2017).

Muitas empresas de produtos florestais de médio e grande porte estão investindo uma quantidade considerável de esforços no cultivo de árvores como eucalipto, pinus, acácia, entre outras. (VALVERDE, 2018; IBÁ, 2019; SNIF, 2020). Sendo uma maneira de auxiliar na proteção das florestas nativas e evitar a pressão crescente oriunda do desmatamento, além de também ser uma estratégia que auxiliar no desenvolvimento econômico brasileiro (GONTIJO, 2018; VALVERDE, 2018; IBÁ, 2019; SNIF, 2020).

Nesta ótica, à medida que menos florestas nativas estão disponíveis para exploração madeireira, o valor das plantações de crescimento rápido tende a aumentar, assim como os retornos dos investimentos que promovem o crescimento rápido (ANDRADE *et al.*, 2006). Por conseguinte, a IBÁ (2019) destaca que a presença do setor silvicultural, para o atendimento das demandas industriais, tem uma importância fundamental no desenvolvimento econômico brasileiro.

Segundo o IBÁ (2017), o Brasil tem passado por crises econômicas, apontando para a reversão do PIB, em que ocorre o declínio da maioria dos setores econômicos e um consequente maior preço da moeda norte-americana. A desaceleração da inflação e a redução das taxas de juros têm dado esperanças de uma possível recuperação econômica em um futuro próximo.

A partir dessa ideia, pode-se entender que a crise econômica que o país atravessava em 2016, repercutiu no setor florestal brasileiro (IBÁ, 2017; SNIF, 2017; Burgess *et al.*, 2019). Observou-se que em 2015 e 2016 o setor acumulou queda equivalente a 7,4% do PIB nacional, fazendo com que o PIB do setor atingisse US\$ 71,1 bilhões, o que representou uma queda de 3,3% (IBÁ, 2017).

Nesse sentido, o relatório da IBÁ em 2017 demonstrou que a valorização do real frente ao dólar tem permitido uma redução nos custos relacionados à importação de fertilizantes e insumos utilizados na produção florestal. Da mesma forma, entendeu-se que isto contribui para diminuir a inflação do setor de árvores plantadas em compensação ao aumento geral dos preços (IBÁ, 2017).

De acordo com as ideias nos relatórios de Ibá (2017), Ibá (2019) e Burgess *et al.* (2019), entenderam que a queda do PIB nacional impactou no PIB do setor florestal, indicando que, na busca de compensar o déficit ocorrido no momento, têm-se causando a pressão na floresta; isto é, desmatamento tanto legal quanto ilegal para outros fins, por exemplo.

Da mesma forma, entendeu-se que a demanda do mercado externo

apresentou um estímulo à extração de madeira na área reflorestada. O que significa que com forte demanda no mercado externo, os produtos florestais madeireiros continuaram aquecidos, sendo um meio que proporcionou a possibilidade de aumentar o nível de produção e o preço de venda (IBÁ, 2017).

1.3.5 Produto Interno Bruto, emprego e renda do Setor Florestal Brasileiro

O produto interno bruto (PIB) de um país é considerado como uma medida eficaz para avaliação do desenvolvimento econômico (SOARES *et al.*, 2014; JÚNIOR *et al.*, 2018). Neste sentido, os autores afirmaram que para medir a atividade econômica de um país, o PIB apresenta um dos indicadores mais utilizados na economia. De acordo com Soares *et al.* (2014) em valor monetário, o produto interno bruto (PIB) representa a soma que envolve todos os bens e serviços ofertados em um país durante um determinado período de tempo.

Neste sentido, o PIB do setor florestal brasileiro tem impacto significativo no desenvolvimento econômico (SOARES *et al.*, 2014; VALVERDE *et al.*, 2018; IBÁ, 2019; SNIF, 2019). Segundo a IBÁ (2019) a evolução deste segmento superou a média nacional, em 2018, em que houve um aumento de 1,1% do PIB, enquanto o da agropecuária cresceu 0,1%, o setor de serviços cresceu 1,3% e a indústria em geral apresentou crescimento de 0,6%. Por outro lado, o setor de produção florestal encerrou o ano com uma participação estimada de 1,3% do PIB nacional e de 6,9% do PIB industrial.

Além disso, Valverde *et al.* (2018) mencionaram que o setor florestal brasileiro na produção, emprego, arrecadação de impostos, exportações e pagamentos de salários apresenta-se como engrenagens ou elementos essenciais para impulsionar o desenvolvimento econômico.

A geração de empregos e renda pode permitir que um país cresça economicamente. No Brasil, os empregos gerados pelo setor florestal para a produção de madeira contribuem para o desenvolvimento econômico. Assim, a IBÁ (2019) apontou que 513 mil pessoas foram empregados diretamente pelo setor florestal, estima-se que, no total, a quantidade de postos de trabalho diretos e indiretos das atividades de base florestal decorrentes do efeito renda foram da

ordem de 3,8 milhões.

Assumindo-se que o número de empregos gerados diretamente e o salário médio líquido dos trabalhadores, a receita gerada pelo setor foi da ordem de R\$ 10,2 bilhões (IBÁ, 2019). Desse total, a estimativa é que R\$ 9,2 bilhões tenham sido adicionados ao consumo das famílias, enquanto o valor restante foi direcionado à economia nacional (IBÁ, 2019). A partir disso, pode-se entender que o setor florestal contribui positivamente na geração de empregos, sendo um aspecto importante do desenvolvimento econômico brasileiro.

No entanto, o impacto do setor florestal na economia é determinado quando há um aumento da demanda por seus produtos. Assim, pode provocar mudanças na receita, no PIB, no emprego gerado, nos impostos arrecadados etc (VALVERDE *et al.*, 2003). Nesse sentido, os autores destacaram que o efeito do aumento da produção em um setor tem sobre outros setores, devido ao crescimento da demanda de seus produtos pelos consumidores, e que resulta em variações na renda, emprego, produção e impostos em toda a cadeia produtiva.

Assim, à medida em que o setor florestal ofereça seus produtos de madeira a um preço acessível, haverá mais demanda por produtos projetados e, assim, também haverá a possibilidade de mais empregos, renda etc. Porém, se o produto florestal for apresentado a um preço alto, isso pode permitir que os consumidores se retirem ou não se interessem pelo produto devido ao preço alto. Esta pode ser uma forma que pode impactar no desemprego, na renda, na arrecadação de impostos etc. (ALVES e JACOVINE, 2020).

Assim, essa ideia permite concluir que, é possível que a relação entre o setor florestal e o desenvolvimento econômico continue sendo uma realidade entre a ciência econômica e o meio ambiente. Em reconhecimento ao potencial florestal brasileiro; esse recurso florestal pode ser um meio de promover o desenvolvimento econômico do país. Como a economia apresenta o motor de desenvolvimento de um país ela pode também ajudar na preservação da floresta nativa, beneficiando o desenvolvimento econômico por meio das práticas de reflorestamento, por exemplo.

CAPÍTULO I

IDENTIFICAÇÃO DA RELAÇÃO DE CAUSA-EFEITO ENTRE OFERTA, DEMANDA E PREÇO DA MADEIRA NO BRASIL: UMA ANÁLISE UTILIZANDO DADOS EM PAINÉIS

RESUMO: Este artigo tem como objetivo identificar a existência da relação de causa e efeito entre preço, demanda e oferta de madeira no Brasil de 2004 a 2018, em que se utilizou o índice de Produção Física de Produtos de Madeira, para se determinar a demanda, a Quantidade de Madeira Produzida para se analisar a oferta e a o Preço da Madeira. Para atingir o objetivo da pesquisa, realizaram-se os testes de raiz unitária, cointegração e Causalidade de Granger. Observou-se que o preço e a demanda causam impacto de longo prazo sobre a oferta de madeira pelo estímulo ao aumento da área plantada. Em curto prazo o preço estimula a oferta de madeira por aumentar a área de floresta economicamente acessível, assim como estimula o corte antecipado de novas áreas plantadas. Por fim, observou-se que a oferta impacta na demanda em longo prazo devido ao ajuste nos preços da madeira. Tais resultados, portanto, tem potencial de impacto no estabelecimento de políticas que auxiliam no processo de regulação e otimização do mercado madeireiro brasileiro.

Palavras-chave: Demanda; oferta; preço; Causalidade de Granger; dados do painel

IDENTIFICACIÓN DE LA RELACIÓN CAUSA-EFECTO ENTRE OFERTA, DEMANDA Y PRECIO DE MADERA EN BRASIL: UN ANÁLISIS CON DATOS EN PANELES

RESUMEN: Este artículo tiene como objetivo identificar la existencia de una relación de causa y efecto entre el precio, la demanda y la oferta de madera en Brasil de 2004 a 2018. Se utilizó el índice de producción física de productos de madera para determinar la demanda, y la cantidad de madera producida para analizar la oferta y el precio de la madera. Para lograr el objetivo de la investigación se realizaron pruebas de raíz unitaria, cointegración y causalidad de Granger. Se observó que el precio y la demanda tienen un impacto a largo plazo en la oferta de madera al estimular el aumento de la superficie plantada. En el corto plazo, el precio estimula el suministro de madera al aumentar la superficie forestal económicamente accesible, además de estimular la tala de nuevas áreas plantadas con anticipación. Finalmente, se observó que la oferta impacta la demanda a largo plazo debido al ajuste en los precios de la madera. Estos resultados, por lo tanto, tienen el potencial de impactar el establecimiento de políticas que ayuden en el proceso de regulación y optimización del mercado brasileño de madera.

Palabras clave: demanda; oferta; precio; Causalidad de Granger; panel de datos

IDENTIFICATION OF THE CAUSE-EFFECT RELATIONSHIP BETWEEN WOOD SUPPLY, DEMAND AND PRICE IN BRAZIL: AN ANALYSIS USING DATA ON PANELS

ABSTRACT: This article aims to identify the existence of cause-and-effect relationship between price, demand and supply of wood in Brazil, from 2004 to 2018. The index of physical production of wood products was used to determine demand, and the quantity of wood produced to analyze the supply and the price of wood. To achieve the research objective, unit root, cointegration and Granger Causality tests were performed. It was observed that price and demand have a long-term impact on the supply of wood by stimulating the increase in planted area. In the short term, the price stimulates the supply of wood by increasing the economically accessible forest area, as well as stimulating the cutting of new planted areas in advance. Finally, it was observed that supply impacts long-term demand due to the adjustment in wood prices. These results, therefore, have the potential to impact the establishment of policies that could guide the process of regulation and optimization of the Brazilian wood market.

keywords: demand; supply; price; Granger's causality; panel data

2 INTRODUÇÃO

O mercado florestal global tem passado por mudanças radicais, segundo Chamberlain *et al.* (2020) essas mudanças têm implicações importantes para as florestas e as indústrias. A plantação florestal brasileira representa uma parte crescente do total de florestas em todo o mundo e uma fonte cada vez mais importante de produção de produtos de madeira (IBÁ, 2019). Irland *et al.* (2001) e Wu *et al.* (2020) destacaram que a produção florestal fortalece o abastecimento das indústrias madeireiras, como celulose e papel, impactando, inclusive, nos custos de produção devido à maior oferta de madeira no mercado. No entanto, os consumidores e os empresários devem se adaptar à essência do mercado que se resume nas variações entre preço, oferta e demanda.

Neste sentido, entende-se que as áreas plantadas no Brasil estão estimadas hoje em torno de 9 milhões de hectares, quase todas de espécies exóticas (IBÁ, 2019). Apenas a área plantada com eucalipto, representa cerca de 75% do total. Pinus é o segundo gênero mais comum, representando cerca de 15% da área total de plantio, enquanto que outros gêneros representam cerca de 10% da área total de plantio, em que se destaca a plantação de acácia, teca e paricá e outras espécies restantes permanecem apenas marginalmente presentes.

D'Arace *et al.* (2019) indica que o Brasil é um dos principais produtores de madeira em tora. Além disso, o setor florestal brasileiro tem grande potencial econômico, respondendo por 6,9% do PIB industrial, apresentando um faturamento bruto de R\$ 86,6 bilhões (IBÁ, 2019). Assim, segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2018) em parceria com Ibá (2019), mostram que a atividade silvicultural gerou R\$ 11,4 bilhões em 2018. No mesmo ano foram produzidos 21,1 milhões de toneladas de celulose e 10,7 milhões de toneladas de papel.

Assim, Ângelo *et al.* (2009) destacam que as florestas brasileiras plantadas são um importante insumo para a indústria de madeira em tora e celulose e têm recebido bastante atenção de outros países, como a China, por exemplo. Entende-se que a China é um país de renome em termos industriais, em que a demanda por produtos florestais, daquele país, tendem a impactar diretamente o mercado

brasileiro, influenciando o interesse do produtor brasileiro no plantio de novas áreas para atender tais demandas.

Neste sentido, têm-se que entre 2010 a 2017, a área florestada e reflorestada brasileira aumentou 8,46%, ou seja, passou de 191 para 239 milhões de metros cúbicos. Em 2017, foram tratados 276 milhões de metros cúbicos de madeira e, dessa maioria, 239 milhões de metros cúbicos vieram de áreas reflorestadas. A madeira foi utilizada, principalmente, pela indústria de processamento de madeira e para a geração de energia BRASIL (2019).

Neste contexto, e dado a dinâmica, o tamanho e a maturidade deste mercado, poder-se-ia esperar a existência do impacto mútuo entre as três variáveis objeto de estudo desta pesquisa (demanda, oferta e preço de madeira brasileira). Nesta ótica, Turner e Buongiorno (2004), Toppinen *et al.* (2005), De Santana *et al.* (2011), Sampaio (2015), Zhang *et al.* (2015), Zhang *et al.* (2017) destacam a existência de correlação e cointegração entre demanda, preço e oferta no mercado de madeira, denotando íntima relação entre as variáveis, o que poderia sugerir a existência de fluxos causais entre elas.

Outrossim, de acordo com Eriksson (2018) a existência do fluxo causal pode ser importante, por exemplo, quando a direção causal entre preço, oferta e demanda tem implicações políticas significativas. Por outro lado, a não utilização deste método pode levar a conclusões equivocadas a cerca das movimentações entre as variáveis e, portanto, a um estabelecimento incorreto de políticas de preços, de demanda e de oferta.

Neste sentido, Shi *et al.* (2019) explicam que, a variação entre preço, demanda e oferta dá origem a um conjunto de dados, na forma de séries temporais, sobre a medição da atividade econômica em determinado mercado. Considerando isso, Tu *et al.* (2019) afirmaram que a cointegração se concentra em avaliar a existência de uma relação linear de longo prazo entre duas ou mais séries temporais estacionárias, mesmo se esta relação linear não existe ou não é forte no curto prazo. Desta forma tal é uma ferramenta importante para a avaliação de mercado, em especial enfoque, neste artigo, o mercado florestal brasileiro e, portanto, para o estabelecimento de políticas no que tange à produção de madeira.

Diante disso, podemos analisar a relação dessas séries temporais (oferta,

demanda e preço) utilizando-se técnicas econométricas, como o teste de causalidade de Granger (Coondoo e Dinda, 2002; Granger, 2004; Shi *et al.*, 2019; Zhao *et al.*, 2020). Por outra via, Turner *et al.* (2006), Dorioz *et al.* (2019) e Lee *et al.* (2020) mencionam que as variações de preços no mercado de madeira em tora permitem certo equilíbrio entre oferta, demanda e preço.

Neste sentido, pode-se observar que quando o preço da madeira em tora aumenta, o número de pedidos tende a diminuir. Desta forma, o preço da madeira teria efeito positivo sobre a oferta de madeira, pois, em longo prazo os preços mais altos tendem a estimular a oferta de madeira pelo aumento da área plantada. Em curto prazo estimularia a oferta de madeira por aumentar a área de floresta economicamente acessível. Sob esse prisma, o presente estudo tem como objetivo identificar a existência da relação de causa e efeito entre preços, demanda e oferta de madeira no Brasil entre 2004 e 2018.

2.1 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1.1 Visão geral da relação entre oferta, preço e demanda

A hipótese sobre a relação entre oferta e demanda e preço, nos faz refletir sobre questões tipicamente econômicas, tais como determinação de políticas de preço, bem como de produção e plantio de novas áreas. Segundo Brito (2019) a oferta e a demanda desempenham um papel fundamental no funcionamento de um mercado, determinando os preços e a quantidade dos produtos a serem oferecidos. A oferta não se refere a nada além da quantidade de madeira que a empresa coloca à venda. A demanda, por outro lado é a quantidade de produtos que o cliente tem interesse em comprar e poderá obter dos produtos disponibilizados pela empresa. Por fim, o preço é o valor econômico, estabelecido em moeda corrente, pela permuta entre o cliente e o fornecedor de madeira. Neste sentido, Berkowitz e Souchaud (2019) comentam que o preço desempenha um papel importante na regulação e autorregulação nos mercados.

Segundo a teoria econômica clássica, as leis que tratam da oferta e da demanda foram criadas por Adam Smith (1723-1790), e tratam essencialmente da interação dos interesses e necessidades de compra e da escassez dos produtos.

Assim, Brito (2019) cita que a flutuação entre tais variáveis pode permitir que o mercado madeireiro encontre um equilíbrio entre oferta e demanda, o que torna essencial análise da relação entre elas.

O mercado florestal é considerado referência para a determinação do preço em relação à demanda e a oferta de madeira. Ou seja, determinar se os preços impactam na demanda e na oferta de madeira (KEMMERER e LABELLE, 2020). Neste sentido, Turner e Buongiorno (2004) destacam uma correlação negativa entre a demanda e os preços da madeira, conforme avaliação realizada em 64 países, porém não houve cointegração do mercado de madeira em tora na região do Mar Báltico. Além disso, Toppinen *et al.* (2005) comentam que as características de oferta e demanda de madeira em tora desempenham um papel fundamental naquela região.

Em oposição à Turner e Buongiorno (2004), Zhang *et al.* (2015), ao pesquisarem o mercado madeireiro Chinês, durante o período de 2000 a 2013, observaram correlação positiva entre oferta e demanda em relação ao preço da madeira em tora. É importante que se destaque que uma correlação positiva significa que quando há um aumento no valor de uma variável e a outra também aumenta, em que uma correlação linear exata seria igual a 1. Brito (2019) destaca que correlação pode variar até -1, em que, neste caso, à medida que o valor de uma variável aumenta o valor da outra diminui, tendo-se, portanto, uma correlação negativa exata, ou inversa.

Por outro lado, Sampaio (2015) destaca uma resposta inelástica ao preço da oferta e da demanda no Brasil. No entanto, os preços da celulose e derivados de madeira, apontados por Parajuli *et al.* (2016) em sua avaliação feita no centro-sul dos Estados Unidos influenciam positivamente os mercados de madeira no Texas e no Arkansas. Além disso, os testes de causalidade de Granger sugerem que a causalidade unidirecional se estende dos mercados de celulose ao respectivo mercado de madeira, o que significa a influência da demanda na oferta de madeira.

Portanto, Chudy e Hagler (2020) citam que a integração dos mercados de madeira em tora nos Estados Unidos, Nova Zelândia, Brasil, África do Sul, Suécia, Chile, Canadá, Finlândia e Áustria são caracterizados por correlações relativamente moderadas e falta de cointegração entre os preços de madeira. Na mesma perspectiva, Morland *et al.* (2018) mostram que, no que diz respeito ao fornecimento

de madeira em tora, apenas os extratos de florestas plantadas reagem de forma significativa e positiva às variações nos preços da madeira em tora. A oferta de todos os outros produtos de madeira em tora parece ser quase inelástica. Em relação à demanda por produtos de madeira, todos os produtos considerados apresentaram reações significativamente negativas às variações nos preços dos produtos. Na Tabela 1 são demonstradas as evidências teóricas e empíricas da relação entre o preço, a demanda e a oferta da oferta de madeira.

Tabela 5: Evidências teóricas e empíricas da relação entre o preço, a demanda e a oferta da oferta de madeira.

Autores	Local	Variáveis	Resultados
Turner e Buongiorno (2004)	64 países para o período 1970-1987.	A demanda por produtos florestais e o preço.	Os autores observam uma correlação negativa entre a demanda por madeira e o seu preço.
Toppinen et al. (2005).	3 países europeus pertencentes à região Báltica no período de 1996 a 2004.	2 Preços, oferta e demanda da madeira em tora.	Os resultados indicam que não houve cointegração nos mercados de madeira em tora da região do Mar Báltico, com exceção de toras de árvores do gênero Abies
De Santana et al. (2011).	Mamuru-Ara-piuns, nos municípios de Aveiro, Itaituba, Juruti e Santarém / Brasil no período de 2000 a 2009.	O preço da madeira em tora, oferta e demanda de madeira.	Os autores observaram uma correlação negativa entre demanda e oferta de madeira em relação aos preços.
Zhanget al. (2015).	China, período de 2000 a 2013.	A demanda e o preço da madeira.	Os resultados mostram uma correlação positiva entre a demanda e o preço da madeira naquele país.
Sampaio, (2015).	Brasil no período de 1988 a 2013.	Preço, demanda e oferta de madeira.	O autor observou uma resposta inelástica ao preço da oferta e da demanda da madeira pelo setor de papel e celulose.
Zhanget al. (2017).	China no período de 2000 a 2013.	O preço do produto florestal na origem; a demanda	Mostram que não há relação direta entre a demanda e os preços de exportação de produtos florestais.
Chudy e Hagler (2020).	Co-integração de mercados de madeira em 9 países de 1995 a 2017.	Preços, preço, oferta e demanda da madeira em tora.	Os autores observam uma correlação nos preços de madeira em tora na Finlândia e na África do Sul. No entanto, constataram que os mercados globais de madeira em tora são caracterizados por correlações relativamente moderadas e falta de cointegração.

Fonte: Elaboração própria

Na Tabela 1 tem-se que Turner e Buongiorno, (2004) observaram, durante o período de 1970 a 1987, a existência de correlação negativa entre o preço e a demanda por madeira. Por outro lado, Toppinen *et al.* (2005) observaram a inexistência de cointegração entre oferta, demanda e preço no mercado de madeira em tora, nos países Bálticos.

Neste sentido, De Santana *et al.* (2011) estudaram o mercado de madeira em tora da região Mamuru-Arapiuns, Sudoeste do Pará (Brasil), no período de 2000 a 2009. Os autores observaram que a demanda e a oferta de madeira em tora em relação ao preço também eram negativamente correlacionadas. No entanto, Zhang *et al.* (2015) encontraram uma correlação positiva entre a demanda e os preços da madeira em tora. Neste sentido, aos resultados da pesquisa, Sampaio (2015) demonstrou uma relação inelástica entre o preço, a demanda e a oferta, de madeira no Brasil, no período de 1998 à 2013.

No entanto, Parajuli *et al.* (2016), ao estudarem o mercado norte americano, observaram que os preços da celulose influenciam positivamente os mercados de madeira serrada no Texas e no Arkansas. Além disso, os testes de causalidade de Granger sugerem que a causalidade unidirecional se estende dos mercados de celulose ao respectivo mercado de madeira, denotando influência da demanda na oferta de madeira.

Em geral, Morland *et al.* (2018) observaram que o fornecimento de madeira em tora, oriundos de extratos de florestas plantadas, reagem de maneira significativa e positiva às mudanças nos preços da madeira em tora. Por outro lado, a oferta de todos os outros produtos de madeira parece ser quase inelástica. Em relação à demanda por produtos de madeira, todos os produtos considerados apresentaram reações significativamente negativas às variações dos preços dos produtos.

Neste sentido, Chudy e Hagler (2020) constatam uma correlação nos preços da madeira em tora na África do Sul e na Finlândia. Mas, notam que os mercados globais de madeira em tora são caracterizados por correlações relativamente moderadas e uma falta de cointegração. Diante de tais evidências é possível observar a ligação entre os recursos florestais e a indústria madeireira, contribuindo para a importância de se pesquisar como as variações no preço, na oferta influenciam na demanda da madeira e vice-versa.

Assim, com o argumento de Alexander (2001), entende-se que uma alternativa mais abrangente do que a correlação é o uso da cointegração, uma vez que mede a relação de longo prazo entre duas variáveis. Nesse sentido, Gujarati e Porter (2011) sustentam que as duas variáveis são definidas como cointegradas quando existe um equilíbrio de longo prazo entre elas. Segundo Alexander (2001), essa relação de interdependência temporal entre as variáveis pode sugerir a existência de algum fluxo causal que pode identificar relações de antecedência-defasagem do tipo Granger. O termo de causalidade de Granger, em sua integralidade, significa há uma relação de antecedência-defasagem entre as variáveis (ALEXANDER, 2001).

Nessa perspectiva, entende-se o teste de causalidade na literatura é explicado desta forma, que o futuro não pode causar o passado nem o presente (ALEXANDER, 2001). Por exemplo, se o evento X ocorre depois do evento Y, sabemos que X não pode causar Y. Ao mesmo tempo, se X ocorre antes que Y, isso não significa que X, necessariamente, cause Y. Diante disso, entende-se que as relações de antecedência e defasagem podem se tornar o suporte para a inspiração de políticas entre as variáveis analisadas nesta pesquisa.

2.1.2 Produção florestal e rentabilidade econômica

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores - IBÁ (2019), são mais de 9 milhões de hectares de árvores plantadas destinadas a diversos segmentos da indústria, como papel e celulose no Brasil. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Serviço Florestal Brasileiro (MAPA/SFB) o plantio florestal comercial é apresentado como suporte para reduzir a pressão sobre as florestas naturais e contribuir para a economia brasileira (BRASIL, 2019).

O crescimento da floresta, com plantio de novas áreas nos últimos anos, apresenta um grande suporte ao enfrentamento ao esgotamento da floresta nativa. De acordo com dados apresentados pelo MAPA/SFB, em 2010 a madeira de origem nativa e reflorestada destinada à indústria de processamento de madeira e para uso como combustível totalizou 253.316 m³. A madeira da mata nativa apresentou 62.885 m³ e na área reflorestada 191.431 m³. Em 2017 a quantidade de madeira da área reflorestada era 6 vezes maior que a quantidade de madeira oriunda de

florestas nativas. A madeira da floresta nativa apresentou um total de 37.163 m³ e na área reflorestada foi de 238.691 m³. Nesse período, entre a madeira proveniente de florestas nativas e a área reflorestada totalizou 275.854 m³ (BRASIL, 2019).

O crescimento da floresta plantada permite uma redução da floresta nativa, constatando que ocorre menos exploração de madeira nas florestas nativas. Entretanto, esta variação que ocorre na floresta no espaço de tempo depende dos preços, oferta e demanda do consumidor.

O plantio de florestas contribui para a economia brasileira. Segundo a IBÁ (2019), o Brasil produz em média 36 m³/ha de floresta plantada por ano. Soma-se que a área total de árvores plantadas no Brasil atingiu 7,83 milhões de hectares em 2018, o que difere do ano de 2017. A área total certificada aumentou para 6,3 milhões de hectares, incluindo áreas produtivas e sua conservação. Se considerada apenas a área de árvores plantadas, o total de áreas certificadas é de 3,5 milhões de hectares, o que representa um aumento de 9,4% em relação ao total em 2017.

Essa dinâmica florestal representa um impulso econômico. De acordo com a IBÁ (2019) a economia contribuiu para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB), com taxa de 1,1% em 2018 e o potencial do Brasil na produção e exportação de papel e celulose no mercado global é estimado em cerca de US \$ 1,7 bilhão. Assim, visto que o setor comercial de florestas plantadas mantém sua participação na balança comercial brasileira. Dessarte, observando as flutuações de preço e oferta que influenciam a demanda por madeira e de forma recíproca.

2.1.3 METODOLOGIA

2.1.3.1 Dados

Esta pesquisa tem como objetivo identificar as relações de causa e efeito entre demanda, oferta e preço da madeira em tora no Brasil. A oferta e o preço foram medidos pelo preço e quantidade da madeira produzida em metros cúbicos (madeira, em toras, destinada à produção de papel e celulose e madeira, em toras, para outros fins) e foram retirados do SIDRA (2020a). Por outro lado, a demanda foi medida pelo índice de produção física mensal (acumulada no ano).

A pesquisa mensal da produção física industrial é desenvolvida pelo Instituto

Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e produz indicadores de curto prazo relacionados ao comportamento do produto real das indústrias extrativas e de transformação, utilizando os índices que medem a fabricação de madeira e a fabricação de celulose, papel e produtos de papel, extraídos do SIDRA (2020b).

O período de análise (2004 a 2018) foi determinado pela limitação dos dados relativos à produção física do índice mensal da pesquisa industrial (iniciada em 2002) e pela quantidade de madeira produzida, na qual as últimas informações disponíveis referem-se ao ano de 2018. A seção a seguir descreve os testes realizados no âmbito da pesquisa.

2.1.3.2 Teste de raiz unitária

Gujarati e Porter (2011), destacam que os testes de causalidade pressupõem que as séries temporais envolvidas na análise sejam estacionárias, logo os testes de estacionariedade devem preceder os testes de causalidade. Em linhas gerais, um processo estocástico será chamado de estacionário se sua média e variância forem constantes ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos de tempo depender apenas da distância do intervalo de tempo entre os dois períodos, isto é:

$$\begin{aligned}
 \text{Média: } E(y_{i,t}) &= \mu_i \\
 \text{Variância: } \text{var}(y_{i,t}) &= E(y_{i,t} - \mu_i)^2 = \sigma_i^2 \\
 \text{Co var iância: } \gamma_{i,k} &= E(y_{i,t} - \mu_i)(y_{i,t+k} - \mu_i)
 \end{aligned} \tag{1}$$

Os processos estocásticos estacionários a serem testados pelo teste de raiz unitária são descritos na Equação (2, 3 e 4):

$$y_{i,t} = \alpha_i y_{i,t-1} + \mu_{i,t} \tag{2}$$

$$y_{i,t} = \delta_i + \alpha_i y_{i,t-1} + \mu_{i,t} \tag{3}$$

$$y_{i,t} = \delta_i + \phi_i T + \alpha_i y_{i,t-1} + \mu_{i,t} \tag{4}$$

Na Equação (2) têm-se o passeio aleatório, na Equação (3) têm-se o passeio aleatório com deslocamento e na Equação (4) têm-se o passeio aleatório com

deslocamento e tendência. A literatura recente sugere que os testes de raiz unitária baseados em dados em painel têm maior poder do que os testes de raiz unitária baseados em séries temporais individuais (EVWIES, 2017). Nesta pesquisa utilizou-se o teste de raiz unitária de (Levin, Lin, & Chu, 2002), conforme descrito na Equação (5).

$$\Delta y_{i,t} = \alpha y_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{\rho_i} \beta_{i,t-j} + X'_{i,t} \delta + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

em que Δy denota o operador em primeira diferença da variável endógena e ρ_i é o lag máximo. Assume-se um comum $\alpha = \rho - 1$, mas permite-se que a ordem de atraso para os termos de diferença, ρ_i , varie entre as seções transversais, X' é a variável exógena do modelo e ε é o erro do modelo. As hipóteses nula e alternativa para os testes são descritas na Equação (6 e 7):

$$H_0 : \alpha = 0 \quad (6)$$

$$H_1 : \alpha < 0 \quad (7)$$

Na Equação (6) têm-se a hipótese nula, em que existe uma raiz unitária, enquanto na hipótese alternativa, descrita na Equação (7), não existe uma raiz unitária.

2.1.3.3 Cointegração em painel

Depois de confirmar o componente de tendência de cada variável, faz-se necessário a análise de cointegração para as variáveis, seguindo o processo I (1). A análise de cointegração é essencial para investigar a relação entre variáveis não estacionárias. Um conjunto de séries são definidas como cointegradas quando ocorre uma combinação linear destas séries estacionárias ALEXANDER (2001). Duas variáveis são definidas como cointegradas quando ocorre um equilíbrio de longo prazo entre elas GUJARATI e PORTER (2011). Adotou-se a metodologia de cointegração de Pedroni (2004), para reconhecer relacionamentos de longo prazo entre variáveis. O teste de cointegração de Pedroni é baseado na Equação (8).

$$y_{i,t} = \alpha_i + \delta_i t + \sum_{m=1}^M \beta_{m,i} X_{m,i,t} + e_{i,t} \quad (8)$$

Onde α_i , $\delta_i t$ e m denotam a interceptação específica do país, o componente de tendência determinística e o número de regressores, respectivamente.

2.1.3.4 Causalidade de Granger com dados em painel

O conceito de causalidade no sentido de Granger refere-se à precedência temporal entre variáveis, em que pontos de reversão de uma série precedem pontos de reversão de outra série. Alexander (2001) comenta que após o seminal trabalho de Granger (1988), o termo “Causalidade de Granger” significa que a relação de antecedência-defasagem é evidente entre as variáveis. Nas equações (9) e (10) têm-se a forma genérica do teste de Causalidade de Granger usando-se dados em painéis.

$$y_{i,t} = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i} y_{i,t-1} + \dots + \alpha_{l,i} y_{i,t-l} + \beta_{1,i} x_{i,t-1} + \dots + \beta_{l,i} x_{i,t-l} + \varepsilon_{i,t} \quad (9)$$

$$x_{i,t} = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i} x_{i,t-1} + \dots + \alpha_{l,i} x_{i,t-l} + \beta_{1,i} y_{i,t-1} + \dots + \beta_{l,i} y_{i,t-l} + \varepsilon_{i,t} \quad (10)$$

em que t denota a dimensão do período de tempo do painel e i denota a dimensão da seção transversal. Nesta pesquisa assumiu-se que todos os coeficientes são iguais em todas as seções transversais, ou seja:

$$\alpha_{0,i} = \alpha_{0,j}, \alpha_{1,i} = \alpha_{1,j}, \dots, \alpha_{l,i} = \alpha_{l,j}, \forall i, j \quad (11)$$

$$\beta_{1,i} = \beta_{1,j}, \dots, \beta_{l,i} = \beta_{l,j}, \forall i, j \quad (12)$$

Ao se observar as Equações (9) e (10), e considerando-se um sistema bivariado das séries de tempo, conjuntamente estacionárias, $\{x_i, t\}$ e $\{y_i, t\}$ diz-se que a variável x_i causa y_i no sentido Granger se a variável x_i defasada melhora a previsão de y_i , mesmo após a variável y_i defasada ter sido incluída entre as variáveis explicativas.

2.1.3.5 RESULTADOS

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a relação de causa e efeito entre o preço, a demanda e a oferta de madeira no Brasil, porém, inicialmente buscou-se apresentar a quantidade de madeira processada no país, bem como suas origens e destinos, conforme mostrado na Tabela 2.

Tabela 6: Quantidade de madeira em tora, origem e principais usos.

Estado Natural		Quantidade (1.000 m ³)							
Origem	Utilização	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Nativa:	Combust.	50.230	48.384	43.591	39.005	37.076	33.336	29.311	24,931
	Industrial	12.655	14.117	14.926	13.519	13.807	12.309	11.451	12,232
	Subtotal	62.885	62.501	58.517	52.524	50.883	45.645	40.762	37,163
Reflorestada	Combust.	75.689	84.764	97.544	100.058	105.922	97.617	92.959	98,865
	Industrial	115.742	125.853	131.879	129.641	132.724	123.868	133.651	139,826
	Subtotal	191.431	210.617	229.423	229.699	238.646	221.485	226.610	238,691
Total		254,316	273.118	287.940	282.223	289.529	267.130	267.372	275.854

Fonte: adaptado do Brasil (2019). “Combust.” indica utilização de madeira como combustível.

A Tabela 2 mostra que em 2017 foram processados 276 milhões de metros cúbicos de madeira, a maioria (239 milhões de metros cúbicos) proveniente de áreas reflorestadas. Também há um aumento de 8,46% na área reflorestada entre os anos de 2010 e 2017 (de 191 para 239 milhões de metros cúbicos). O principal destino é a indústria de processamento de madeira, onde em 2017 foram processados 152 milhões de metros cúbicos de madeira. Por outro lado, 124 milhões de metros cúbicos (cerca de 44% da madeira) foram destinados ao uso como combustível.

Neste sentido, a indústria de celulose e papel consolidou sua importância na economia brasileira. De acordo com levantamento da Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ), o setor de papel e celulose tem participação de 61% na arrecadação de impostos sobre o segmento de árvores plantadas, que teve faturamento total de R\$ 86,6 bilhões em 2018, que corresponde a 1,3% do produto interno bruto (PIB) e 6,9% do PIB industrial brasileiro (IBÁ, 2019).

Com crescimento acentuado nos últimos anos, a balança comercial brasileira deste segmento cresceu 12,3% no período de 2012 à 2018, atingindo novo recorde de R\$ 11,4 bilhões em 2018, resultado do aumento das exportações de todos os produtos florestais, com destaque para a celulose (IBÁ, 2019). Com 21,1 milhões de toneladas produzidas em 2018, o Brasil passa a ser o segundo maior produtor de celulose do mundo, respondendo por 10,7% da produção mundial (ABTCP, 2020).

Gujarati e Porter (2011) demonstram a importância da estacionalidade na realização do teste de causalidade de Granger. Nesta pesquisa foi realizado o teste de raiz unitária, com o intuito de verificar a estacionalidade dos dados entre as variáveis analisadas, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 7: Teste de raiz unitária para as variáveis em nível (Lag 0) e em primeira diferença (Lag 1) das variáveis: Variação Percentual da Produção Física de Produtos de Madeira, Variação Percentual do Preço do M³ da Madeira e Variação Percentual da Quantidade de Madeira Produzida (em M³) no período de 2004 a 2018 (em bases anuais), aplicado ao modelo determinístico sem tendência e sem intercepto, com intercepto e com intercepto e com tendência.

Variável	Lag	Trend	Const	None
Δ% da Produção Física de Produtos de Madeira	0	2,677	5,611	10,777 **
	1	8,450 *	11,326 **	22,173 ***
Δ% do Preço da Madeira	0	15,877 ***	15,882 ***	19,513 ***
	1	5,272	8,001 *	15,680 ***
Δ%da quantidade de madeira produzida	0	2,824	6,373	11,591 **
	1	5,202 *	8,143 *	17,643 ***

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; Δ% variação percentual. None: sem tendência e sem intercepto; Const: com intercepto; Trend: com intercepto e com tendência Fonte: Elaboração Própria.

Observa-se na Tabela 3 que a hipótese nula de raiz unitária foi rejeitada para a primeira diferença (lag 1) da variável Variação Percentual da Produção Física de Produtos de Madeira e rejeitou-se a hipótese nula, em Lag 0, da Variação Percentual do Preço do M³ da Madeira, durante o período de 2004 à 2018 (em uma base anual), assim como rejeitou-se a hipótese nula para as três testagens dos modelos determinísticos (sem tendência e sem intercepto, com intercepto e com intercepto e com tendência) para o lag 1 da variável Variação Percentual da Quantidade de Madeira Produzida (em M³).

Diante disto, realizou-se o Teste de Cointegração de Pedroni para o modelo determinístico sem tendência e sem intercepto (None), com intercepto (Const) e com intercepto e com tendência (Trend) aplicado para as variáveis: Primeira Diferença da Variação Percentual da Produção Física de Produtos de Madeira, Variação Percentual do Preço do M³ da Madeira e Primeira Diferença da Variação Percentual da Quantidade de Madeira Produzida (em M³) para o período de 2004 a 2018 (em bases anuais).

Tabela 8: Teste de Cointegração de Pedroni para o modelo determinístico sem tendência e sem intercepto (None), com intercepto (Const) e com intercepto e com tendência (Trend) aplicado para as variáveis: Primeira Diferença da Variação Percentual da Produção Física de Produtos de Madeira, Variação Percentual do Preço do M³ da Madeira e Primeira Diferença da Variação Percentual da Quantidade de Madeira Produzida (em M³) para o período de 2004 a 2018 (em bases anuais).

H0	1° Diferença da $\Delta\%$ da Produção Física de Produtos de Madeira (DEMANDA) cointegrada à 1° Diferença da $\Delta\%$ da Quantidade de Madeira Produzida (OFERTA)			1° Diferença da $\Delta\%$ da Quantidade de Madeira Produzida (OFERTA) cointegrada à Variação Percentual do Preço do M ³ da Madeira (PREÇO)			Variação Percentual do Preço do M ³ da Madeira (PREÇO) cointegrada à 1° Diferença da $\Delta\%$ da Produção Física de Produtos de Madeira (DEMANDA)		
	Trend	Const	None	Trend	Const	None	Trend	Const	None
r≤6	-5,180 ***	-200,116 ***	-431,180 ***	-1,129 *	-11,423 ***	-0,556	-1,075	-3,786 ***	-68,507 ***
r≤5	-0,336	-4,402 ***	-4,750 ***	-0,305	-0,016	-0,857	-1,457 *	-3,441	-5,176 ***
r≤4	-1,353 *	-1,344 *	-2,123 ***	1,912	1,189	-0,279	-0,925 ***	-1,901 **	-2,641 ***
r≤3	-0,033	-0,584	-1,585 *	0,393	-2,084 **	-3,340 ***	-0,467	-0,525	-1,071
r≤2	-0,242	-0,877	-1,912 **	-0,824	-3,500 ***	-4,514	-0,739	-1,444 *	-2,095 **
r≤1	-2,543 ***	-2,469 ***	-3,316 ***	-0,355	-1,185 ***	-2,106 ***	-2,491 ***	-2,988 ***	-3,316 ***
r≤0	-7,474 ***	-6,811 ***	-7,284 ***	-12,825 ***	-14,083 ***	-14,039 ***	-10,911 ***	-10,581 ***	-10,584 ***

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; $\Delta\%$ variação Percentual; None: sem tendência e sem intercepto; Const: com intercepto; Trend: com intercepto e com tendência. Fonte: Elaboração Própria

Observa-se na Tabela 4 que foi rejeitada a hipótese nula de não existência de cointegração entre as variáveis, denotando uma relação íntima de curto, médio e longo prazo entre as variáveis, o que poderia sugerir a existência de um fluxo causal entre variáveis, conforme propõe Alexander (2001), uma vez que a cointegração não é necessária para a existência de causalidade, embora seja suficiente. Sendo assim, a existência de vetores de cointegração denota que as séries de tempo são cointegradas, em que pode haver algum tipo de fluxo causal do tipo Granger no sistema. O autor continua explicando que quando as séries de tempo são cointegradas, elas possuem tendência estocástica comum, denotando, portanto, íntima relação de longo prazo entre as variáveis, sendo assim, procedeu-se com o teste de Causalidade de Granger, utilizando-se dados em painéis, entre as variáveis deste estudo.

Tabela 9: Teste de Causalidade de Granger, com dados em painéis, aplicado às variáveis: Primeira Diferença da Variação Percentual da Produção Física de Produtos de Madeira, Variação Percentual do Preço do M³ da Madeira e Primeira Diferença da Variação Percentual da Quantidade de Madeira Produzida (em M³) para o período de 2004 a 2018 (em bases anuais).

Lag	1° Diferença da $\Delta\%$ da Produção Física de Produtos de Madeira (DEMANDA) NÃO CAUSA 1° Diferença da $\Delta\%$ da Quantidade de Madeira Produzida (OFERTA)	1° Diferença da $\Delta\%$ da Quantidade de Madeira Produzida (OFERTA) NÃO CAUSA 1° Diferença da $\Delta\%$ da Produção Física de Produtos de Madeira (DEMANDA)	1° Diferença da $\Delta\%$ da Quantidade de Madeira Produzida (OFERTA) NÃO CAUSA $\Delta\%$ do Preço do M³ da Madeira (PREÇO)	$\Delta\%$ do Preço do M³ da Madeira (PREÇO) NÃO CAUSA 1° Diferença da $\Delta\%$ da Quantidade de Madeira Produzida (OFERTA)	$\Delta\%$ do Preço do M³ da Madeira (PREÇO) NÃO CAUSA 1° Diferença da $\Delta\%$ da Produção Física de Produtos de Madeira (DEMANDA)	1° Diferença da $\Delta\%$ da Produção Física de Produtos de Madeira (DEMANDA) NÃO CAUSA $\Delta\%$ do Preço do M³ da Madeira (PREÇO)
1	0,005	1,631	0,914	1,606	0,313	3,789 **
2	0,064	2,454	0,152	1,539	1,068	1,782
3	0,331	1,818	0,913	2,649*	1,113	2,576*
4	0,831	1,375	0,846	0,915	1,899	1,882
5	3,741 **	5,408 **	0,510	0,921	1,084	4,317 **
6	1,927	6,850 **	0,545	0,856	0,159	1,952
7	0,497	0,301	2,974	1,825	13,929	6,544

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; $\Delta\%$ variação percentual. Fonte Elaboração Própria.

Conforme apresentado na Tabela 5, verifica-se que a hipótese nula de não causalidade entre as variáveis foi rejeitada em que a Primeira Diferença da Variação Percentual da Produção Física de Produtos de Madeira (DEMANDA) não causa Granger Primeira Diferença da Variação Percentual da Quantidade de Madeira Produzida (OFERTA) na defasagem 5, indicando que uma variação na demanda no tempo t implicaria em uma variação da oferta em $t+5$ anos. Para esclarecer ainda mais essa relação, o aumento da demanda atual, estimularia o produtor rural a plantar novas áreas, o que influenciaria na oferta de madeira daqui à 5 anos. Este resultado é explicado em parte pelo do ciclo de corte de florestas silviculturais de eucaliptos destinadas ao uso de papel e celulose, que levam de 5 a 7 anos entre o plantio até o corte das árvores, como demonstrado por IBÁ (2019).

Na mesma tabela observou-se que a hipótese nula de que a Primeira Diferença da Variação Percentual da Quantidade de Madeira Produzida (OFERTA) não causa Granger Primeira Diferença da Variação Percentual da Produção Física de Produtos de Madeira (DEMANDA) foi rejeitada, em que um aumento na oferta

implicaria em uma possível redução no custo da madeira e também no custo de produção da madeira. Isso poderia, gradualmente, incentivar o empresário, aumentando sua confiança no setor, de modo que o aumento da confiança o levaria a decidir pelo investimento em uma nova fábrica.

Esta confiança apresenta-se, portanto, como o fio condutor da decisão do empresário em investir. Ademais, após a decisão de investir têm-se o processo de construção da nova fábrica. Todo este processo, entre aumento de confiança, tomada de decisão, investimento e conclusão da construção de novas plantas fabris pode ser longo, levando entre 5 e 6 anos. Este aumento de oferta prevista para o período futuro impactaria na redução dos preços futuros, aumentando, portanto a demanda, devido à redução dos custos de produção de celulose e outros derivados da madeira.

Em relação às variáveis oferta e preço, rejeitou-se a hipótese nula de que a Variação Percentual do Preço do M³ da Madeira (Preço) não causa Granger Primeira Diferença da Variação Percentual da Quantidade de Madeira Produzida (Oferta), em que um aumento no preço neste ano pode levar a um aumento na oferta em 3 anos, isso pode ser explicado pela possível aceleração do corte precoce da madeira. Isso significa que, a um bom preço, agora pode influenciara extração precoce de madeira.

Por fim, referente às relações entre demanda e preço, rejeitou-se a hipótese nula de que a Primeira Diferença da Variação Percentual da Produção Física de Produtos de Madeira (Demanda) não causa Granger Variação Percentual do Preço do M³ da Madeira (Preço) nos lags 1, 3 e 5. Observa-se, portanto uma relação causalidade de curto prazo entre as variáveis, ou seja, uma variação da demanda hoje (tempo t) impactaria o preço do próximo ano, como proposto originalmente por Adam Smith, uma vez que mais e mais pessoas procuram por madeira, o preço tende à aumentar de maneira quase que imediata (tempo $t+1$). Por outro lado, uma relação de médio e longo prazo pode ser observada entre as variáveis devido à algum tipo de regulação de preços por parte do mercado nacional e internacional de madeira e seus derivados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou verificar uma possível relação de causa e efeito entre a demanda, a oferta e o preço de madeira no Brasil, no período de 2004 à 2018, em que foram utilizados três testes, sendo eles raiz unitária, integração de causalidade de Granger, utilizando-se dados em painel.

Neste sentido, Kemmerer e Labelle (2020) mencionam que o mercado florestal é considerado um benchmark para determinar a relação do preço em relação à demanda e a oferta de madeira. Em outras palavras, determinar se os preços têm impacto sobre a demanda e a oferta de madeira. Porém, para que haja equilíbrio na variação de preços, demanda e oferta, a análise dos ciclos de plantio de madeira deve identificar o tempo necessário para determinar corretamente o impacto nos preços, preços e abastecimento de madeira (SECA *et al.*, 2020).

Nesta pesquisa observou-se um lapso temporal do efeito da Demanda sobre a Oferta de madeira ($t+5$ anos), assim a decisão de plantar teria novas áreas teria um impacto na oferta no mínimo de 5 a 6 anos (RODRIGUES, 2020; COELHO *et al.*, 2020).

Nesta pesquisa é possível observar a existência de vetores de cointegração e relações de antecedência e defasagem que poderiam auxiliar aos tomadores de decisão a se antecipar à movimentos entre demanda, oferta e preço de madeira, de modo a antecipar suas decisões a fim de auferir melhores resultados e otimizar seus processos fabris e/ou plantio de novas áreas.

Nessa perspectiva, verificou-se que a demanda tem um impacto de longo prazo (defasagem 5) sobre a oferta. Em contrapartida, observou-se que a oferta teve um impacto de longo prazo na demanda (defasagem 5 e 6). Assim como o preço causou impacto de médio prazo (lag3) na oferta. Por fim, a demanda teve um impacto de curto, médio e longo prazo no preço (lags 1, 3 e 5). Espera-se que estes resultados possam auxiliar no estabelecimento de políticas que auxiliem no processo de regulação e otimização do mercado madeireiro brasileiro. Para pesquisas futuras, sugere-se expandir o banco de dados e estabelecer novas hipóteses levando em consideração as implicações das variáveis macroeconômicas.

Referências Bibliográficas

ABTCP. A INDÚSTRIA DE CELULOSE E PAPEL NO BRASIL. **GUIA ABTCP – FORNECEDORES&FABRICANTES CELULOSE E PAPEL**. Disponível em:<https://www.eucalyptus.com.br/artigos/2019_Guia+ABTCP+Farinha.pdf>.

Acesso em: 21 Nov. 2020.

CAROL, Alexander. **Market models: a guide to financial data analysis**. ED. John Wiley, Nueva York, 2001.

ÂNGELO, H.; ALMEIDA, A. N. D.; SERRANO, A. L. M. Determinantes da demanda de madeira em toras para celulose no Brasil. **Scientia Forestalis**, 37(84), 491-498, 2009.

BERKOWITZ, Heloise; SOUCHAUD, Antoine. (Self-) regulation of sharing economy platforms through partial meta-organizing. **Journal of business ethics**, v. 159, n. 4, p. 961-976, 2019.

BRASIL. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Florestas do Brasil em resumo 2019**. 2019. Serviço Florestal Brasileiro. Disponível em:<<https://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4261-florestas-do-brasil-em-resumo-digital/file>>. Acesso em 04 de Jul. 2021.

BRITO, Osias. **Mercado financeiro**. Saraiva Educação SA, 2019.

CHAMBERLAIN, James L.; DARR, Dietrich; MEINHOLD, Kathrin. Rediscovering the contributions of forests and trees to transition global food systems. **Forests**, v. 11, n. 10, p. 1098, 2020.

CHUDY, R. P.; HAGLER, R. W. Dynamics of global roundwood prices—Cointegration analysis. **Forest Policy and Economics**, v. 115, p. 102155, 2020.

COELHO, Vitor Cezar Miessa; DOS SANTOS, Vagner; RUIVO, Rennan Geraldo. Classificação das regiões produtivas de pinus taeda I. na região centro oriental do paraná. **Revista Scientia Rural-ISSN 2178-3608**, v. 1, 2020.

COONDOO, Dipankor; DINDA, Soumyananda. Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis. **Ecological Economics**, v. 40, n. 3, p. 351-367, 2002.

D'ARACE, Larissa Martins Barbosa et al. Produção de madeira em tora e lenha no norte do Brasil e no estado do Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 9, p. 16885-16896, 2019.

DA EXTRAÇÃO VEGETAL, I. P. **Da Silvicultura-PEVS**. S. I., (2018). Disponível em:<www2.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.Asp>. e <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pevs/quadros/brasil/2020>>. Acesso em: 18 Mar. 2021.

DE SANTANA, Antonio Cordeiro et al. Influência do desmatamento no mercado de madeira em tora da região Mamuru-Arapiuns, Sudoeste do Pará. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 54, n. 1, p. 42-51, 2011.

DORIOZ, Julie; PEYRON, Jean-Luc; NIVET, Cécile. Vers l'Évaluation des services forestiers du Grand-Est. *ECOFOR : Ecosystemes Forestiers*, 1-68, 2019.

ERIKSSON, Victoria. **Interlinked Roundwood Markets in Sweden, Norway and Finland: An econometric study of roundwood assortment prices**. v. 2.37.7, p. 77, 2018. Disponível em:< URN: urn:nbn:se:ltu:diva-71390>. Acesso em: 19 Abr. 2020.

EVWIES. **EViews 10 User's Guide, Advanced Single Equation Analysis, Version 10**, HIS Global, Inc., Irvine, CA, USA. Economics Letters. 2017. Disponível em:<https://www3.nd.edu/~nmark/FinancialEconometrics/EViews10_Manuals/EViews%2010%20Users%20Guide%20II.pdf>. Acesso em: 16 Abr. 2021.

GRANGER, Clive WJ. Some recent development in a concept of causality. **Journal of econometrics**, v. 39, n. 1-2, p. 199-211, 1988.

GRANGER, Clive WJ. Time series analysis, cointegration, and applications. **American Economic Review**, v. 94, n. 3, p. 421-425, 2004.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2011.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **RELATÓRIO ANUAL 2019**. 2019. Disponível em:<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba_relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 07 Mar. 2021.

IRLAND, Lloyd C. et al. Assessing Socioeconomic Impacts of Climate Change on US Forests, Wood-Product Markets, and Forest Recreation: The effects of climate change on forests will trigger market adaptations in forest management and in wood-products industries and may well have significant effects on forest-based outdoor recreation. **BioScience**, v. 51, n. 9, p. 753-764, 2001.

KEMMERER, Julia; LABELLE, Eric R. Using harvester data from on-board computers: a review of key findings, opportunities and challenges. **European Journal of Forest Research**, v. 140, n. 1, p. 1-17, 2021.

LEE, Jongyeol et al. Determining economically viable forest management option with consideration of ecosystem services in Korea: A strategy after successful national forestation. **Ecosystem Services**, v. 41, p. 101053, 2020.

LEVIN, Andrew; LIN, Chien-Fu; CHU, Chia-Shang James. Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. **Journal of econometrics**, v. 108, n. 1, p. 1-24, 2002.

MORLAND, Christian et al. Supply and demand functions for global wood markets: specification and plausibility testing of econometric models within the global forest sector. **Forest Policy and Economics**, v. 92, p. 92-105, 2018.

PARAJULI, Rajan et al. The United States-Canada softwood lumber trade: An actual versus optimal export tax. **Forest Policy and Economics**, v. 73, p. 112-119, 2016.

PEDRONI, Peter. Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. **Econometric theory**, v. 20, n. 3, p. 597-625, 2004.

RODRIGUES, Maisa Isabela. **O manejo florestal na Amazônia e a viabilidade financeira dos ciclos de corte**. 2020. xii, 113 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal)—Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em:< <https://repositorio.unb.br/handle/10482/38873>>. Acesso em: 20 Abr. 2021.

SAMPAIO, Samara de Sousa. **Determinantes da oferta e demanda de madeira em toras para celulose no Brasil**. 2015. 59 f., il. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal)—Universidade de Brasília, Brasília, 2015. Disponível em:< <https://bdm.unb.br/handle/10483/11131>>. Acesso em: 25 Mar. 2020.

SECA, Abdulai Ismail et al. **A expansão do cultivo do Caju e seus impactos ambientais e econômicos na Guiné-Bissau. 2020.** 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020. Disponível em: <<https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7904>>. Acesso em: Abr. 2020.

SHI, Haichen; WORDEN, Keith; CROSS, Elizabeth J. A cointegration approach for heteroscedastic data based on a time series decomposition: an application to structural health monitoring. **Mechanical Systems and Signal Processing**, v. 120, p. 16-31, 2019.

SIDRA. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. Research, Society and Development.** 2020a. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/291>>. Acesso em: 06 Jul. 2021.

SIDRA. **Pesquisa Industrial Mensal - Produção Física - PIMPF.** 2020b. Disponível em:<<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3653>>. Acesso em: 06 Jul. 2021.

SMITH, Adam. **Ensaio filosóficos.** Editora UNESP, 2020.

TOPPINEN, A. N. N. E. et al. Dynamics of roundwood prices in Estonia, Finland and Lithuania. **Baltic Forestry**, v. 11, n. 1, p. 88-96, 2005.

TU, Chengyi; FAN, Ying; FAN, Jianing. Universal cointegration and its applications. **Isience**, v. 19, p. 986-995, 2019.

TURNER, James A.; BUONGIORNO, Joseph. Estimating price and income elasticities of demand for imports of forest products from panel data. **Scandinavian journal of forest research**, v. 19, n. 4, p. 358-373, 2004.

TURNER, James A.; BUONGIORNO, Joseph; ZHU, Shushuai. An economic model of international wood supply, forest stock and forest area change. **Scandinavian Journal of Forest Research**, v. 21, n. 1, p. 73-86, 2006.

WU, Zhuo et al. Assessing differences in the response of forest aboveground biomass and composition under climate change in subtropical forest transition zone. **Science of the Total Environment**, v. 706, p. 135746, 2020.

ZHANG, Han et al. Determinants of China's lumber import: A bounds test for cointegration with monthly data. **Journal of Forest Economics**, v. 21, n. 4, p. 269-282, 2015.

ZHANG, Han et al. Cointegration in China's log import demand: Price endogeneity and structural change. **Journal of Forest Economics**, v. 27, p. 99-109, 2017.

ZHAO, Yan-Yong; YE, Xu-Guo; HAN, Zhong-Cheng. A multivariate cointegration time series model and its applications in analysing stock markets in China. **Economic research-Ekonomska istraživanja**, v. 33, n. 1, p. 698-711, 2020.

CAPÍTULO II

Análise de causa e efeito entre a perda de cobertura florestal e desenvolvimento econômico em 174 países no período de 2002-2015: uma análise sob a ótica da Curva Ambiental de Kuznets

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo analisar a relação de causa e efeito entre a perda de cobertura florestal e o desenvolvimento econômico no período de 2002 a 2015. Estudaram-se 174 países segregados em quatro grupos, a saber: países com renda acima da média (UMC), renda abaixo da média (LMC), alta renda (HIC) e baixa renda (LIC). Observaram-se fluxos causais unilaterais entre perda de cobertura florestal e PIB per capita nos países LMC e LIC e fluxos causais unilaterais entre a PIB per capita e a perda de cobertura florestal nos países UMC. Por fim, observaram-se fluxos bidirecionais entre perda de cobertura florestal e PIB per capita nos países (HIC). Concluiu-se que a perda da cobertura florestal tem um impacto significativo no desenvolvimento, sugerindo que a necessidade de criação de políticas econômicas e ambientais que visem um equilíbrio dinâmico entre tais variáveis, promovendo assim uma política econômica sustentável especialmente para os países mais pobres.

Palavras-Chaves: Perda de Cobertura Florestal; PIB per Capita; Causalidade de Granger; dados do painel.

Cause and effect analysis between forest cover loss and economic development in 174 countries in the period 2002-2015: an analysis from the perspective of the Environmental Kuznets Curve

ABSTRACT

This paper aimed to analyze the relationship between forest cover loss and economic development in the period from 2002 to 2015. We studied 174 countries segregated into four groups, namely: countries with above average income (UMC), below average income (LMC), high income (HIC) and low income (LIC). One-way causal flows between forest cover loss and GDP per capita were observed in LMC and LIC countries and one-way causal flows between GDP per capita and forest cover loss were observed in UMC countries. Finally, bidirectional flows between forest cover loss and GDP per capita were observed in the (HIC) countries. It was concluded that loss of forest cover has a significant impact on development, suggesting that the need to create economic and environmental policies aimed at a dynamic balance between such variables, thus promoting a sustainable economic policy especially for the poorest countries.

Keywords: Deforestation; GDP per Capita; Granger Causality; Panel data.

3 INTRODUÇÃO

Na literatura específica e em periódicos do setor florestal, vários especialistas, tais como: Griggs *et al.* (2013), Joshi e Beck (2016), UN (2016), Liu *et al.* (2017), Cuaresma *et al.* (2017), Leblois *et al.* (2017), Cuaresma e Heger (2019) vislumbram a relação entre o setor florestal e o desenvolvimento econômico. A partir dessa ideia, Wendling *et al.* (2018) em seu estudo, argumentaram que as florestas são uma importante fonte ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar da vida na terra. Os autores continuam explicando que as florestas servem de fonte de renda para mais de 1,6 bilhão de pessoas no mundo (UN, 2016).

Da mesma forma, as florestas são fundamentais ao controle do clima, mas constantemente ocorrem mudanças na cobertura florestal, ocasionadas pelos desmatamentos, por exemplo. Tais mudanças no bioma implicam em impactos no ecossistema, bem como para o desenvolvimento da vida e para o desenvolvimento econômico dos países afetados (FAO, 2016; WENDLING *et al.*, 2018).

A partir disso, busca-se analisar a relação de causa e efeito entre a perda de cobertura florestal e o desenvolvimento econômico (medido pelo PIB). Do ponto de vista teórico têm-se a Curva Ambiental de Kuznets, que sugere a existência de uma relação na forma de U invertido entre renda e a qualidade ambiental. Ademais, diversos autores têm realizado pesquisas com o enfoque da relação entre qualidade ambiental e desenvolvimento econômico (PANAYOTOU, 1993; KAMOGAWA, 2008, GROSSMAN e KRUEGER, 1991; JOSHI e BECK, 2016; CUARESMA e HEGGER, 2019 e LIU *et al.*, 2017).

Diante disso, seguiram-se diversos estudos referentes à área florestal, no qual se buscou analisar o *trade-off* entre crescimento econômico e perda de cobertura florestal. Em estudos realizados por Dinda (2004), Liu *et al.* (2017), Cuaresma *et al.* (2017), Ogundari *et al.* (2017) e Murshed *et al.* (2020), os autores observaram a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets (*Environmental Kuznets Curve* – EKC) como resultado do processo dinâmico da mudança entre a qualidade ambiental e o desenvolvimento econômico. A partir das ideias geradas por esses autores, pode se concluir que uma mudança no nível de atividade econômica causa

alteração na qualidade ambiental e vice-versa.

A partir dessa ideia, Lee, Chiu e Sun (2010) afirmam que a direção causal entre o nível de desenvolvimento econômico e a qualidade ambiental nem sempre é unidirecional. Além disso, Arrow *et al.* (1995) mencionaram que quando a degradação ambiental ou desmatamento mostram irreversibilidade, níveis mais elevados de crescimento econômico não podem ser sustentados.

A partir da existência de um conjunto de dados, na forma de séries temporais referentes ao nível de atividade econômica e a perda de cobertura florestal, é possível por meio de técnicas econométricas buscar identificar esta possível relação causal entre a qualidade ambiental e o desenvolvimento econômico.

O teste de Causalidade de Granger é amplamente utilizado para verificar a existência do fluxo causal entre duas variáveis, no qual é possível, por exemplo, identificar a existência de causa e efeito entre o desenvolvimento econômico e a qualidade ambiental, medido pela perda de cobertura florestal (CAVALHEIRO *et al.*, 2020; SMITH, 2020).

Por outro lado, a suposição de uma direção causal pode impedir um entendimento mais completo da verdadeira natureza da relação entre o desenvolvimento econômico e a qualidade ambiental. Além disso, o inadequado entendimento da direção causal entre a perda da cobertura florestal e o desenvolvimento econômico pode provocar conclusões imperfeitas sobre o tema, bem como pode influenciar no estabelecimento inadequado de políticas que visam equilibrar estas duas variáveis (CAVALHEIRO *et al.*, 2020).

Com isso em mente, este estudo busca identificar se há evidências que demonstrem alguma interdependência entre a perda da cobertura florestal e o desenvolvimento econômico. De forma abrangente esta pesquisa busca investigar como o crescimento econômico impacta na cobertura florestal em nível mundial, e também como o nível de cobertura florestal de cada país afeta o crescimento econômico com base na hipótese teórica da Curva Ambiental de Kuznets (EKC).

Essa hipótese é amplamente aceita, em que a ideia básica é de que o desenvolvimento econômico, em seus estágios iniciais, causa maiores impactos ao meio ambiente, havendo, por outro lado, um limiar, em que esta relação se inverte,

uma vez que o aumento da renda per capita levaria a uma menor degradação ambiental. Desta forma, o desenvolvimento tornar-se-ia útil para ajudar a preservação ambiental (GROSSMAN e KRUEGER, 1991; CUARESMA e HEGER, 2019).

De forma específica, este artigo busca responder à seguinte pergunta: existe um fluxo causal entre a perda da cobertura florestal e o PIB per capita em nível global? De forma complementar, busca-se também testar a Hipótese da Curva Ambiental de Kuznets nos países analisados.

3.1 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1.1 Perda de cobertura florestal

A floresta, de acordo com Adeodato *et al.* (2011) é entendida como um pilar fundamental da vida e da economia. O ecoBrasil (2015) define floresta como área coberta por árvores, ou seja, vegetação que produz madeira. Já a FAO (2004) apresenta o conceito mais específico de floresta, citando que se trata de uma área com mais de 0,5 hectares composta por árvores com mais de 5 metros de altura, assim como cobertura de dossel superior a 10%, logo não deve incluir terras que são utilizadas de forma predominante para fins agrícolas ou urbanos, por exemplo. O Accords (2001) mostra seu apoio neste conceito, afirmando que uma floresta pode consistir também por formações florestais fechadas, onde árvores de diferentes camadas cobrem uma grande proporção do solo.

De acordo com os dados revelados pelo Global Forest Watch (2019), entende-se que a perda de cobertura florestal, em nível global, apresenta um dilema que preocupa o mundo inteiro, uma vez que no curto período compreendido entre 2016 e 2018, o mundo perdeu cerca de 12 milhões de hectares de cobertura florestal, incluindo cerca de 3,6 milhões de hectares de florestas primárias (GLOBAL FOREST WATCH, 2019). Neste sentido, Joshi e Beck (2016) destacam que o desmatamento não significa literalmente a destruição total de uma floresta, mas sim uma diminuição da cobertura florestal com a retirada de árvores para uma causa específica.

Nesse sentido, de acordo com os autores, alguns países permitem algum grau de perda de cobertura florestal, principalmente países que carecem de tais recursos. Muitas vezes esses países colocam muita pressão sobre suas florestas

para proporcionar crescimento econômico. Nesse sentido, os autores enfatizam que a perda de cobertura florestal é reflexo do aumento da produção agrícola e da extração de madeira para o atendimento das necessidades dos mercados interno e externo.

Os autores afirmam, por outro lado, que a venda de produtos florestais estimula o desenvolvimento econômico havendo, portanto, a necessidade do controle sobre o uso da floresta, com foco na geração de empregos e vistas ao equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a utilização de tais recursos (SNIF, 2019). Sob uma perspectiva teórica, tem-se a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets (EKC), a qual trata a relação em forma de U invertido entre a qualidade ambiental e o desenvolvimento econômico. Tal abordagem será apresentada na próxima seção.

3.1.2 Estrutura conceitual da hipótese EKC

Kuznets (1955) em seu estudo, estabeleceu uma relação que discute principalmente a distribuição desigual de renda e a produtividade na forma de U invertido. Entende-se que é daí que vem a ideia original da Curva Ambiental de Kuznets. Desde então, essa noção tem atraído muita atenção, especialmente após a década de 1990, com o estudo de Grossman e Krueger (1991) que argumentou que a renda per capita e a qualidade ambiental seguem uma relação na forma de U invertido, em que Panayotou (1993) validou essa hipótese. Segundo Cuaresma e Heger (2019), a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets (*Environmental Kuznets Curve* - EKC) pode ser considerada um reforço para a literatura, com o objetivo de estudar a existência da relação entre o desenvolvimento econômico e a perda de cobertura florestal, por exemplo.

Ademais, a teoria considera a qualidade ambiental como causa e a renda ou o crescimento econômico como efeito, em que o primeiro é tomado como uma variável dependente (CAVALHEIRO *et al.*, 2020). A interpretação pode ser dada a partir da perspectiva da produção, entendendo-se que, de acordo com Coondoo e Dinda (2002), o impacto ambiental relativo à atividade produtiva apresenta uma realidade essencial para a geração de renda, assim, para que a geração de renda seja possível, espera-se que haja impacto ambiental.

Cavalheiro *et al.* (2020) comentaram que a hipótese da curva ambiental de Kuznets visa especificamente um processo dinâmico de mudança, no qual, conforme aumenta a renda ou o desenvolvimento econômico, a qualidade ambiental diminui. Por outro lado, em um segundo momento, um país pode apresentar crescimento da renda e experimentar um decréscimo nos impactos ambientais, após um nível de limiar de renda ter sido cruzado (DINDA, 2004; LIU *et al.*, 2017; CUARESMA *et al.*, 2017; OGUNDARI *et al.*, 2017; MURSHED *et al.*, 2020).

Em consonância com essa ideia, Joshi e Beck (2016), em seus experimentos, utilizaram a curva ambiental na forma de N. Em um primeiro momento os autores observaram que, como consequência do aumento do desenvolvimento econômico houve aumento da perda de cobertura florestal. Num segundo momento houve redução da perda de cobertura florestal após determinado ápice de perda de cobertura florestal ter sido atingido. Por fim, num terceiro estágio, esta relação voltou a ser positiva, após determinado limiar, ou ponto de inflexão ter sido atingido.

Esta relação positiva entre o desenvolvimento econômico e a perda de cobertura florestal é parcialmente explicada sob a ótica de que quando o crescimento é bem-sucedido, a cobertura florestal é afetada como consequência da pressão exercida pela produção agrícola ou pela extração de madeira para atender às necessidades do mercado e da população (JOSHI e BECK, 2016). De acordo com os autores, o crescimento populacional e o aumento da conversão de floresta para terras agrícolas exacerbaram a perda de cobertura florestal. No entanto, o aumento do comércio e a maior produtividade de cereais tendem a impactar positivamente a cobertura florestal, compensando parcialmente o desmatamento.

Neste sentido, Ewers (2006) realizou uma pesquisa em 103 países no período de 1990-2000, em que observou que a relação entre o desenvolvimento econômico e a cobertura florestal é apresentada na forma de U invertido, tal como concebido na proposta teórica da Curva Ambiental de Kuznets. Em contribuição à Ewers (2006), Culas (2012) também observou a relação na forma de U invertido na América Latina e na África, enquanto a curva ambiental de Kuznets na forma de U foi observada na Ásia. Para o autor, isso indica a importância do estabelecimento de políticas que busquem equilibrar as demandas do setor agrícola e do setor florestal para o controle do desmatamento, como forma de equilibrar o desenvolvimento econômico e a preservação ambiental.

No que se refere aos países não pertencentes à Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), Joshi e Beck (2016) mencionaram que apenas os países pertencentes ao continente africano apresentam a Curva Ambiental de Kuznets (EKC) entre a renda e o desmatamento. Os autores observaram que o desmatamento aumenta à medida que há o crescimento da renda, mas depois diminui após atingir determinado ápice.

Por outro lado, segundo os autores, para os países da região asiática, a cobertura florestal é afetada apenas pelo crescimento populacional. Na América Latina, os autores mostraram que houve um aumento da cobertura florestal e o crescimento inicial da renda, mas houve perdas florestais acompanhadas do maior desenvolvimento econômico. O que faz pensar que também nesta região a cobertura florestal diminui devido ao aumento do comércio de madeira e à maior conversão de florestas para terras agrícolas.

Cuaresma *et al.* (2017) analisaram países pobres e com renda média, sob a ótica da relação da perda de cobertura florestal e o aumento do desenvolvimento econômico, em que utilizaram a Hipótese da Curva Ambiental de Kuznets. Os autores observaram que o efeito do desenvolvimento da renda per capita na cobertura florestal apresenta o maior impacto no início da fase de desenvolvimento econômico. Ao passo, explicaram que o efeito marginal do crescimento da renda per capita sobre a perda de cobertura florestal é mais forte nos primeiros estágios do desenvolvimento econômico e enfraquece nas economias mais avançadas.

Cuaresma e Heger (2019) observaram que, em países de baixa renda, da África Subsaariana, ocorre a troca entre o desenvolvimento econômico e a qualidade ambiental, à medida que há perda de cobertura florestal quando há aumento do desenvolvimento econômico. Havendo, inclusive, maior elasticidade quando comparado aos países de renda média. Para os autores, há um efeito marginal do crescimento da renda per capita sobre a perda de cobertura florestal ocorrendo, principalmente, nos estágios iniciais do desenvolvimento econômico.

Assim como Cuaresma *et al.* (2017), Liu *et al.* (2017) determinaram uma relação na forma de U invertido entre o desenvolvimento econômico e a perda de cobertura florestal. Para os autores, o desenvolvimento econômico, medido pelo PIB e PIB per capita, é um dos mais importantes impulsionadores das mudanças na cobertura florestal e, portanto, aumento do desmatamento. Da mesma forma, a

ampliação de terras agrícolas foram consideradas um importante contribuinte para o desmatamento, havendo, portanto, troca de área florestal por área destinada à produção agrícola.

Neste sentido, Leblois *et al.* (2017) observaram que o impacto do PIB no desmatamento é maior em países com renda abaixo média, com renda média e renda acima da média, quando comparados aos países mais ricos, denotando, portanto, íntima relação entre as variáveis especialmente no que tange a países menos desenvolvidos economicamente. Por outro lado, Bhatia e Cumming (2020) ao estudarem 23 nações no período de 1992 a 2015 e Kauano *et al.* (2020), ao estudarem 516 municípios da Amazônia Legal, no Brasil, durante o período de 2004 a 2014 não descobriram uma clara relação entre o crescimento econômico e a perda de cobertura florestal.

Assim, entende-se que o desenvolvimento econômico e a perda da cobertura florestal apresentam um relacionamentode duas vias entre as variáveis. Sob a ótica da atividade econômica, nota-se que vários especialistas destacam que a relação entre o desenvolvimento econômico e a perda de coberta florestal deve ser analisada sob a ótica bilateral, em que a variação de um implica diretamente na variação do outro e vice-versa, fato que pode ser observado utilizando técnicas econométricas como Cointegração e Causalidade de Granger (EWERS, 2006; BHATIA e CUMMING, 2020; MURSHED *et al.*, 2020).

Para os autores, ao se analisar o crescimento econômico, têm-se que a expansão das atividades econômicas, inclusive aquelas que promovem o desmatamento, impactam no aumento do crescimento populacional. Assim, o ciclo de crescimento das regiões cria um efeito provocador de forma a estimular novos investimentos e novos investidores oriundos de outras localidades.

Estes novos investidores, são estimulados pelas externalidades geradas por este processo, promovendo, portanto, o aumento do desmatamento. Mas, além desse efeito, à medida que o desmatamento aumenta o avanço da produção agrícola em novas áreas florestais. Este avanço da produção agrícola leva a um aumento de perda de cobertura florestal, e, por sua vez, o crescimento econômico da região devastada, denotando, portanto, uma relação de causalidade entre as variáveis.

3.1.3 METODOLOGIA

3.1.3.1 Variáveis utilizadas na pesquisa

O TCL (*Tree Cover Loss*) vem da língua inglesa que em português significa perda de cobertura florestal. Na ideia proposta no Global Forest Watch (2019), entende-se que a perda de cobertura florestal se refere a uma mudança na vegetação lenhosa das florestas (com altura maior que cinco metros). Wendling *et al.* (2018) apresentam a fórmula relacionada a perda de cobertura florestal, conforme demonstrado abaixo.

$$TCL = \frac{1}{5} \sum_{i=0}^4 \frac{ATL_{t-i}}{FOR} \quad (1)$$

em que: TCL é o *Tree Cover Loss*, ou perda de cobertura florestal, FOR: (*Forestedland*) é a área florestada; ATL: (*Annual área lost*) é a área anual de cobertura florestal perdida. A este respeito, entende-se que a métrica é calculada como uma média móvel de cinco anos da perda de cobertura florestal de cada um dos países (WENDLING *et al.* 2018; GLOBAL FOREST WATCH, 2019).

Nesta pesquisa foi levado em consideração o período 2002-2015, devido à disponibilidade de dados encontrados para a análise dos 174 países investigados, em especial destaque à limitação do número de anos disponíveis do índice TCL, em que os dados foram obtidos de Wendling *et al.* (2018). Como proxy ao desenvolvimento econômico e ao nível de renda, utilizou-se o PIB per capita de cada um dos países e anos analisados, em que os dados foram obtidos de World Bank (2021).

Como forma de melhor analisar os resultados, segregou-se os países em 4 grandes grupos, conforme os critérios adotados pelo Banco Mundial para identificar e classificar os países conforme seu nível de renda. Os 4 grupos são: países de renda acima da média (UMC – *UpperMiddle Countries*), países com renda abaixo da média (LMC - *LowerMiddle Countries*), países de alta renda (HIC–*High Income Countries*) e países de baixa renda (LIC–*LowIncome Countries*), em que foram investigados 50, 41, 54 e 29 países, respectivamente.

3.1.3.2 Procedimentos Metodológicos

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa quantitativa, explicativa e causal com dados em painéis. Para que a análise e ajuste dos modelos econométricos fossem realizadas de forma correta, foi necessário que se seguissem algumas etapas pré-definidas.

Para responder o problema de pesquisa, inicialmente realizou-se o teste de raiz unitária, a fim de verificarse as séries eram estacionárias. Após realizou-se o teste de cointegração de Pedroni e na sequência realizou-se teste de causalidade de Granger. Por fim, para se testar a hipótese da curva ambiental de Kuznets realizou-se o teste de Hausmann para se verificar a utilização da regressão de Efeitos Fixos ou Efeitos Aleatórios entre as variáveis analisadas. Após a realização da regressão de Efeitos Fixos ou Efeitos calculou-se a derivada primeira e derivada segunda para identificar os pontos de inflexão nos modelos.

Assim, num primeiro momento realizou-se o teste de raiz unitária. A ideia apresentada por Gujarati e Porter (2011), é de que os testes de causalidade assumem que as séries temporais envolvidas na análise são estacionárias, portanto os testes de estacionariedade devem preceder os testes de causalidade. De modo geral, um processo estocástico estacionário será denominado se suas médias e variâncias forem constantes ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos depender apenas da distância do intervalo de tempo, isto é:

$$\begin{aligned}
 \text{Média: } E(y_{i,t}) &= \mu_i \\
 \text{Variância: } \text{var}(y_{i,t}) &= E(y_{i,t} - \mu_i)^2 = \sigma_i^2 \\
 \text{Co var iância: } \gamma_{i,k} &= E(y_{i,t} - \mu_i)(y_{i,t+k} - \mu_i)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Os processos estocásticos estacionários a serem testados pelo teste de raiz unitária, sob uma abordagem tradicional são descritos na Equação (2), porém Eviews (2017) comenta que a literatura atual sugere que uma abordagem baseada em painéis apresenta maior poder de precisão ao teste de raiz unitária, quando comparado a uma abordagem baseada em séries temporais individuais. Nesta pesquisa usou-se o teste de Fisher-ADF, em que se assumiu raízes unitárias

individuais para cada processo, como proposto por Maddala e Wu (1999) e por Choi (2001).

Assim, se definirmos que π_i como *op*-valor de qualquer teste de raiz unitária individual para cada cross-section i , então, sob a hipótese nula de raiz unitária para todas N as seções transversais, temos o resultado assintótico:

$$-2 \sum_{i=1}^N \log(\pi_i) \rightarrow 2\chi_{2N}^2 \quad (3)$$

sob esta perspectiva, realizou-se o teste de raiz unitária sob três abordagens diferentes: passeio aleatório, passeio aleatório com deslocamento e passeio aleatório com deslocamento em torno de uma tendência determinística, como forma de apresentar maior consistência nos resultados.

Após a realização do teste de raiz unitária, realizou-se o teste de Cointegração de Pedroni. Neste sentido, de acordo com Eviews (2017), a análise de relacionamentos de cointegração de longo prazo tem recebido considerável atenção na análise de séries temporais modernas. Assim, os testes de cointegração para dados em painel são usados para se testar a hipótese nula de que $y_{i,t}$ e $x'_{i,t}$, não são cointegrados e que, portanto, o termo de erro e_{it} é não estacionário. Neste sentido, o teste de Cointegração de Pedroni permite inferir se existe ou não uma relação de cointegração para os dados em painel entre as variáveis.

A ocorrência de cointegração entre as variáveis pode sugerir a existência de causalidade entre ela, em que nesta pesquisa, realizou-se o teste de Causalidade de Granger. Em respeito da noção de causalidade de Granger, Alexander (2001) menciona que, quando as séries tempo são cointegradas, isto significa que algum fluxo causal do tipo de Granger seja incorporado no sistema. Os testes permitem que se observe a existência das relações de antecedência-defasagem e de fluxos causais entre as séries de tempo. O termo de causalidade de Granger, em sua integralidade, significa há uma relação de antecedência-defasagem entre as variáveis (ALEXANDER, 2001).

O teste de causalidade de Granger é utilizado para determinar a causalidade entre as variáveis do estudo, ou seja, para verificar se uma variável é útil na previsão da outra variável e também ajuda a determinar a relação de equilíbrio de curto prazo. Nessa perspectiva, o teste de causalidade é explicado da seguinte forma: de que o

futuro não pode causar o passado nem o presente (ALEXANDER, 2001). Por exemplo, se o evento x_i ocorre depois do evento y_i , sabemos que x_i não pode causar y_i . Ao mesmo tempo, se x_i ocorre antes que y_i , isso não significa que x_i , necessariamente, cause y_i . Nas equações a seguir (4 e 5), têm-se as formas comuns do teste de causalidade de Granger, usando dados em painel.

$$y_{i,t} = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i}y_{i,t-1} + \dots + \alpha_{t,i}y_{i,t-n} + \beta_{1,i}x_{i,t-1} + \dots + \beta_{t,i}x_{i,t-n} + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

$$x_{i,t} = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i}x_{i,t-1} + \dots + \alpha_{t,i}x_{i,t-n} + \beta_{1,i}y_{i,t-1} + \dots + \beta_{t,i}y_{i,t-n} + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

em que t significa a dimensão do período de tempo do painel e i significa a dimensão da seção transversal. Nesta pesquisa assumiu-se que todos os coeficientes são iguais em todas as seções transversais, ou seja:

$$\alpha_{0,i} = \alpha_{0,j}, \alpha_{1,i} = \alpha_{1,j}, \dots, \alpha_{t,i} = \alpha_{t,j}, \forall i, j \quad (6)$$

$$\beta_{1,i} = \beta_{1,j}, \dots, \beta_{t,i} = \beta_{t,j}, \forall i, j \quad (7)$$

Ao observar as equações (4) e (5), e considerando um sistema bivariado de séries temporais, ao longo de um processo estacionário, é dito que a variável x_i causa y_i no sentido de Granger se a variável x_i melhorou a previsão de y_i , mesmo depois que a variável y_i foi incluída entre as variáveis explicativas. Por fim, para se avaliar a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets, utilizou-se a regressão utilizando-se de dados em painéis pareados e balanceados, em que se utilizou o teste de Hausmann para se verificar a utilização da regressão de Efeitos Fixos ou Efeitos Aleatórios. Na próxima seção são apresentados os resultados da pesquisa.

3.1.3.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Buscou-se analisar, nesta pesquisa, a relação entre a perda de cobertura florestal e o PIB per capita, em que se utilizou o índice *Tree Cover Loss* – TCL (perda de cobertura florestal), disponível em Wendling *et al.* (2018) e o PIB dos países analisados, disponível em World Bank (2021).

Para tal, segregaram-se os países, conforme critério adotado pelo Banco Mundial, em que a entidade classifica e organiza as economias conforme sua renda per capita, a saber: países com Renda Média Alta (*Upper-MiddleIncome Countries – UMC*), Renda Média Baixa (*Lower-MiddleIncome Countries – LMC*), Renda Alta (*High-Income Countries – HIC*) e Baixa Renda (*Low-IncomeCountries– LIC*). Na Tabela 1 são apresentadas a média anual do PIB per capita (em dólares americanos) dos países agrupados por características econômicas (LIC, LMC, UMC e HIC) no período de 2002 à 2015.

Tabela 10: Média anual do PIB per capita (em dólares americanos) dos países agrupados por características econômicas (LIC, LMC, UMC e HIC) no período de 2002 à 2015.

Grupo	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
LIC	1.297,55	1.309,66	1.338,07	1.371,91	1.395,49	1.418,25	1.446,32
LMC	3.526,54	3.663,94	3.847,30	4.016,28	4.227,48	4.492,27	4.677,83
UMC	9.763,58	10.085,41	10.780,88	11.329,28	11.950,02	12.678,41	13.204,97
HIC	31.150,97	31.726,84	32.928,84	33.899,55	35.210,92	36.507,06	36.415,61
Grupo	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LIC	1.472,36	1.512,67	1.540,40	1.581,95	1.605,65	1.643,09	1.647,32
LMC	4.703,56	4.880,93	5.063,65	5.236,63	5.413,97	5.566,53	5.691,93
UMC	12.966,55	13.287,53	13.291,84	13.766,08	13.929,93	14.027,17	14.113,22
HIC	34.793,44	35.860,29	36.769,28	36.979,57	37.466,39	37.884,16	38.030,68

Fonte: elaboração própria a partir dos dados obtidos através de World Bank (2021)

Observa-se na Tabela 1 que ao longo do período de 2002 a 2015 houve significativo aumento de PIB per capita em todos os grupos de países analisados, em que, por exemplo, os países de baixa renda (LIC) apresentaram um aumento de 26,95% (passando de U\$ 1.297,55 para U\$ 1.647,32 de PIB per capita), enquanto que os países de alta renda (HIC), houve um aumento de 22,08% (passando de U\$ 31.150,97 para U\$ 38.030,68 de PIB per capita).

Observa-se também uma grande diferença entre o PIB per Capita, especialmente quando comparados aos países de alta renda (HIC), em que, por exemplo, no ano de 2015 a diferença entre os países de alta renda, quando com países de baixa renda era de 23 vezes, isto é, o PIB per capita dos países de alta renda era 23 vezes maior que os países de baixa renda.

Tabela 11: Média anual do TCL dos países agrupados por características econômicas (LIC, LMC, UMC e HIC) no período de 2002 à 2015.

Grupo	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
LIC	2,93	2,16	1,77	1,55	0,74	0,57	0,57
LMC	0,28	0,27	0,27	0,27	0,28	0,29	0,31
UMC	0,40	0,38	0,38	0,37	0,33	0,34	0,34
HIC	0,32	0,29	0,32	0,35	0,37	0,41	0,47
Grupo	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
LIC	0,57	0,52	0,59	0,56	0,58	0,62	0,66
LMC	0,35	0,38	0,39	0,40	0,41	0,43	0,42
UMC	0,35	0,34	0,36	0,36	0,34	0,33	0,32
HIC	0,47	0,48	0,49	0,49	0,46	0,46	0,43

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados obtidos a partir de Wendling et al. (2018)

O índice de perda de cobertura florestal (*Tree Cover Loss* – TCL) mede a média móvel de cinco anos da porcentagem de florestas perdidas, podendo ser de origem primária ou de florestas plantadas. Portanto não pode ser entendida como medida de desmatamento, mas pode ser entendida como medida de perda florestal, propriamente dita. Ademais não pode ser entendida como variação percentual, uma vez que ocorre transformação nos dados durante o cálculo ($\ln(x+\alpha)$, em que $\alpha = 1,94456970161889e-4$), podendo ocorrer valores superiores a 1, por exemplo. Neste sentido Wendling *et al.* (2018) definem que a pior desempenho (95° percentil) é superior a 1,177 e a melhor desempenho era inferior à 0,004 (5° percentil). Assim, quanto maior o índice pior é o desempenho ambiental e maior a perda de cobertura florestal.

Observa-se na Tabela 2 que os países de baixa renda (LIC) apresentaram pior performance, apesar de clara evolução, uma vez que passaram de 2,93 (no ano de 2002) para 0,66 (no ano de 2015), enquanto que os países com alta renda (HIC) pioraram seu desempenho (passando de 0,32 em 2002 para 0,43 em 2015). Para responder o problema de pesquisa realizaram-se o teste de raiz unitária, o teste de Cointegração de Pedroni e o teste de Causalidade de Granger, todos utilizando-se dados em painéis. Na Tabela 3 apresenta-se o teste de raiz unitária.

Tabela 12: Teste de raiz unitária para as variáveis em nível (Lag0) e em primeira diferença (Lag1) das variáveis: TCL e PIB per capita no período de 2002 a 2015 (em bases anuais), aplicado ao modelo determinístico sem tendência e sem intercepto, com intercepto e com intercepto e com tendência.

Variável	Lag	Trend	Const	None
TCL dos países UMC	0	63,140	72,862	111,231
	1	263,922***	303,651 ***	465,192 ***
TCL dos países LMC	0	39,320	48,986	89,411
	1	182,754 ***	204,972 ***	286,308 ***
TCL dos países HIC	0	76,107	63,055	57,574
	1	312,195 ***	329,021 ***	486,110 ***
TCL dos países LIC	0	37,255	43,692	87,654 ***
	1	130,738 ***	144,148 ***	219,237 ***
PIB Per Capita dos países UMC	0	100,311	108,191	7,497
	1	227,848 ***	288,690 ***	331,678 ***
PIB Per Capita dos países LMC	0	39,440	39,579	0,921
	1	133,107 ***	163,280 ***	134,471 ***
PIB Per Capita dos países HIC	0	54,102	85,210	28,482
	1	148,393 ***	230,534 ***	342,258 ***
PIB Per Capita dos países LIC	0	73,343 *	38,980	19,008
	1	161,319 ***	202,898 ***	216,317 ***

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; Δ% variação percentual. TCL: *Tree Cover Loss*; None: sem tendência e sem intercepto; Const: com intercepto; Trend: com intercepto e com tendência Fonte: Elaboração Própria.

Observa-se na Tabela 3 que não se rejeitou a hipótese nula de raiz unitária da variável: perda de cobertura florestal (*Tree Cover Loss*- TCL) dos países com renda média alta (UMC), renda média baixa (LMC), renda alta (HIC) e com renda baixa (LIC) no período de 2002 a 2015 (utilizando-se os dados em nível, isto é: Lag0), denotando a existência de raiz unitária nas séries analisadas. Por outro lado, observou-se que a primeira diferença (lag1) desta variável, rejeitou a hipótese nula de raiz unitária, com 99% de confiança.

Da mesma forma, no mesmo período, foi observado que não houve rejeição da hipótese nula de raiz unitária da variável PIB per capita, utilizando-se os dados em nível (lag0). Contudo, constatou-se que na primeira diferença desta variável (lag1) a hipótese nula de raiz unitária foi rejeitada a 99% de confiança para cada um dos agrupamentos de países (UMC, LMC, HIC, LIC). Essa observação foi feita após a realização dos três testes do modelo determinístico que são (sem tendência e sem intercepto, com intercepto e com intercepto e com tendência).

A partir da rejeição da hipótese nula de raiz unitária, foi possível realizar o teste de Cointegração de Pedroni para modelos determinísticos sem tendência e sem intercepto (None), com intercepto (Const) e com intercepto e com tendência

(Trend) aplicado para as variáveis TCL e PIB per capita. Na Tabela 4 têm-se o teste de cointegração de Pedroni, que é um método utilizado para verificar se existe uma relação de longo prazo entre as variáveis. Além de ser um modelo para determinar a relação de cointegração, este método mostra que todas as variáveis são endógenas, ou seja, explicadas no modelo apresentado (CAVALHEIRO *et al.* (2020). A esse respeito, observam-se na Tabela 4, os seguintes resultados:

Tabela 13: Teste de Cointegração de Pedroni para o modelo determinístico sem tendência e sem intercepto (None), com intercepto (Const) e com intercepto e com tendência (Trend) aplicado para as variáveis: Primeira Diferença da TCL e PIB per capita para o período de 2002 a 2015 (em bases anuais).

H0	1° Diferença do TCL cointegrada à 1° Diferença do PIB Per Capita nos países UMC			1° Diferença do TCL cointegrada à 1° Diferença do PIB Per Capita nos países LMC			1° Diferença do TCL cointegrada à 1° Diferença do PIB Per Capita nos países HIC			1° Diferença do TCL cointegrada à 1° Diferença do PIB Per Capita nos países LIC		
	Trend	Const	Non.	Trend	Const	Non.	Trend	Const	Non.	Trend	Const	Non.
r≤5 sig.	-1,01	13,98	-1,50*	4,28	1,06	-4,79***	2,09	-0,70	-2,65***	-4,98***	4,82	-3,29***
r≤4 sig.	2,90	-4,76***	-5,09***	-0,09	-1,73**	-4,65***	-6,07***	-5,04***	-6,06***	0,93	-7,97***	-23,65***
r≤3 sig.	11,64	7,26	0,29	3,36	1,10	-1,36*	4,00	1,75	-2,09**	9,20	6,99	-8,77***
r≤2 sig.	-0,44	5,34	-3,00***	3,76	2,00	-0,98	0,98	-1,15	-4,50***	4,01	3,58	-5,92***
r≤1 sig.	-1,35*	-2,41***	-11,31***	-3,70***	-5,01***	-5,31***	-3,98***	-4,46***	-7,18***	0,81	-4,10***	-10,53***
r≤0 sig.	-36,18***	-30,57***	-30,95***	-10,79***	-9,52***	-9,40***	-17,99***	-16,93***	-16,71***	-17,94***	-17,68***	-24,26***

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; Δ% variação Percentual; None: sem tendência e sem intercepto; Const: com intercepto; Trend: com intercepto e com tendência. Fonte: Elaboração Própria.

Observa-se na Tabela 4 a rejeição da hipótese nula de não cointegração em curto prazo (lags 0 e 1) e médio prazo (lags 4 e 5). Tendo-se que o teste de cointegração é baseado no seguinte modelo: $y_{i,t} = \beta_i x'_{i,t} + \gamma_i z'_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$, em que $y_{i,t}$ e $x'_{i,t}$ são as variáveis analisadas (TCL e PIB per Capita, respectivamente). A rejeição da hipótese nula sugere que $y_{i,t}$ e $x'_{i,t}$ são cointegradas e que, portanto, o termo de erro $\varepsilon_{i,t}$ é não estacionário. Estes resultados demonstram uma interdependência de curto e médio prazo entre a Perda de Cobertura Florestal e o PIB per capita.

Alexander (2001) *apud* Cavalheiro *et al.* (2020) argumentou que as variáveis, por apresentarem uma relação de interdependência temporal, sugerem a existência de causalidade entre elas. Assim, de acordo com o autor, a ocorrência de cointegração não é necessária para a existência de causalidade, embora seja suficiente. Dito isso, o teste de causalidade de Granger foi realizado no sentido de

compreender se os valores anteriores de uma variável ajudam a prever a outra, de forma bivariada, em que utilizou-se dados em painel, entre as variáveis deste trabalho.

Tabela 14: Teste de Causalidade de Granger, com dados em painéis, aplicado às variáveis Primeira Diferença da variável PIB per capita e Primeira Diferença da variável TCL para o agrupamento de países UMC, LMC, HIC e LIC, em bases anuais, no período de 2002 à 2015.

Lag	UMC		LMC		HIC		LIC	
	1d TCL~ 1d PIB Per Capita	1d PIB per Capita ~ 1d TCL	1d TCL~ 1d PIB Per Capita	1d PIB per Capita ~ 1d TCL	1d TCL~ 1d PIB Per Capita	1d PIB per Capita ~ 1d TCL	1d TCL~ 1d PIB Per Capita	1d PIB per Capita ~ 1d TCL
1	0,000	1,097	0,211	0,190	0,868	0,097	1,335	0,687
2	1,309	2,673 *	0,463	0,466	3,428 **	0,040	2,696*	1,539
3	0,288	2,060	1,920	0,540	2,299 **	1,228	1,961	0,863
4	0,274	2,007 *	2,451 **	1,168	2,633 **	2,239 *	1,584	0,632
5	0,477	3,194 ***	1,982 *	0,850	3,231**	1,994 *	0,819	0,512
6	0,531	3,918 ***	1,578	0,987	1,345	1,621	0,915	0,281
7	0,454	3,491 ***	1,564	0,904	1,929 *	2,081 **	0,308	0,749
8	0,470	4,771 ***	1,265	0,560	3,669 ***	1,653	0,617	1,060
9	0,498	4,019 ***	1,983 **	0,833	0,582	1,733 *	0,718	0,963
10	1,376	5,967 ***	1,490	1,352	1,213	1,349	0,818	1,596
11	1,162	9,326 ***	1,185	0,999	0,599	2,553 ***	0,747	0,700
12	0,718	6,153 ***	1,541	0,936	0,281	1,837 **	2,502**	0,838

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; 1d TCL~1d PIB Per Capita indica que a Primeira diferença da variável TCL NÃO Causa Granger Primeira Diferença do PIB per capita; 1d PIB Per Capita ~ 1d TCL indica que a Primeira diferença da variável PIB per capita NÃO Causa Granger Primeira Diferença do TCL. Fonte Elaboração Própria;

Observa-se na Tabela 5 que se rejeitou a hipótese nula de não existência de Causalidade de Granger entre o PIB per Capita e a Perda de Cobertura Florestal nos países com renda acima da média (UMC - *Upper-Middleincome Countries*), nos lags 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12. Isso significa que uma mudança na tendência do PIB per capita daqueles países no tempo t causa uma variação na perda de cobertura florestal destes mesmos países nos anos subsequentes (anos 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12).

Observou-se, portanto que o desenvolvimento econômico causa variações na perda de cobertura florestal no curto prazo (2 anos), estendendo-se o efeito por um longo prazo, (lags 4 a 12 anos). Isto é: uma variação no PIB per capita no tempo t tem reflexos que se arrastam durante vários períodos. De forma específica, a perda de cobertura florestal no tempo $t+2$ poderia ser reflexo do processo de antecipação da colheita nas áreas de florestas plantadas. Esta possível antecipação poderia ser consequência do desejo do produtor de aproveitar as oportunidades de melhores

preços, decorrente do aumento da demanda pela matéria-prima da indústria madeireira, em função do maior demanda por produtos finais, reflexo do aumento do PIB per capita.

Por outro lado, esta relação se estende em longo prazo, especialmente a partir do tempo $t+5$. Este resultado seria parcialmente explicado pelo ciclo da colheita da floresta plantada. Para esclarecer ainda mais essa relação, o aumento da demanda atual, estimularia o produtor rural a plantar novas áreas no tempo t , o que influenciaria na oferta maior de madeira a partir do tempo $t+5$ anos, implicando em perda de cobertura florestal a partir deste período ($t+5$). Este resultado é explicado, em parte, pelo tempo de maturação da árvore, que leva de 5 a 7 anos até o seu corte, como demonstrado por (SUASSUNA, 1997; IBÁ, 2019; e GLOBAL FOREST WATCH, 2019).

Nos grupos de países com renda abaixo da média (LMC) e com renda baixa renda (LIC), observou-se que a variação da perda de cobertura florestal (TCL) causou variação no PIB per Capita. Assim, notou-se, nestes dois grupos, que a hipótese nula de causalidade de Granger entre a perda de cobertura florestal e o PIB per capita, foi rejeitada. Por exemplo, nos países com renda abaixo da média (LMC), constatou-se que a rejeição da hipótese de não causalidade ocorreu nos lags 4 e 5. Isto poderia ser parcialmente explicado sob duas óticas.

Primeiro o plantio de novas áreas no tempo t , como forma de repor esta área perdida, implicaria em colheita desta madeira após 4 ou 5 anos de maturação, refletindo, assim na economia do país. Sob outra perspectiva, a perda de cobertura florestal no tempo t poderia estimular o empresário do setor madeireiro que, gradualmente, iria aumentar a sua confiança no setor e, por fim, acabaria por decidir em investir nele. Assim, o tempo que decorre entre o aumento da confiança, passando pela decisão de investir e finalizando pela efetiva construção de novas fábricas e sua plena utilização demoraria entre 4 e 5 anos para apresentar algum reflexo na própria economia.

Como citado, também se observou a rejeição da hipótese nula de que a variação da perda de cobertura florestal não causa Granger no PIB per capita (no tempo $t+2$), nos países de baixa renda (LIC). Isto é, uma variação na perda de cobertura florestal hoje, implicaria numa variação do PIB per capita daqui a 2 anos. Isso pode ser parcialmente explicado pela troca de cobertura florestal pela produção

agrícola na mesma área, nos países analisados.

Neste sentido Leblois *et al.* (2017) relataram que a atividade econômica destes países está mais concentrada na produção primária, o que poderia explicar por que a perda de cobertura florestal tem relação direta com o PIB per capita. Assim, a destinação da área para a produção agrícola teria impactos observáveis na economia somente após este período, dado que o tempo de preparo e correção da terra para o plantio, com variação observável da produção e da produtividade, demoraria pelo menos 2 anos a ter algum impacto na economia.

Por fim, observou-se que, nos países com alta renda (HIC), rejeitou-se a hipótese nula de não existência de Causalidade de Granger tanto entre o PIB per capita e a perda de cobertura florestal quanto entre a perda de cobertura florestal e PIB per Capita. Havendo, portanto, uma causalidade bidirecional.

Esse resultado pode ser explicado por Leblois *et al.* (2017), os quais observaram um desenvolvimento econômico marginal nos países ricos, devido a existência de novos mercados e de novas exportações de produtos, explicando, segundo os autores a ligação visível entre a perda da cobertura florestal e o desenvolvimento econômico. Isto é, um aumento na perda de cobertura florestal hoje teriam impactos observáveis na economia nos anos subsequentes (anos 2, 3, 4, 5, 7 e 8), como possível reflexo da maior demanda por madeira, estimulando assim o investimento no setor em que tais investimentos teriam reflexos na economia em curto, médio e longo prazo.

Esta maior demanda por produtos madeireiros estimulariam os empresários do setor a investirem, de tal forma que os reflexos seriam observáveis mais rapidamente e com maior extensão de prazo, quando comparados, por exemplo, a países de baixa renda (LIC). Isto seria reflexo da pujança econômica dos países e da maior eficiência do setor e das suas economias.

Este impacto também pode ser explicado pela ótica de Joshi e Beck (2016), em que os autores comentam que o principal motivo de tal impacto é de que a perda de cobertura florestal, sendo uma forma de colheita de produtos florestais teria benefícios diretamente observáveis na economia. Os autores salientam que nesses países as florestas são cortadas para ofertar madeira e outros produtos para exportação e para o uso interno, estimulando a economia, portanto.

Por conseguinte, ressaltam que, mesmo os subprodutos da produção, como serragem e resíduos de madeira, por exemplo, tornaram-se valiosos à economias mais eficientes como estas, na medida em que surgem novas tecnologias para o aproveitamento desses subprodutos. O que significa que as florestas ainda desempenham um papel fundamental no desenvolvimento econômico daqueles países (JOSHI e BECK, 2016).

Por fim, também se observou a rejeição da hipótese nula de não causalidade de Granger entre o PIB per capita e a perda de cobertura florestal nos países de alta renda (HIC), em que uma variação no PIB per capita no tempo t causaria uma variação na perda de cobertura florestal nos anos subsequentes (anos 4, 5, 7, 9, 11 e 12). Isto pode ser explicado pela ótica do ciclo de plantio e colheita das árvores, uma vez que um aumento no PIB per capita poderia estimular o plantio de novas áreas que seriam colhidas nos anos subsequentes, como reflexo do tempo de maturação destas árvores.

De forma complementar aos testes de causalidade, buscou-se também testar a Hipótese da Curva Ambiental de Kuznets nos países investigados nesta pesquisa. Para avaliar a Hipótese EKC, realizaram-se modelos de regressão com dados em painel (com efeitos fixos, efeitos aleatórios e com heterocedasticidade corrigida) da variável exógena logaritmo da perda de cobertura florestal (\log TCL) e variáveis endógenas: Pib per capita, Pib per capita ao quadrado e Pib per capita ao cubo, segregado por grupo de países: UMC, LMC, HIC e LIC, no período de 2002 à 2015.

Tabela 15: Erro padrão, p-valor e significância dos coeficientes dos modelos de regressão com dados em painel (efeitos fixos e efeitos aleatórios) da variável exógena log TCL e variáveis endógenas: PIB per capita, PIB per capita ao quadrado e PIB per capita ao cubo, segregado por grupo de países: UMC, LMC, HIC e LIC, no período de 2002 à 2015.

Grupo de países	Variável	Coefficiente	Erro padrão	p-valor	Sig.
UMC	Constante	-0,466868	0,169018	0,0059	***
	PIB per capita	-5,80E-05	3,00E-05	0,0535	*
	PIB per capita ao quadrado	3,78E-09	1,59E-09	0,0177	**
	PIB per capita ao cubo	-6,82E-14	1,32E-13	0,0061	***
LMC	Constante	-1,263120	0,102111	0,0000	***
	PIB per capita	0,000177	2,45E-05	0,0000	***
	PIB per capita ao quadrado	-9,14E-09	1,85E-09	0,0000	***
HIC	Constante	-1,487640	0,083244	0,0000	***
	PIB per capita	3,55E-05	3,16E-06	0,0000	***
	PIB per capita ao quadrado	-1,84E-10	1,97E-11	0,0000	***
LIC	Constante	-1,161040	0,233183	0,0000	***
	PIB per capita	0,001142	0,000318	0,0003	***
	PIB per capita ao quadrado	-4,83E-07	1,36E-07	0,0004	***
	PIB per capita ao cubo	5,28E-11	1,47E-11	0,0003	***

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%

A fim de testar a hipótese EKC dos países com renda acima da média (UMC), inicialmente procedeu-se com a regressão com efeitos fixos e aleatórios, porém por problemas de heterocedastidade dos modelos, realizou-se a regressão com dados em painéis com heterocedastidade corrigida. Nos demais grupos procederam-se com a regressão com efeitos fixos ou efeitos aleatórios.

Como variável endógena utilizou-se a variável PIB per capita e suas transformações (PIB per capita ao quadrado e PIB per capita ao cubo). Tais transformações visaram auxiliar na testagem das relações não lineares entre a variável exógena (logaritmo da perda de cobertura florestal) e aquelas variáveis endógenas, isto é, foi possível avaliar a curva ambiental de Kuznets, conforme demonstrado abaixo:

$$\log TCL_{i,t} = \phi_{0,i,t} + \phi_{1,i} pib_{i,t} + \phi_{2,i} pib^2_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (9)$$

$$\log TCL_{i,t} = \gamma_{0,i,t} + \gamma_{1,i} pib_{i,t} + \gamma_{2,i} pib^2_{i,t} + \gamma_{3,i} pib^3_{i,t} + \theta_{i,t} \quad (10)$$

em que $\log TCL$ é o logaritmo da perda de cobertura florestal, γ e ϕ são os parâmetros, pib é o PIB per capita de cada um dos países i , no tempo t e $\theta_{i,t}$ e $\varepsilon_{i,t}$ são os erros dos modelos, que serviram para testar a curva ambiental de Kuznets no

formato de U invertido e no formato de N, respectivamente (equações 9 e 10). Para a determinação dos pontos de inflexão, calculou-se a derivada primeira e a derivada segunda, respectivamente, conforme demonstrado nas equações (11 e 12).

$$d_1 = \frac{\phi_1}{(-2 \times \phi_2)} \quad (11)$$

$$d_2 = \frac{\gamma_2}{(-3 \times \gamma_3)} \quad (12)$$

Observa-se na Tabela 6 que foram testados a hipótese de Kuznets para os 4 grupo de países (UMC, LMC, HIC e LIC), em que todos os parâmetros foram significativos. Ao se observar o sinal do modelo dos países com renda acima da média (UMC), observou-se uma relação na forma de N invertido. Isto é, inicialmente à medida que houve aumento no desenvolvimento econômico, houve diminuição da perda de cobertura florestal, chegando a determinado limiar de US\$ 7.666,49 de PIB per capita (que foi calculado pela derivada primeira dos resultados observados). Após este limiar ser ultrapassado a relação tornou-se positiva, isto é, na medida em que o desenvolvimento crescia, crescia também a perda de cobertura florestal até determinado ápice ser atingido novamente (US\$ 18.493,50 de PIB per capita, que foi calculado pela derivada dos resultados observados). Após este ponto, a relação tornou-se negativa novamente, isto é, na medida em que aumentava o PIB per capita, diminuía a perda de cobertura florestal.

Já o modelo dos países com renda abaixo da média, observou-se uma relação na forma de U invertido, em que o ponto de inflexão da curva foi observado quando PIB per capita era de US\$ 9.676,88 (que também foi calculado pela derivada primeira dos resultados observados). Isto é, nestes países inicialmente quando houve aumento do desenvolvimento econômico houve aumento da perda de cobertura florestal. Após este limiar ser atingido, houve retração na perda de cobertura florestal na medida em que continuava o crescimento do PIB per capita.

Quando analisado os países com alta renda (HIC) também se observou a curva ambiental de Kuznets no formato de U invertido, porém o limiar, ou ponto de inflexão da relação entre qualidade ambiental e desenvolvimento econômico é muito superior quando comparado com os demais grupos de países, em que este limiar foi de US\$ 96.272,78. Isto é, inicialmente na medida em que houve aumento de

desenvolvimento econômico (medido pelo PIB per capita), houve aumento de perda de cobertura florestal. Ultrapassando aquele PIB per capita, a relação tornou-se negativa, denotando mudança de comportamento daquela sociedade perante a perda de cobertura florestal.

Por fim, observou-se uma relação no formato de N nos países de baixa renda (LIC), em que os limiares foram de \$ 1.182,81 e \$ 3.046,55, denotando, importante relação entre o desenvolvimento econômico e a perda de cobertura florestal. Isto é: à medida que houve aumento no desenvolvimento econômico, houve aumento da perda de cobertura florestal. Neste sentido, Cuaresma *et al.* (2017) mencionaram que o efeito da renda per capita na cobertura florestal tem maior impacto em países que estão no início da fase de desenvolvimento econômico. Além disso, Cuaresma *et al.* (2017) e Cuaresma e Heger (2019) afirmam que a renda per capita teve um efeito marginal maior sobre a perda de cobertura florestal, nas fases iniciais de desenvolvimento econômico.

Num segundo momento, observou-se uma diminuição da perda de cobertura florestal na medida em que houve aumento no PIB per capita, houve diminuição da perda de cobertura florestal. Por fim, a relação retornou-se positiva, o que explica que à medida que houve aumento do PIB per capita, houve diminuição da perda de cobertura florestal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo discutiu a relação entre a perda de cobertura florestal e o desenvolvimento econômico em 174 países nos anos de 2002 à 2015, em que segregou-se os países em 4 grupos, conforme sua renda média (renda acima da média, renda abaixo da média, alta renda e baixa renda - UMC, LMC, HIC e LIC, respectivamente).

A base teórica utilizada foi a hipótese EKC, que trata da relação entre qualidade ambiental (medido pela perda de cobertura florestal) e renda (em que se usou a proxy: desenvolvimento econômico per capita, ou PIB per capita). Além disso, como pré-requisito ao teste de causalidade de Granger buscou-se investigar a estacionariedade e a cointegração dessas variáveis.

Os resultados do teste de causalidade de Granger mostraram fluxos causais

entre a perda de cobertura florestal e o desenvolvimento econômico tanto no curto quanto no longo prazo nesses países (LMC, HIC e LIC), à exceção dos países com renda acima da média. Observou-se que em países pobres (LMC e LIC), a variação da perda de cobertura florestal causou variação no PIB per capita. Por outro lado, observou-se que em países com renda acima da média (UMC), a variação do PIB per capita causou variação na perda cobertura florestal e, por fim, observou-se que em países de alta renda (HIC) apresentavam uma causalidade bilateral.

Os resultados da hipótese da curva Ambiental de Kuznets (EKC) mostraram que a relação entre o desenvolvimento econômico e a perda de cobertura florestal apresentou a relação na formade N invertido, no caso dos países com renda acima da média (UMC). Isto é, em um primeiro momento observou-se que na medida em que houve um aumento do desenvolvimento econômico, houve uma diminuição da perda de cobertura florestal até chegar a um determinado ponto. Após esse limite a relação tornou-se positiva. Num terceiro momento, após determinado limiar de desenvolvimento econômico ter sido atingido, a relação tornou-se negativa novamente.

Por conseguinte, os resultados da relação entre o desenvolvimento econômico e a perda de cobertura florestal nos países com renda abaixo da média e alta renda (LMC e HIC, respectivamente) foram mostrados uma relação na forma de U invertido e, por fim nos países com baixa renda (LIC) a relação foi na forma de N.

A partir destes resultados, observou-se que as florestas, além de terem um papel importante na vida, apresentam papel relevante para as economias e para o desenvolvimento econômico. Portanto, a possibilidade de estabelecer a relação entre o desenvolvimento econômico e a perda de cobertura florestal é razoável, na medida em que o desenvolvimento econômico pode agir também como um reparador dos impactos observados na qualidade ambiental, como observado em vários momentos desta pesquisa. Assim, a prática de reflorestamento pode ser uma estratégia de conservação da floresta nativa, assim como pode servir de suporte ao desenvolvimento econômico. Por fim, espera-se que este trabalho possa fortalecer as políticas e estratégias florestais, em nível global, de tal forma a dinamizar o mercado florestal, promover a proteção da biodiversidade e a promulgação do desenvolvimento econômico dos países.

Referências Bibliográficas

ADEODATO, Sérgio et al. **Madeira de ponto a ponta: o caminho desde a floresta até o consumo**. – São Paulo, SP: FGV RAE, 2011, p.128, 2011. Disponível em:<<http://hdl.handle.net/10438/15370>>. Acesso em Out. 2021. ISBN: 978-85-63620-02-6.

CAROL, Alexander. **Market models: a guide to financial data analysis**. ED. John Wiley, Nueva York, v. 1 n. 3, p. 471-473, 2001. Disponível em:<<https://doi.org/10.1093/jjfinec/nbg019>>. Acesso em: 4 Nov. 2020.

CAVALHEIRO, Everton Anger; PIERRE, Frantzso; RODRIGUEZ, Alejandro Martins. A qualidade da água de rios impacta no desenvolvimento econômico? Uma abordagem usando causalidade de granger com dados em painéis em rios e estados brasileiros. **Revista DELOS Desarrollo Local Sostenible**. Vol 12, Nº 35, 2019.

ARROW, Kenneth et al. Economic growth, carrying capacity, and the environment. **Environment and Development Economics**, v. 1, n. 1, p. 104-110, 1996.

IBÁ. Indústria Brasileira de Árvores. **RELATÓRIO ANUAL 2019**. 2019. Disponível em:<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba_relatorioanual2019.pdf>. Acesso em: 21 Nov. 2021.

BHATIA, Nitin; CUMMING, Graeme 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.

CHOI, In. Unit root tests for panel data. **Journal of international money and Finance**, v. 20, n. 2, p. 249-272, 2001.

COONDOO, Dipankor; DINDA, Soumyananda. Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis. **Ecological Economics**, v. 40, n. 3, p. 351-367, 2002.

CRESPO CUARESMA, Jesus et al. Economic development and forest cover: evidence from satellite data. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2017.

CUARESMA, Jesús Crespo; HEGER, Martin. Deforestation and economic development: Evidence from national borders. **Land Use Policy**, v. 84, p. e347-e353, 2019.

CULAS, Richard J. REDD and forest transition: Tunneling through the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, v. 79, p. 44-51, 2012.

DINDA, Soumyananda. Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. **Ecological economics**, v. 49, n. 4, p. 431-455, 2004.

EcoBrasil, O. **O que é uma Floresta**. 2015. Disponível em:<<https://www.oeco.org.br/dicionario-ambiental/29004-o-que-e-uma-floresta/>>. Acesso em: 24 Set. 2021.

EVWIES. **EViews 10 User's Guide, Advanced Single Equation Analysis, Version 10**, HIS Global, Inc., Irvine, CA, USA. Economics Letters. 2017. Disponível em:<https://www3.nd.edu/~nmark/FinancialEconometrics/EViews10_Manuals/EViews%2010%20Users%20Guide%20II.pdf>. Acesso em: 16 Set. 2021.

EWERS, Robert M. Interaction effects between economic development and forest cover determine deforestation rates. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 2, p. 161-169, 2006.

FAO. **FRA: Termos e Definições**. Cadernos de Campo (São Paulo 1991). 2004. Disponível em:<<http://www.fao.org/forestry/media/7797/1/0/>>. Acesso em: 18 Ago. 2021.

ASSESSMENT, FAO Global Forest Resource. How are the World's Forests Changing?. **Rome: The Food and**, 2015. Disponível em:<www.fao.org/publications>. 22 Jan. 2022. ISBN 978-92-5-109283-5

GRIGGS, David et al. Sustainable development goals for people and planet. **Nature**, v. 495, n. 7441, p. 305-307, 2013.

GROSSMAN, Gene M.; KRUEGER, Alan B. **Environmental impacts of a North American free trade agreement**. 1991. DOI 10.3386/w3914. Disponível em:<<https://www.nber.org/papers/w3914>>. 15 Mar. 2021.

GUJARATI, Damodar N.; PORTER, Dawn C. **Econometria básica-5**. Amgh Editora, 2011.

JOSHI, Prathibha; BECK, Kris. Environmental Kuznets curve for deforestation: evidence using GMM estimation for OECD and non-OECD regions. **iForest-Biogeosciences and Forestry**, v. 10, n. 1, p. 196, 2016.

KAMOGAWA, Luiz Fernando Ohara. **Crescimento econômico, consumo de energia e qualidade ambiental: modelos intergeracionais sob à luz da hipótese EKC**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

KAUANO, Érico Emed et al. Do protected areas hamper economic development of the Amazon region? An analysis of the relationship between protected areas and the economic growth of Brazilian Amazon municipalities. **Land Use Policy**, v. 92, p. 104473, 2020.

KUZNETS, Simon. VOLUME XLV MARCH, 1955 NUMBER ONE. **The American Economic Review**, v. 45, n. 1, p. 1-28, 1955.

LEBLOIS, Antoine; DAMETTE, Olivier; WOLFERSBERGER, Julien. What has driven deforestation in developing countries since the 2000s? Evidence from new remote-sensing data. **World Development**, v. 92, p. 82-102, 2017.

LEE, Chien-Chiang; CHIU, Yi-Bin; SUN, Chia-Hung. The environmental Kuznets curve hypothesis for water pollution: do regions matter?. **Energy policy**, v. 38, n. 1, p. 12-23, 2010.

LIU, Jinlong et al. Comparative study of the forest transition pathways of nine Asia-Pacific countries. **Forest Policy and Economics**, v. 76, p. 25-34, 2017.

MADDALA, Gangadharrao S.; WU, Shaowen. A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. **Oxford Bulletin of Economics and statistics**, v. 61, n. S1, p. 631-652, 1999.

MURSHED, Muntasir et al. The Environmental Kuznets curve hypothesis for deforestation in Bangladesh: An ARDL analysis with multiple structural breaks. **Energy, Ecology and Environment**, v. 6, n. 2, p. 111-132, 2021.

NATIONS, U. **Life on Land: Why it Matters**, p. 2. 2016. Disponível em: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2016/08/15_Why-it-Matters_Goal15__Life-on-Land_3p.pdf>. Acesso em: 24 Ago. 2021.

OGUNDARI, Kolawole; ADEMUWAGUN, Adebola Abimbola; AJAO, Olajide Abraham. Revisiting Environmental Kuznets Curve in Sub-Sahara Africa: Evidence from deforestation and all GHG emissions from agriculture. **International Journal of Social Economics**, 2017.

PANAYOTOU, Theodore et al. **Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development.** International Labour Organization, n. 992927783402676, p. 42, 1993. Disponível em:< http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_31_engl.pdf>. 14 Ago. 2021.

SMITH, Adam. **A Riqueza das Nações-Adam Smith: Vol. I.** LeBooks Editora, 2020.

SNIF. **Boletim SNIF 2019.** 2019. Disponível em:<http://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/Boletim-SNIF_Ed1_2019.pdf>. Acesso em: 23 Jul. 2021.

SUASSUNA, João. A cultura do Pinus: uma perspectiva e uma preocupação. **Brasil florestal (Brasil)**., v. 8, n. 29, p. 27-36, 1977. Disponível em:<<https://www.fundaj.gov.br/index.php/artigos-joao-suassuna/9658-a-cultura-do-pinus-uma-perspectiva-e-uma-preocupacao>>. Acesso em: 21 Out. 2021.

ACCORDS, Marrakesh. Marrakesh Accords and Marrakesh Declaration. In: adopted by the Conference of the Parties at its seventh session. 2001. Disponível em:< http://unfccc.int/cop7/documents/accords_draft.pdf>. Acesso em: 14 Out. 2021.

WATCH, G. F. **We Lost a Football Pitch of Primary Rainforest Every 6 Seconds in 2019.** 2019. Disponível em:<<https://www.globalforestwatch.org/>>. Acesso em: 12 Set. 2021.

Wending, Z., D. Esty, J. Emerson, M. Levy, A. de Sherbinin, et al. 2018. The 2018 Environmental Performance Index Report. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law and Policy. <https://epi.envirocenter.yale.edu/node/36476>.

WORLD BANK,. **World Development Indicators.** Disponível em:<<https://databank.worldbank.org/home.aspx>>. Acesso: 13 Out. 2021.

CAPÍTULO III

PIB PER CAPITA, RENDA PER CAPITA E DESMATAMENTO NA FLORESTA AMAZÔNICA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE DE CAUSA E EFEITO USANDO DADOS EM PAINÉIS.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar a relação causal entre o Desmatamento, a Renda per Capita e o PIB Per Capita, abrangendo 9 estados da região amazônica brasileira no período entre 2002 e 2019. Observaram-se fluxos causais unilaterais entre o PIB per Capita e a Renda per Capita e, por fim, fluxos causais bilaterais entre o PIB per Capita e o Desmatamento na região analisada. Concluiu-se que o Desmatamento e a Renda per Capita têm impacto no Desenvolvimento Econômico. Sugere-se, portanto, a necessidade da criação de políticas econômicas e socioambientais que não apenas visem o Desenvolvimento Econômico, mas também geração de empregos e renda como forma de fortalecer a preservação das florestas nativas. Em outras palavras, uma política que mantenha um equilíbrio dinâmico entre a preservação ambiental, o uso racional e responsável do extrativismo vegetal, a renda dos habitantes e a preservação do desenvolvimento econômico daquelas regiões a fim de obter uma política econômica sustentável na Amazônia Legal brasileira.

Palavras-chave: Desmatamento; PIB per Capita; Renda per Capita; Causalidade de Granger; Dados do Painel.

Abstract

This paper aims to analyze the causal relationship between Deforestation, Income per Capita and GDP per Capita, covering 9 states of the Brazilian Amazon region in the period between 2002 and 2019. Unilateral causal flows were observed between GDP per Capita and Income per Capita and, finally, bilateral causal flows between GDP per Capita and Deforestation in the analyzed region. It was concluded that Deforestation and Income per Capita have an impact on Economic Development. It is suggested, therefore, the need for the creation of economic and socio-environmental policies that not only aim for Economic Development, but also for the generation of jobs and income as a way to strengthen the preservation of native forests. In other words, a policy that maintains a dynamic balance between environmental preservation, the rational and responsible use of vegetal extractivism, the income of the inhabitants and the preservation of the economic development of those regions in order to obtain a sustainable economic policy in the Brazilian Legal Amazon.

Keywords: Deforestation; GDP per Capita; Income per Capita; Granger Causality; Panel Data.

4 INTRODUÇÃO

A floresta Amazônia Legal brasileira desempenha um papel importante na captura de CO₂ e na redução do efeito estufa e é reconhecida como um ecossistema dinâmico e fundamental para sustentar a vida humana e a biodiversidade em todo o planeta (BARRETO e ARAUJO, 2012; WWF'S LIVING AMAZON INITIATIVE, 2015; FAO, 2016a; POLOME e TROTIGNON, 2016; MARETTI, 2021).

No entanto, o desmatamento das florestas apresenta uma preocupação para a comunidade global, uma vez que o desmatamento pode levar à perturbação climática no planeta pelo aumento das emissões de CO₂ (ZAMBRANO-MONSERRATE *et al.* 2018). Ademais, a perda da biodiversidade também pode afetar o desenvolvimento econômico (WALKER, 1993; BURGUESS *et al.* 2019).

A literatura empírica internacional apresenta uma aparente dicotomia entre o desenvolvimento econômico e o meio ambiente, em que os ambientalistas muitas vezes culpam o desenvolvimento econômico pelas perdas florestais ou pelo desmatamento. No entanto, alguns pesquisadores têm defendido que o desenvolvimento econômico também pode beneficiar o meio ambiente, em que o EKC (*Kuznets Environmental Curve*) é uma hipótese que tem sido utilizada para explicar essa relação (JOSHI E BECK, 2016).

Quanto à hipótese da Curva Ambiental de Kuznets, Uchiyama (2016) afirma que se trata de uma relação em forma de U invertido entre a degradação ambiental e a renda per capita, em que a renda per capita explica o nível de qualidade ambiental. Nesse sentido, a relação de U invertido consiste em dois estágios: no primeiro estágio, à medida que a renda per capita aumenta, também aumenta a degradação ambiental. Por outro lado, após atingir um determinado limiar de Renda, com a maior conscientização ambiental, a degradação ambiental começa a diminuir.

A partir da dinâmica da hipótese EKC, Lee, Chiu e Sun (2010) explicam que a direção causal entre o nível de desenvolvimento econômico e a qualidade do meio ambiente nem sempre é unilateral. Portanto, busca-se analisar a relação de causa e efeito entre o desmatamento, a renda per capita e o desenvolvimento econômico.

Neste sentido, o teste de Causalidade de Granger tem sido utilizado para verificar a existência de fluxos causais entre diversas variáveis, em que é possível, por exemplo, identificar a existência de causa e efeito entre o desenvolvimento econômico e o desmatamento (SCRIECIU, 2007; ZAMBRANO-MONSERRATE *et al.* 2018).

Desse ponto de vista, Jayachandran (2021) explica que o desmatamento pode levar a mudanças climáticas ameaçando a prosperidade econômica, especialmente em países de baixa renda, em que põe em risco os meios de subsistência e a segurança de populações mais vulneráveis. Nesse sentido, o autor afirma que as mudanças ambientais podem ter efeitos econômicos, assim como as mudanças econômicas também podem afetar o meio ambiente. Desta forma, essa pesquisa busca responder seguinte problema: qual é a relação causal entre a renda per capita, o PIB per capita e o desmatamento na floresta Amazônica brasileira?

4.1 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1.1 Causalidade no contexto da EKC

No debate que envolve a relação entre o meio ambiente e o desenvolvimento econômico, Joshi e Beck (2016) apontam que os ambientalistas muitas vezes culpam o desenvolvimento econômico a cerca das perdas florestais. No entanto, alguns pesquisadores têm defendido o desenvolvimento econômico, em que a Curva Ambiental de Kuznets tem sido utilizada para explicar a relação existente entre o meio ambiente e o crescimento econômico.

Além disso, considera-se, a partir dessa teoria, que a renda ou o crescimento econômico é a causa e a qualidade ambiental é o efeito, sendo que a segunda é considerada como variável dependente (CAVALHEIRO *et al.* 2020). A interpretação pode ser dada a partir da perspectiva da produção, entendendo que, segundo Coondoo e Dinda (2002), o impacto ambiental vinculado à atividade produtiva apresenta uma realidade essencial para a geração de renda. Sob esta perspectiva, o impacto ambiental é consequência do processo produtivo. Ou seja,

sem o impacto ambiental, a geração de renda não será possível (COONDOO e DINDA, 2002; UCHIYAMA, 2016).

Em vista disso, Uchiyama (2016) afirmou que a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets (em inglês - *Kuznets Environmental Curve* - EKC) trata da relação em forma de U invertido entre a degradação ambiental e a renda per capita, em que a renda per capita explica o nível de qualidade ambiental. A esse respeito, a Hipótese da Curva Ambiental de Kuznets propõe uma relação na forma de U invertido entre a renda e a qualidade ambiental. Tal relação é constituída em dois estágios: no primeiro estágio, na medida em que a renda per capita aumenta, cresce também a degradação ambiental. Por outro lado, após atingir determinado ápice, na medida em que a renda aumenta, a degradação ambiental cai.

Essa hipótese trata que na fase inicial, a perda de qualidade ambiental sofre impacto positivo do aumento da renda até chegar determinado ápice da relação entre as variáveis. Sob esta perspectiva, após determinado limite de renda, haveria maior conscientização ambiental, em que esta relação passa a ser negativa, isto é, na medida em que ocorre aumento de renda, a perda de qualidade ambiental cai. No entanto, Diao *et al.* (2009) revelam que a relação em forma de U invertido pode apresentar uma terceira fase, apresentando-se no formato de N. Nesta última fase a relação entre o aumento de renda e a perda da qualidade ambiental passa a ser positiva, tal como observado, por exemplo, por Joshi e Beck (2016).

Nesse aspecto, Panayotou (1993) testou a hipótese EKC sob a perspectiva da relação entre o desmatamento e a renda per capita. Ao analisar 41 países observou a relação na forma de U invertido entre as variáveis, em que o ponto de inflexão foi estimado em US\$ 823 de renda per capita. Na mesma linha, Cropper e Griffiths (1994) testaram a mesma hipótese durante o período 1961 a 1988 em 64 países. Os autores observaram que a EKC de desmatamento (EKCD) para a África e América Latina apresentou resultados semelhantes à hipótese original em que o ponto de inflexão da curva foi de US\$ 4.760 e \$ 5.420 do PIB per capita, respectivamente.

Por outro lado, Cuaresma *et al.* (2017) e Lebois *et al.* (2017) avaliaram as causas do aumento do desmatamento. Os autores observaram que o crescimento populacional tende a aumentar a demanda por atividades agrícolas, recursos

florestais e outras formas de uso da terra e, conseqüentemente, impactando no desmatamento. Nessa visão, Murshed et al. (2020), em seu estudo de causalidade, observaram os impactos causais do crescimento econômico sobre a o desmatamento, tanto no curto quanto no longo prazo. Nessa linha, Cuaresma e Heger (2019) destacaram que na África Subsaariana e nos países de baixa renda ocorre maior elasticidade entre a relação desenvolvimento-desmatamento, denotando íntima relação entre desmatamento e renda per capita dos países analisados.

Nesse aspecto, Schneider *et al.* (2002) e Celentano e Veríssimo (2007) mencionam que o desmatamento pode levar à redução do desenvolvimento econômico. Sob esta perspectiva, é possível avaliar a relação causal bidirecional entre as variáveis (COONDOO e DINDA, 2002; ZHOU e LI, 2020). Assim, o teste de causalidade de Granger pode ser uma alternativa para se testar a relação causal entre desenvolvimento econômico e renda per capita e vice-versa.

Por outro lado, diversos especialistas têm levado em consideração a análise da relação entre a renda e o desmatamento ou o desenvolvimento econômico e o desmatamento (JOSHI e BECK, 2016; BURGUESS *et al.*, 2019; KAUANO *et al.* 2020; POKORNY *et al.* 2021). Mediante o uso de técnicas econométricas, tais como: cointegração e Causalidade Granger é possível identificar tais relações (ELBURZ, 2019; MURSHID *et al.* 2020).

4.1.2 Amazônia Brasileira

A Amazônia brasileira, segundo Pereira *et al.* (2010) é uma área que representa aproximadamente 59% de todo o território nacional. Ela desempenha um papel fundamental no fornecimento de abrigo para cerca de 70% das florestas tropicais do mundo (KAUANO *et al.*, 2020).

A floresta também representa uma fonte de renda para os habitantes da região. Por outro lado, a cobertura florestal sofre impacto negativo, a fim de apoiar o desenvolvimento econômico (BARRETO e ARAUJO, 2012; MARETTI, 2014; RAMOS, 2014; WWF'S LIVING AMAZON INITIATIVE, 2015; JOSHI e BECK, 2016). De outra forma, o desenvolvimento econômico pode estimular melhorias na

qualidade ambiental dessas regiões, reduzindo a pressão sobre o desmatamento da floresta nativa (BARRETO e ARAUJO, 2012; WWF'S LIVING AMAZON INITIATIVE, 2015; MARETTI, 2014).

Sob esta perspectiva Barreto *et al.* (2007) argumentam que, a biodiversidade dessa região será mantida com uma atividade econômica sustentável que garanta qualidade de vida para a população daquela região. Porém, para que essa condição se torne completa, devem existir propostas de regulamentação para prevenir o processo de degradação, devido à prática do desmatamento (MARETTI, 2014; WWF'S LIVING AMAZON INITIATIVE, 2015).

Em outras palavras, Maretti (2014) e Joshi e Beck (2016) argumentam que os países tendem a ter políticas contraditórias, incentivando o desmatamento no sentido de estimular as atividades econômicas, mas também propondo regulamentações para resistir ou prevenir o processo de degradação. Sob esta ótica, Maretti (2014) afirmou que o desmatamento, no Brasil, foi significativo, em que o desmatamento médio anual variou entre 1,1 e 2,9 milhões de hectares neste período (1977 a 2004).

Em termos cumulativos, o autor revela que, no período de 1978 a 2013, os estados do Pará, Mato Grosso, Maranhão e Rondônia apresentaram maiores índices de desmatamento. Contudo, Maretti (2014) argumentou que nos últimos anos, possivelmente devido à sua taxa de desmatamento anterior relativamente mais alta, o Maranhão diminuiu seu desmatamento anual bruto. Nessa linha, WWF (2015) e INPE (2018) destacam as causas diretas e indiretas do desmatamento na região amazônica são: a pecuária, a especulação de terras, a agricultura e a extração de madeira.

Em vista disso, Maretti (2014) destacou que nos anos como 1995, 2002 e 2004, o desmatamento foi maior e, em parte, foram tomadas medidas para conter a pressão sobre a Floresta Amazônica brasileira. Desde então, em 2004, com o desenvolvimento e lançamento do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento da Amazônia Legal ("PPCDAM"), tem permitido a redução do desmatamento na Amazônia brasileira (POLOME e TROTIGNON, 2016).

Por outro lado, em 2013, a área total desmatada continuou a crescer, atingindo cerca de 76 milhões de hectares, o que já representa cerca de 20% da mata nativa. Apesar disso, no período de 2004 a 2013, a redução total do desmatamento anual foi equivalente a 79%, quando comparado ao período de 1977 a 2004 (MARETTI, 2014). Para o autor, foi um importante sinal do compromisso brasileiro expresso na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas; em inglês, (*United Nations Frame Work Conventionon Climate Change – UNFCCC*) para reduzir o desmatamento em 80% na Amazônia até 2020, que posteriormente se expressa como um compromisso nacional voluntário.

Sob esta perspectiva teórica, o desmatamento da Floresta Amazônica brasileira não aparece como causa do desenvolvimento em nível macro. Por outra via, nesta pesquisa busca-se também avaliar se o desmatamento seria uma consequência desta variável. A fim de responder o problema de pesquisa, apresenta-se na próxima seção a metodologia utilizada.

4.1.3 METODOLOGIA

4.1.3.1 Variáveis usadas na pesquisa

O Desenvolvimento Econômico, a Renda Per Capita e o Desmatamento na Floresta Legal da Amazônia Brasileira são as principais variáveis utilizadas para a construção deste trabalho. O PIB per capita foi obtido através de IBGE (2019). No mesmo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2016, 2017, 2018, 2019) encontrou-se a variável Renda per Capita e, por fim no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2021) encontrou a variável Desmatamento da Floresta da Amazônia Legal Brasileira.

4.1.3.2 Teste de quebra estrutural

O teste de quebra estrutural tem como objetivo estimar momentos de ruptura estrutural de uma série temporal. Nesta pesquisa utilizou-se deste teste a fim de melhor analisar o desmatamento da Floresta Amazônica brasileira, em que utilizou-se o algoritmo desenvolvido por Zeileis *et al.* (2002), baseado no processo CUSUM

de Brown *et al.* (1975), em que a hipótese nula do teste é de que não há quebra estrutural na série, isto é, que o coeficiente de um vetor β , é o mesmo para todo o período, conforme demonstrado na Equação (1), e a hipótese alternativa é que o coeficiente β varia ao longo do tempo.

$$H_0: \beta_i = \beta_0 \quad (i = 1, \dots, n) \quad (1)$$

em que: β_i é o coeficiente da regressão no momento i e β_0 é o coeficiente de todo o período.

4.1.3.3 Teste de raiz unitária e cointegração de Pedroni

Gujarati e Porter (2011), destacam que os testes de causalidade assumem que as séries temporais envolvidas na análise são estacionárias, portanto os testes de estacionariedade devem preceder os testes de causalidade. De modo geral, um processo estocástico estacionário será denominado se suas médias e variâncias forem constantes ao longo do tempo e o valor da covariância entre dois períodos de tempo depender apenas da distância do intervalo de tempo entre os dois períodos, isto é:

$$\begin{aligned} \text{Média: } E(y_{i,t}) &= \mu_i \\ \text{Variância: } \text{var}(y_{i,t}) &= E(y_{i,t} - \mu_i)^2 = \sigma_i^2 \\ \text{Co var iância: } \gamma_{i,k} &= E(y_{i,t} - \mu_i)(y_{i,t+k} - \mu_i) \end{aligned} \quad (2)$$

Para realizar o teste de raiz unitária utilizou-se três variações o teste: passeio aleatório, passeio aleatório com deslocamento e passeio aleatório com deslocamento em torno de uma tendência determinística, conforme demonstrado nas equações 3, 4 e 5, respectivamente:

$$y_{i,t} = \alpha_{1,i} y_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

$$y_{i,t} = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i} y_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (4)$$

$$y_{i,t} = \alpha_{0,i} + \Phi_{1,i} T_i + \alpha_{1,i} y_{i,t-1} + \varepsilon_{i,t} \quad (5)$$

em que t significa a dimensão do período de tempo do painel e i significa a dimensão da seção transversal e T é tendência determinística para cada seção transversal ($T=1, 2, 3, 4\dots$)

Após a realização do teste de raiz unitária procedeu-se com o teste de Cointegração de Pedroni. Gujarati e Porter (2021) destacam que, duas variáveis são definidas como cointegradas quando há um equilíbrio de longo prazo entre elas. Desta forma, optou-se pela metodologia de cointegração de Pedroni (2004) a fim de melhor compreender relacionamentos de longo prazo entre as variáveis. Na equação (6) é baseado o teste de integração de Pedroni.

$$y_{i,t} = \alpha_i + \delta_i t + \sum_{m=1}^M \beta_{m,i} X_{m,i,t} + e_{i,t} \quad (6)$$

em que α_i , $\delta_i t$ e m indicam a intersecção específica de cada seção transversal, o elemento de tendência determinística e o número de regressores, respectivamente.

4.1.3.4 Testes de Causalidade de Granger

Beyzatlar, Karacal e Yetkiner (2014) comentam que existem várias abordagens para executar testes de causalidade de Granger (1969) em modelos de dados em painel. Neste estudo, utilizou-se a abordagem “*stacked causality test*”. Nesta ênfase, trata-se o conjunto de dados das séries temporais de forma empilhada, em que se assume que todos os coeficientes são iguais em todas as seções transversais (*common coefficient*). Nas equações a seguir (7 e 8), têm-se as formas comuns do teste de causalidade de Granger, usando dados em painel:

$$y_{i,t} = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i} y_{i,t-1} + \dots + \alpha_{i,i} y_{i,t-n} + \beta_{1,i} x_{i,t-1} + \dots + \beta_{i,i} x_{i,t-n} + \varepsilon_{i,t} \quad (7)$$

$$x_{i,t} = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i} x_{i,t-1} + \dots + \alpha_{i,i} x_{i,t-n} + \beta_{1,i} y_{i,t-1} + \dots + \beta_{i,i} y_{i,t-n} + \varepsilon_{i,t} \quad (8)$$

em que t significa a dimensão do período de tempo do painel e i significa a dimensão da seção transversal.

4.1.3.5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1.3.5.1 Análise do desmatamento da Floresta Amazônica brasileira

Inicialmente buscou-se analisar o desmatamento da Floresta Amazônica brasileira durante o período de 1988 a 2020 a fim de identificar a existência de quebras estruturais que possam demonstrar mudanças expressivas no comportamento da série. A escolha do período deu-se em razão da limitação da disponibilidade dos dados, os quais foram obtidos através INPE (2021). Na tabela 1, têm-se a área desmatada (em km²) da Floresta Amazônica brasileira durante o período de análise.

Tabela 16: aumento anual da área desmatada (em km²) da Floresta Amazônica brasileira no período 1988 a 2020.

1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
21.05	17.77	13.73	11.03	13.786	14.896	14.896	29.059	18.161
1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
13.227	17.383	17.259	18.226	18.165	21.65	25.396	27.772	19.014
2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
14.286	11.651	12.911	7.464	7000	6.418	4.571	5.012	5.012
2015	2016	2017	2018	2019	2020			
6.207	7.893	6.947	7.536	10.129	10.851			

Fonte: Elaboração própria a partir dos dados obtidos a partir de INPE (2021).

Observa-se na Tabela 1, que a quantidade de área desmatada da Floresta Amazônica brasileira teve uma queda expressiva, quando comparado ao primeiro ano de análise (1988). Naquele ano, houve um desmatamento de mais de 21 mil quilômetros quadrados de área. Por outro lado, observa-se que no ano de 2012 houve a menor aumento de área desmatada (4.571 quilômetros quadrados). No gráfico 1 têm-se a demonstração das quebras estruturais da área desmatada da Floresta Amazônica brasileira.

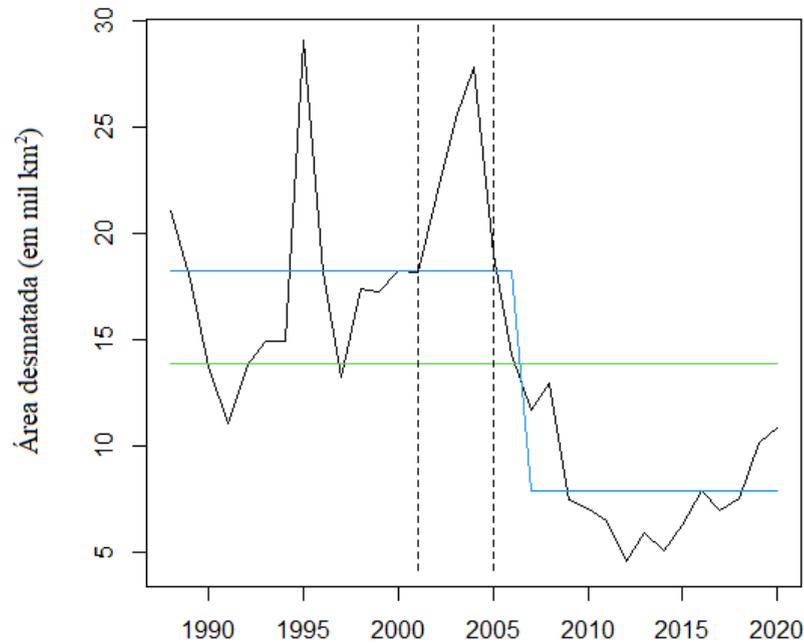


Figura 1: quebras estruturais do aumento da área desmatada (em mil Km²) da Floresta Amazônica brasileira no período de 1988 a 2020. Fonte: elaboração própria a partir dos dados de INPE (2021)

Pode-se observar na figura 1 que a média de aumento da área desmatada no período de análise (1988 e 2020) foi de cerca de 13,8 mil Km² (conforme observado na linha verde). Neste período houve duas quebras estruturais (2001 e 2005), em que a principal quebra estrutural da série foi a segunda. Através da linha azul, observa-se que antes desta quebra estrutural a média do aumento da área desmatada era de cerca de 18,5 mil km².

Após a quebra estrutural a média do aumento do desmatamento reduziu para cerca de 8,3 mil km². Tal mudança de comportamento da série pode ser explicada como consequência da redução do preço internacional de commodities agrícolas e da carne bovina, bem como da valorização real, desestimulando, assim, a exportação destes bens e retirando assim, por consequência, parte da pressão para o desmatamento para uso agrícola e pecuário da terra (BARRETO e ARAUJO, 2012; CARVALHO *et al.* 2016).

Outro importante fator que permitiu a redução do desmatamento na floresta Amazônia brasileira, neste período, foi o desenvolvimento e o lançamento de Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (MARETTI, 2014; CARVALHO *et al.* 2016; POLOME e TROTIGNON, 2016; JUNIOR *et al.* 2021).

Observa-se também que em 1995, o desmatamento atingiu o maior número da série (29.059 km²). Isso ocorreu, segundo Barreto e Araújo (2012), devido aos incentivos fiscais e creditícios oficiais para a implantação de projetos agrícolas em áreas com cobertura florestal nativa na Amazônia e incentivos indiretos ao desmatamento sendo usados para crédito rural subsidiado na região.

Os autores acrescentam que neste período a variação das taxas de desmatamento esteve associada ao custo dos produtos agrícolas e pecuários. Eles explicaram que quando há variação no preço dos bens, isso resulta em maiores taxas de desmatamento. Após aquele ano, seguiu-se uma redução drástica nos anos seguintes até 2001, devido à política nacional de proteção ambiental (CARVALHO *et al.* 2016)

Porém, nos três anos seguintes de 2002 a 2004, a tendência do desmatamento foi traçada de 21.650 km² para 27.772 km², equivalente a um aumento de 28% na velocidade do desmatamento. Tal aumento é explicado parcialmente pela fragilidade das políticas de controle ambiental (BARRETO e ARAUJO, 2012; CARVALHO *et al.* 2016; JUNIOR *et al.* 2021).

Após esse período, em 2005, foi observada uma diminuição na velocidade do desmatamento que atingiu menor patamar em 2012 (4.571 km²), em que houve redução de 84%, quando comparada ao pico de 2004. Para chegar a esse patamar, diversas iniciativas foram tomadas pelo governo, com destaque para o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAM) e pressões internacionais especialmente focada na soja e na carne bovina (JUNIOR *et al.* 2021).

Porém, em 2013, segundo Junior *et al.* (2021) as taxas de desmatamento voltaram a assumir uma direção ascendente, piorando nos últimos três anos da série analisada. Em 2020, o nível de desmatamento aumentou para 10.851 km², quando comparado aos anos 2018 e 2019 (7.536 km² e 10.129 km², respectivamente). Em vista disso, Burgess *et al.* (2019) explicam que a reversão do desmatamento ocorrida após 2013, foi a consequência da crise política e econômica que levou à certo enfraquecimento na aplicação das leis de conservação florestal.

4.1.3.5.2 Cointegração e Causalidade de Granger usando dados em painel

Dados em painéis é um termo usado em econometria a fim de demonstrar a organização dos dados de uma amostra, em que as informações são organizadas em duas dimensões: temporal e *crosssection*. Nesta pesquisa buscou-se estruturar os dados de desmatamento para os nove estados brasileiros que formam a Amazônia legal (Acre, Amapá, Amazonas, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Rorâima e Tocantins), no período de 2002 à 2019. O período de análise deu-se pela limitação dos dados sobre renda per capita, em que a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD Contínua) teve início em 2002. A escolha do último ano de análise (2019) deu-se em razão da limitação da disponibilidade dos dados sobre PIB per capita para os estados analisados.

A fim de responder ao problema de pesquisa, nesta pesquisa foram realizados três testes: o teste de raiz unitária, o teste de Cointegração de Pedroni e o teste de Causalidade de Granger, em que em todos usam dados em painéis. A tabela 2 mostra o teste de raiz unitária.

Tabela 17: Teste de raiz unitária para as variáveis em nível (Lag 0) e em primeira diferença (Lag 1) das variáveis: Aumento da Área Desmatada, PIB per capita e a Renda per capita anual no período de 2002 a 2019 (em bases anuais), aplicado ao modelo determinístico sem tendência e sem intercepto, com intercepto e com intercepto e com tendência.

Variável	Lag	Trend	Const	None
	0	10,721	30,295**	43,700***
Aumento da Área Desmatada	1	79,367***	62,601***	100,009***
	0	20,656	2,189	0,504
PIB per capita	1	26,166*	41,396***	36,465 ***
	0	12,834	4,010	0,631
Renda per capita anual	1	47,403***	70,196***	59,221***

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; None: sem tendência e sem intercepto; Const: com intercepto; Trend: com intercepto e com tendência Fonte: Elaboração Própria (2022).

Observa-se na Tabela 2 que a hipótese nula de raiz unitária não foi rejeitada para as variáveis: Aumento da Área Desmatada, PIB per capita e Renda per capita anual no período de 2002 a 2019 (usando dados em nível, ou seja, Lag 0), demonstrando a existência de raiz unitária. Por outro lado, notou-se que a hipótese

nula de raiz unitária foi rejeitada, com nível de confiança de 99%, usando-se a primeira diferença (lag 1) destas variáveis.

A partir da rejeição da hipótese nula de raiz unitária é possível realizar o teste de Cointegração de Pedroni em que foram utilizadas a primeira diferença (lag 1). O teste de Cointegração de Pedroni possui um método próprio que permite verificar a existência de uma relação de longo prazo entre as variáveis. Nesse sentido, observam-se na tabela 3 os resultados referentes a este teste.

Tabela 18: Teste de Cointegração de Pedroni para o modelo determinístico sem tendência e sem intercepto (None), com intercepto (Const) e com intercepto e com tendência (Trend) aplicado para as variáveis: primeira diferença do Aumento da Área Desmatada, primeira diferença do PIB per capita e primeira diferença da Renda per capita anual para o período de 2003 a 2019 (em bases anuais).

H0	1° diferença do Aumento da Área Desmatada cointegrada à 1° diferença do PIB per capita			1° diferença do aumento da Área Desmatada cointegrada à 1° diferença da Renda per capita anual			1° diferença do PIB per capita cointegrada à 1° diferença da Renda per capita anual		
	Trend	Const	None	Trend	Const	None	Trend	Const	None
r≤7 sig.	-3,21 ***	3,84	-7,05 ***	-5,60 ***	2,29	3,02	-8,873 ***	-11,17 ***	1,15
r≤6 sig.	0,81	1,307	-1,85 **	3,23	2,29	-1,30 *	1,73	-0,45	2,53
r≤5 sig.	0,16	1,24	-0,47	1,52	2,55	-0,38	0,73	-0,76	2,29
r≤4 sig.	1,42	1,05	-5,39 ***	-2,52 ***	-1,10	-5,58 ***	0,22	-1,18	0,99
r≤3 sig.	0,51	0,01	-3,15 ***	-0,82	-1,05	-3,24 ***	-1,11	-2,68 ***	1,32
r≤2 sig.	-0,39	-0,57	-3,23 ***	-2,63 ***	-1,99 ***	-3,61 ***	2,55 ***	-3,17 ***	-0,15
r≤1 sig.	-9,21 ***	-5,24 ***	-4,27 ***	-10,46 ***	-5,58 ***	-5,18 ***	-3,20 ***	-3,66 ***	-1,49 ***
r≤0 sig.	-10,99 ***	-9,43 ***	-6,58 ***	-8,95 ***	-7,46 ***	-7,07 ***	-5,90 ***	-6,05 ***	-4,08 ***

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; None: sem tendência e sem intercepto; Const: com intercepto; Trend: com intercepto e com tendência. Fonte: Elaboração Própria (2022)

Observa-se na Tabela 3 a rejeição da hipótese nula de não cointegração em curto, médio e longo prazo (lags: 0, 1, 2, 3, 4, 6 e 7) para o modelo determinístico sem tendência e sem intercepto (None) do teste de Cointegração de Pedroni entre a primeira diferença da área desmatada e a primeira diferença do PIB per capita nos 9 Estados analisados da Amazônia legal. Esses resultados demonstram uma interdependência de curto, médio e longo prazo entre o aumento do desmatamento

e o PIB per capita. Observou-se também a hipótese rejeição nula de não cointegração entre a primeira diferenciada do Aumento Área Desmatada e a primeira diferença da Renda per capita anual em curto, médio e longo prazo (lags: 0, 1, 2, 3, 4 e 6). Esse resultado demonstra uma interdependência entre o aumento do desflorestamento e a renda per capita dos residentes nos nove estados analisados. Por fim, a observou-se a rejeição da hipótese nula de não cointegração entre a primeira diferença do PIB per capita e a primeira diferença da renda per capita anual tanto no curto prazo (lag: 0, 1, 2) quanto no longo prazo (lag: 7).

Alvarado *et al.* (2021) afirmam que os testes de cointegração sugerem a existência de uma relação de longo prazo entre as variáveis. Nessa perspectiva, a ocorrência de uma relação de interdependência temporal, poderia indicar a existência de fluxos causais entre elas (CAVALHEIRO *et al.*, 2020; ALVARADO *et al.*, 2021). Diante disto, foi realizado o teste de Causalidade de Granger.

Tabela 19: Teste de Causalidade de Granger, com dados em painéis, aplicado às variáveis: primeira diferença do Aumento da Área Desmatada, primeira diferença do PIB per capita e primeira diferença da Renda per capita anual para o período de 2003 a 2019 (em bases anuais).

	Δ da Área Desmatada NÃO CAUSA GRANGER	Δ do PIB per Capita NÃO CAUSA GRANGER	Δ do PIB per Capita NÃO CAUSA GRANGER	Δ da Renda per Capita NÃO CAUSA GRANGER	Δ da Área Desmatada NÃO CAUSA GRANGER	Δ da Renda per Capita NÃO CAUSA GRANGER
<i>Lag</i>	Δ do PIB per Capita	Δ da Área Desmatada	Δ da Renda per Capita	Δ do PIB per Capita	Δ da Renda per Capita	Δ da Área Desmatada
1	0,00	0,14	14,13 ***	0,70	0,21	0,24
2	13,88 ***	0,62	6,15 ***	0,82	1,20	0,89
3	8,07 ***	1,76	3,52 **	0,49	1,34	0,87
4	3,99 ***	0,98	3,07 **	0,94	1,09	1,07
5	5,68 ***	1,15	2,78 **	0,78	1,02	1,23
6	3,76 ***	1,11	3,72 ***	0,81	1,51	1,15
7	3,60 ***	0,43	2,61 ***	1,13	1,23	0,79
8	3,27 ***	2,23	2,79 **	1,05	0,93	0,87
9	1,77 *	1,76 *	1,98*	1,58	0,81	0,88
10	1,08	2,82 ***	1,14	1,43	0,74	0,45
11	1,54	2,49 **	0,76	1,69	0,70	0,28
12	0,80	2,61 **	0,51	2,36 **	0,43	0,93
13	1,70	1,97	0,94	3,28 *	0,83	0,52

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; None: sem tendência e sem intercepto; Const: com intercepto; Trend: com intercepto e com tendência; Δ indica a variação (primeira diferença). Fonte: Elaboração Própria.

Observa-se na Tabela 4 aceitação da hipótese nula de não causalidade da variação do Aumento Área Desmatada sobre a variação da Renda per Capita. Este

resultado indica que aumento do desmatamento não causa impacto direto na renda dos indivíduos. Neste sentido, sob a ótica de geração de renda, a extração de madeira não é uma medida eficiente para agregação de renda à média das populações, gerando renda somente para as populações em posse das terras com fins agrícolas, tal como apontado por Prates e Bacha (2010).

Observa-se também que a hipótese nula de não existência de Causalidade de Granger entre o PIB per Capita e a Renda per Capita, foi rejeitada nos lags 1 a 9. Assim como se observou a rejeição da hipótese nula de não existência de Causalidade de Granger entre PIB per Capita e Aumento Área Desmatada. Esses resultados sugerem que o impacto da variação da Área Desmatada sobre a Renda per Capita ocorre de maneira indireta, uma vez que a variação do Aumento da Área Desmatada causa variação no PIB per Capita e esta última variação causa variação na Renda per Capita dos moradores das regiões analisadas.

Este efeito de causalidade direta do desmatamento sobre o PIB per Capita e indireto na Renda per Capita pode ser explicado pela ótica de geração de valor, uma vez que os maiores impactados pelo desmatamento são a indústria madeireira e agrícola, em detrimento às demais populações daqueles estados. Estes resultados corroboram com a hipótese de que o desmatamento não é uma medida eficiente para agregação de renda.

Também nota-se na Tabela 4 que a hipótese nula de não existência de Causalidade de Granger entre o PIB per capita e o Aumento da Área Desmatada, foi rejeitada nos lags 9, 10, 11 e 12. Isto significa que uma mudança na tendência no PIB per capita no tempo t causa variações no aumento da área desmatada em longo prazo (anos 9, 10, 11 e 12). Observa-se, portanto, que o crescimento do PIB per capita impacta no desmatamento em longo prazo.

Esse resultado pode ser parcialmente explicado pela mudança no perfil industrial, pois esse atraso no impacto do desmatamento pode ser resultado da mudança na própria cultura da região, em que o crescimento do PIB per capita acaba estimulando a diversificação do setor industrial, passando gradativamente de um setor industrial extrativista madeireiro para uma produção industrial menos dependente da madeira, reduzindo, portanto, a pressão sobre o desmatamento.

Observa-se na Tabela 4 que se rejeitou a hipótese nula de não existência de Causalidade de Granger entre a área desmatada e o PIB per Capita nos 9 Estados na região da Amazônia legal, nos lags: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9. Isso significa que uma

mudança na tendência do Aumento da Área Desmatada no tempo t causa uma variação no PIB per capita nos anos subseqüentes (anos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9), havendo, portanto, impacto no PIB per capita em curto, médio e longo prazo.

O resultado em curtíssimo prazo (tempo t) pode ser explicado pela oferta de matéria-prima à toda a cadeia produtiva do setor madeireiro, a qual estimula a produção de celulose, papel, móveis e a própria exportação da madeira em tora, impactando a economia local. Neste sentido, embora o desmatamento tenha impacto na economia local de maneira imediata, há evidência de que o desmatamento tem impacto pouco significativo para a economia brasileira como um todo, uma vez que o desmatamento teria contribuído com apenas 0,142% do crescimento do PIB brasileiro entre 2006 e 2011, não compensando seu custo em termos de degradação ambiental, perda de biodiversidade e serviços ecossistêmicos. (CARVALHO, MAGALHÃES e DOMINGUES, 2016).

A fim de verificar o tipo de impacto (negativo ou positivo) do desmatamento sobre o PIB per Capita apresenta-se na tabela 5 os coeficientes do teste de causalidade de Granger em que a variação do PIB per Capita é causado pela variação do Aumento da Área Desmatada no lag 2.

Tabela 20: Coeficientes do teste de causalidade de Granger em que a variação do PIB per Capita é causada pela variação do Aumento da Área Desmatada no lag 2 (tempo $t-2$).

variável	coeficiente	erro padrão	p-valor	Sig
Constante	690,472	133,850	0,000	***
Δ do Aumento da Área Desmatada em $t-1$	0,053	0,102	0,605	
Δ do Aumento da Área Desmatada em $t-2$	-0,509	0,097	0,000	***
Δ do PIB per capita em $t-1$	0,201	0,082	0,016	**
Δ do PIB per capita em $t-2$	0,140	0,082	0,091	*

Legenda: * significância de 10%; ** significância de 5%; *** significância de 1%; Δ indica a variação (primeira diferença). Fonte: Elaboração Própria (2022)

Na Tabela 5 observa-se que a primeira diferença (ou variação) do Aumento da Área Desmatada no tempo $t-2$ impacta negativamente na primeira diferença (ou variação) do PIB per Capita no tempo t . O resultado pode ser interpretado no sentido de que o aumento de 1 km^2 na área desmatada no tempo t (quando comparado ao aumento da área desmatada no tempo $t-1$, causa uma redução equivalente a R\$ 0,509 com intervalo de confiança variando entre R\$ 0,318 e R\$ 0,701) da variação do PIB per capita na região da Amazônia legal brasileira após 2 anos.

Isto significa dizer que, por exemplo, no ano de 2020 houve um aumento na velocidade do desmatamento (excesso de aumento da área desmatada) de 722 km² (10.851km²- 10.129km²) quando comparado a 2019, em que o seu impacto no PIB per capita de 2022 será de R\$ 367,50 (podendo variar entre R\$ 229,60 e R\$ 506,12). Este impacto torna-se relevante, uma vez que o PIB per capita médio de 2019 destes estados, por exemplo, foi de R\$ 13.758, representando 1,54% do PIB per Capita daquele ano.

Esse resultado pode ser parcialmente explicado sob a ótica abordada por Schneider *et al.* (2002) e Celentano e Veríssimo (2007), em que os autores explicam que o desmatamento segue o padrão “boom” seguido de um “colapso” na economia local. Desta forma, o desmatamento gera ganhos econômicos imediatos através da extração de madeira e da eventual conversão de terras para fins agrícolas. No entanto, esta tendência leva ao colapso da economia local logo após este crescimento rápido e efêmero (boom), provocando uma queda significativa na renda, emprego e arrecadação de impostos (colapso) após a inatividade humana na região (SCHNEIDER *et al.*, 2002).

Para os autores essa atividade não rende bons resultados, pois não mantém a mesma geração de renda e emprego, provocando o deslocamento de muitas pessoas em busca de outras atividades que gerem mais renda fora das atividades que envolvem extração de madeira e agricultura, gerando desaceleração no desenvolvimento econômico da região e, por consequência, maior nível pobreza.

Por fim, para se testar a Hipótese da Curva Ambiental de Kuznets, realizou-se a regressão com dados em painéis com efeitos fixos, uma vez que o teste de Hausman rejeitou a hipótese nula (sig. 0,17175) de que há correlação entre os efeitos e os regressores e, conseqüentemente, os estimadores do modelo de efeitos aleatórios não serão consistentes. Em outras palavras, o resultado sugere que deve-se realizar a regressão com efeitos fixos. Para a regressão usou-se o seguinte modelo:

$$\Delta \text{área}_{i,t} = \phi_{0,i,t} + \phi_{1,i} \text{renda}_{i,t} + \phi_{2,i} \text{renda}_{i,t}^2 + \varepsilon_{i,t} \quad (9)$$

em que $\Delta \text{área}$ é a Variação do Aumento da Área Desmatada (em bases anuais) da Floresta Amazônica brasileira e renda é a Renda média anual per Capita de cada um dos 9 estados da Amazônia Legal brasileira, em dólares americanos. A escolha da transformação da renda em dólares americanos deu-se pela necessidade de se

eliminar os efeitos inflacionários da moeda brasileira no período analisado (2003 à 2019) e para melhor comparabilidade com outros estudos internacionais.

Tabela 21: coeficientes, erro padrão, razão de t, p-valor e significância do modelo de regressão com dados painéis (efeitos fixos), em que a variável endógena é a primeira diferença do Aumento da Área Desmatada e as variáveis exógenas são: a Renda Média Anual Per Capita (em dólares americanos) e o Quadrado da Renda Média Anual Per Capita (em dólares americanos) no período de 2003 à 2019.

Variável	coeficiente	erro padrão	razão-t	p-valor	Sig.
Constante	52,348,500	30,651,200	170,800	0,12600	
Renda Per Capita	-0,38405	0,19715	-194,800	0,08730	*
Quadrado da Renda	0,00005	0,00003	193,100	0,08950	*

Legenda: Sig. indica o nível de significância; * significância de 10%; Fonte: Elaboração Própria.

Nesta pesquisa valeu-se da regressão com dados em painéis (com efeitos fixos) para avaliar a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets, utilizando-se de uma função quadrática. A hipótese utilizada nesta pesquisa propõe uma relação na forma de U invertido entre a degradação ambiental e o aumento de renda. No entanto, é importante observar que os parâmetros da tabela 6 (coeficiente da Renda Média Anual Per Capita em dólares americanos e o coeficiente do Quadrado da Renda Média Anual Per Capita em dólares americanos) mostram uma relação contrária ao esperado. Os resultados observados mostram uma relação entre desmatamento e renda per capita em forma de “U”. Utilizando-se da equação (10) é possível calcular o ponto de inflexão da curva, em que se utilizam os parâmetros da equação 9 apresentados na tabela 6.

$$p = \frac{\phi_1}{(-2 \times \phi_2)} \quad (10)$$

em que p é o ponto de inflexão da curva, ϕ_1 é o coeficiente estimado da Renda Média Anual Per Capita, em Dólares Americanos, apresentado na Tabela 6 (coeficiente igual a 0,000054488) e ϕ_2 é o coeficiente estimado do Quadrado da Renda Média Anual Per Capita em Dólares Americanos (coeficiente igual a -0,384046).

Através da Equação 10 é possível calcular o ponto de inflexão da curva em forma de “U” entre o aumento do desmatamento na região da Amazônia Legal

brasileira e a média da renda per capita dos habitantes de cada um dos 9 estados analisados, em que o ponto de inflexão é US\$ 3.524,13 de renda per capita.

Esta relação negativa da degradação ambiental (medido pelo desmatamento), nos mais baixos níveis de Renda e PIB per Capita, assim como uma reversão da relação após determinado limiar de Renda ou PIB per Capita ter sido atingida também foi observado por Tsiantikoudis (2019) e a forma de “U” entre desmatamento e renda também foi observada na Ásia por Culas e Dutta (2003) e por Antle e Heidebrink (1995), os quais ao usarem dados de vários países também encontraram um curva na de “U” para o desmatamento e crescimento econômico.

Esta relação na forma de “U” entre renda e desmatamento implica que em comunidades extremamente pobres da Amazônia Legal brasileira, o nível de desmatamento é menor, denotando a necessidade da preservação ambiental da floresta como forma de garantia da subsistência. Assim, na medida em que a renda começa a aumentar o desmatamento cai, implicando no reforço da relação entre comunidades pobres e a preservação ambiental. Por outro lado, em regiões mais desenvolvidas da Floresta Amazônica brasileira, com maior nível de renda, o desmatamento volta a crescer, denotando a necessidade de políticas públicas que estimulem a geração de renda e crescimento econômico não dependente do desmatamento, como forma de mitigar a pressão sobre a floresta nativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo discute a relação entre o desmatamento na Floresta Amazônica brasileira, a renda per capita e o desenvolvimento econômico da região. Diante disso, a hipótese da Curva Ambiental de Kuznets foi considerada para explicar tal relação. Este modelo explica que a relação entre renda e impacto ambiental ocorre na forma de “U” invertido. Porém, os resultados deste trabalho apresentaram a forma de “U”, em que num primeiro momento, na medida em que a renda per capita aumenta, há diminuição da velocidade do desmatamento. Porém, após determinado limite da renda ter sido atingido, a velocidade do desmatamento volta a crescer.

Além disso, observou-se uma íntima relação entre o desenvolvimento econômico e o desmatamento. Observou-se que o aumento do PIB per Capita causa

uma redução no desmatamento em longo prazo. Isso ocorre pela mudança do perfil industrial, passando do perfil industrial madeireiro para uma indústria mais diversificada e menos dependente da madeira. Desta forma, a fim de equilibrar a relação entre o desmatamento e o crescimento econômico faz-se necessárias políticas públicas que estimulem a diversificação da economia local, sendo necessário a realização de investimentos.

Como a floresta amazônica desempenha um papel importante na captura de CO₂ e na redução do efeito estufa em todo o planeta, nada mais adequado que os países mais desenvolvidos, ou seja, os maiores poluidores retornem suas doações em apoio às ações de preservação ambiental, as quais também possam ser usadas para o estímulo ao desenvolvimento econômico, a diversificação industrial e a geração de renda naquela região.

Da mesma forma, é possível uma exploração racional e ambientalmente adequada dos recursos florestais da região, tecnicamente chamado de manejo florestal sustentável. Assim, com o manejo, é possível extrair a madeira e, ao mesmo tempo, conservar a floresta, por meio do emprego de técnicas de baixo impacto que garantem a capacidade de regeneração da mesma sem prejudicar sua biodiversidade. Por fim, como forma para evitar o desmatamento ilegal, é necessário o restabelecimento de políticas de ampla fiscalização na área, uma vez que o desmatamento da Floresta Amazônica voltou a crescer nos últimos anos, como reflexo do afrouxamento de políticas fiscalização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARADO, Rafael et al. Do economic development and human capital decrease non-renewable energy consumption? Evidence for OECD countries. **Energy**, v. 215, p. 119147, 2021.

ANDRADE JÚNIOR, Remy Corrêa. O programa de aquisição de alimentos da agricultura familiar (PAA) no planalto norte do estado de Santa Catarina: o caso da cooperativa agropecuária regional de pequenos produtores de Mafra (COOARPA). **Revista Cadernos do Ceom**, v. 22, n. 30, p. 83-100, 2009.

ANTLE, John M.; HEIDBRINK, Gregg. Environment and development: theory and international evidence. **Economic Development and Cultural Change**, v. 43, n. 3, p. 603-625, 1995.

BARRETO, Paulo; ARAUJO, Elis. O Brasil atingirá sua meta de redução do desmatamento. **Belém: Imazon**, v. 1, 2012.

BARRETO et al. Relatório de Atividades 2005 e 2006 (p. 52). **Belém: Imazon**. 2007. Disponível em: <<https://imazon.org.br/publicacoes/relatorio-de-atividades-2005-2006-2/>>. Acesso em: 23 Set. 2021.

BARRETO, Paulo et al. **Human pressure on the Brazilian Amazon forests. World Resources Institute, Washington, DC**, 2006. ISBN 1-56973-605-7.

BERNARD, T. Impact analysis of rural electrification projects in Sub-Saharan Africa. **World Bank Research Observer**, v. 27, n. 1, p. 33–51, 2012.

BEYZATLAR, Mehmet Aldonat; KARACAL, Müge; YETKINER, Hakan. Granger-causality between transportation and GDP: A panel data approach. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 63, p. 43-55, 2014.

BHUVANESHWARI, Dheyvendhren; RAMYA, Krishnaraj. Cointegration and causality between stock prices and exchange rate: Empirical evidence from India. **SDMIMD Journal of Management**, v. 8, n. 1, p. 39-45, 2017.

BROWN, Robert L.; DURBIN, James; EVANS, James M. Techniques for testing the constancy of regression relationships over time. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, v. 37, n. 2, p. 149-163, 1975.

BURGESS, Robin; COSTA, Francisco; OLKEN, Benjamin A. **The Brazilian Amazon's double reversal of fortune**. 2019. Disponível em:<<https://doi.org/10.31235/osf.io/67xg5>>. Acesso em: 17 Out. 2021.

CAVALHEIRO, Everton Anger; RODRIGUES, Alejandro Martins; PIERRE, Frantzso. Curva ambiental de Kuznets e causalidade de Granger entre qualidade do ar e desenvolvimento econômico aplicada à realidade dos estados brasileiros. **DELOS: Desarrollo Local Sostenible**, v. 13, n. 37, p. 14, 2020.

CARVALHO, Terciane Sabadini; MAGALHÃES, Aline Souza; DOMINGUES, Edson Paulo. Desmatamento e a contribuição econômica da floresta na Amazônia. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 46, p. 499-531, 2016.

CELENTANO, Danielle; VERÍSSIMO, Adalberto. **O avanço da fronteira na Amazônia: do boom ao colapso**. Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazonia, Belém (Brasil), 2007. ISBN: 978-85-86212-19-2.

COHEN, Joel M. et al. Polyharmonic functions on trees. **American journal of mathematics**, v. 124, n. 5, p. 999-1043, 2002. Disponível em:<<https://www.researchgate.net/publication/228577636>>. Acesso em: 20 Dez. 2021.

COOK, P. Infrastructure, rural electrification and development. **Energy for Sustainable Development**, v. 15, n. 3, p. 304–313, 2011.

COONDOO, Dipankor; DINDA, Soumyananda. Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis. **Ecological Economics**, v. 40, n. 3, p. 351-367, 2002.

CROPPER, Maureen; GRIFFITHS, Charles. The interaction of population growth and environmental quality. **The American Economic Review**, v. 84, n. 2, p. 250-254, 1994.

CUARESMA, Jesús Crespo et al. Economic development and forest cover: evidence from satellite data. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2017.

CUARESMA, Jesús Crespo; HEGER, Martin. Deforestation and economic development: Evidence from national borders. **Land Use Policy**, v. 84, p. e347-e353, 2019.

CULAS, Richard; DUTTA, Dilip. **A re-examination of causes of deforestation and environmental Kuznets curve: evidences from Latin America, Africa and Asia**. Department of Economics, 2003. ISSN 1446-3806. Disponível em:<<http://hdl.handle.net/2123/7648>>. Acesso em: 29 Mai. 2021.

CULAS, Richard J. REDD and forest transition: Tunneling through the environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, v. 79, p. 44-51, 2012.

DINIZ, Marcelo Bentes et al. Causas do desmatamento da Amazônia: uma aplicação do teste de causalidade de Granger acerca das principais fontes de desmatamento nos municípios da Amazônia Legal brasileira. **Nova Economia**, v. 19, n. 1, p. 121-151, 2009.

DIAO, X. D[†] et al. EKC analysis for studying economic growth and environmental quality: a case study in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 5, p. 541-548, 2009.

ELBURZ, Zeynep; ÇUBUKÇU, KemalMert; NIJKAMP, Peter. The Mutual Relationship Between Regional Income and Deforestation: A Study on Turkey. **METU Journal of the Faculty of Architecture**, v. 35, n. 2, 2019.

FAN, Fei et al. Can environmental regulation promote urban green innovation Efficiency? An empirical study based on Chinese cities. **Journal of Cleaner Production**, v. 287, p. 125060, 2021.

FARIA, Weslem Rodrigues; ALMEIDA, Alexandre Nunes. Relationship between openness to trade and deforestation: Empirical evidence from the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v. 121, p. 85-97, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE divulga o rendimento domiciliar per capita 2016**. Disponível em:<https://ftp.ibge.gov.br/Trabalho_e_Rendimento/Pesquisa_Nacional_por_Amostra_de_Domicilios_continua/Renda_domiciliar_per_capita/Renda_domiciliar_per_capita_2016.pdf>. Acesso em: 25 Jan. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE divulga o rendimento domiciliar per capita 2017.** Disponível em:<
https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3100/rdpc_2017.pdf >.
Acesso em: 25 Jan. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE divulga o rendimento domiciliar per capita 2018.** Disponível em:<
https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3100/rdpc_2018.pdf >.
Acesso em: 26 Jan. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Sistema de Contas Regionais: Brasil 2019a.** Disponível em:<
https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101873_informativo.pdf >.
Acesso em: 26 Jan. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **IBGE divulga o rendimento domiciliar per capita 2019b.** Disponível em:<
<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/26956-ibge-divulga-o-rendimento-domiciliar-per-capita-2019>>.
Acesso em: 26 Jan. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Nível geográfico » Rendimento médio mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade (R\$).** Disponível em:<
<https://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=2&op=1&vcodigo=PD345&t=rendimento-medio-mensal-pessoas-10-anos>>. Acesso em: 25 Jan. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE. 2021. **A taxa consolidada de desmatamento por corte raso para os nove estados da Amazônia Legal em 2020 foi de 10.851 km².** Disponível em:<
http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5811>. Acesso em: 25 Jan. 2022.

GOMEZ, Mabel; PERDIGUERO, Jordi; SANZ, Alex. Socioeconomic factors affecting water access in rural areas of low and middle income countries. **Water**, v. 11, n. 2, p. 202, 2019.

GRANGER, Clive WJ. Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. **Econometrica: journal of the Econometric Society**, p. 424-438, 1969.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria Básica**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH Editora Ltda, 2011.

JAYACHANDRAN, Seema. **How economic development influences the environment**. National Bureau of Economic Research, 2021.

JOSHI, Prathibha; BECK, Kris. Environmental Kuznets curve for deforestation: evidence using GMM estimation for OECD and non-OECD regions. **iForest- Biogeosciences and Forestry**, v. 10, n. 1, p. 196, 2016.

SILVA JUNIOR, Celso HL et al. The Brazilian Amazon deforestation rate in 2020 is the greatest of the decade. **Nature ecology & evolution**, v. 5, n. 2, p. 144-145, 2021.

KAUANO, Érico Emed et al. Do protected areas hamper economic development of the Amazon region? An analysis of the relationship between protected areas and the economic growth of Brazilian Amazon municipalities. **Land Use Policy**, v. 92, p. 104473, 2020. Disponível em:< <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104473>>. 24 Nov. 2021.

KINDA, Harouna; THIOMBIANO, Noel. The effects of extractive industries rent on deforestation in developing countries. **Resources Policy**, v. 73, p. 102203, 2021.

LAURANCE, William F.; ALBERNAZ, Ana KM; DA COSTA, Carlos. Is deforestation accelerating in the Brazilian Amazon?. **Environmental conservation**, v. 28, n. 4, p. 305-311, 2001.

LEBLOIS, Antoine; DAMETTE, Olivier; WOLFERSBERGER, Julien. What has driven deforestation in developing countries since the 2000s? Evidence from new remote-sensing data. **World Development**, v. 92, p. 82-102, 2017.

LEE, Ling-Chu et al. Research output and economic productivity: A Granger causality test. **Scientometrics**, v. 89, n. 2, p. 465-478, 2011.

MARETTI, C. C. **Amazon: There is Hope! If we all do ‘the right thing’...; Deforestation, Protected Areas and Indigenous Territories: Past, evolution and... Which future.** Technical report.] Brasília, WWF Living Amazon Initiative, p. 43-49, 2014. Disponível em:< DOI: 10.13140/2.1.2757.7928>. Acesso em: 21 Nov. 2021.

MURSHED, Muntasir et al. The Environmental Kuznets curve hypothesis for deforestation in Bangladesh: An ARDL analysis with multiple structural breaks. **Energy, Ecology and Environment**, v. 6, n. 2, p. 111-132, 2021.

NATHANIEL, Solomon Prince; BEKUN, Festus Victor. Environmental management amidst energy use, urbanization, trade openness, and deforestation: The Nigerian experience. **Journal of Public Affairs**, v. 20, n. 2, p. e2037, 2020.

OLIVEIRA, Rejane Corrêa de et al. Desmatamento e crescimento econômico no Brasil: uma análise da curva de Kuznets ambiental para a Amazônia legal. **Revista de economia e sociologia rural**, v. 49, n. 3, p. 709-739, 2011.

PANAYOTOU, Theodore et al. **Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development.** International Labour Organization, n. 992927783402676, p. 42, 1993. Disponível em:< http://www.ilo.org/public/libdoc/ilo/1993/93B09_31_engl.pdf>. 14 Ago. 2021.

PEDRONI, Peter. Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. **Econometric theory**, v. 20, n. 3, p. 597-625, 2004.

PEREIRA, Denys et al. Fatos Florestais. **Belém: Imazon**, 2010.

PETERS, David H. et al. Poverty and access to health care in developing countries. **Annals of the new York Academy of Sciences**, v. 1136, n. 1, p. 161-171, 2008.

POKORNY, Benno et al. Forest frontiers out of control: The long-term effects of discourses, policies, and markets on conservation and development of the Brazilian Amazon. **Ambio**, v. 50, n. 12, p. 2199-2223, 2021.

POLOMÉ, Philippe; TROTIGNON, Jérôme. Amazonian deforestation, environmental Kuznets curve and deforestation policy: a cointegration approach. **Environmental**

Kuznets Curve and Deforestation Policy: A Cointegration Approach (February 16, 2016), 2016.

PONCE, Pablo et al. Forest conservation and renewable energy consumption: an ARDL approach. **Forests**, v. 12, n. 2, p. 255, 2021.

PRATES, Rodolfo Coelho; BACHA, Carlos José Caetano. Análise da relação entre desmatamento e bem-estar da população da Amazônia Legal. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 48, n. 1, p. 165-193, 2010.

RAMOS, Marina Courrol. O desenvolvimento econômico na Amazônia legal: seus impactos sociais, ambientais e climáticos e as perspectivas para a região. **Cadernos do Programa de Pós-Graduação em Direito–PPGDir./UFRGS**, v. 9, n. 1, 2014.

SAMPAIO, Armando Vaz. Teste de passeio aleatório no mercado financeiro brasileiro entre 2000-2010. **Revista brasileira de economia de empresas= Brazilian journal of business economics**, v. 12, n. 1, p. 21-43, 2012.

SAPKOTA, Alka et al. Role of renewable energy technologies in rural communities' adaptation to climate change in Nepal. **Renewable Energy**, v. 68, p. 793-800, 2014.

SCALES, Ivan R. Lost in translation: conflicting views of deforestation, land use and identity in western Madagascar. **The Geographical Journal**, v. 178, n. 1, p. 67-79, 2012.

SCHNEIDER, Robert R. (Ed.). **Sustainable Amazon: limitations and opportunities for rural development**. World Bank Publications, 2002.

SCRIECIU, S. Serban. Can economic causes of tropical deforestation be identified at a global level?. **Ecological Economics**, v. 62, n. 3-4, p. 603-612, 2007.

TANNER, Andrew M.; JOHNSTON, Alison L. The impact of rural electric access on deforestation rates. **World development**, v. 94, p. 174-185, 2017.

TSIANTIKOUDIS, Stavros et al. Revising the environmental Kuznets Curve for deforestation: an empirical study for Bulgaria. **Sustainability**, v. 11, n. 16, p. 4364, 2019.

UCHIYAMA, Katsuhisa. Environmental Kuznets curve hypothesis. In: **Environmental Kuznets curve hypothesis and carbon dioxide emissions**. Springer, Tokyo, 2016. p. 11-29.

WALKER, Robert. Deforestation and economic development. **Canadian Journal of Regional Science**, v. 16, n. 3, p. 481-497, 1993.

WWF'S LIVING AMAZON INITIATIVE, L. A. I. WWF's vision for the Amazon Region is an ecologically healthy Amazon. **Freshwater Connectivity and Ecosystem Health**, p. 120, 2015.

ZAMBRANO-MONSERRATE, Manuel A. et al. Deforestation as an indicator of environmental degradation: Analysis of five European countries. **Ecological Indicators**, v. 90, p. 1-8, 2018.

ZEILEIS, Achim et al. strucchange: An R package for testing for structural change in linear regression models. **Journal of statistical software**, v. 7, p. 1-38, 2002.

ZHOU, Anhua; LI, Jun. Impact of income inequality and environmental regulation on environmental quality: Evidence from China. **Journal of Cleaner Production**, v. 274, p. 123008, 2020.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS

A floresta e seus produtos desempenham um papel importante para o meio ambiente, para a sociedade e para a economia com um todo. Ela fornece matérias-primas para a indústria e, portanto, é uma fonte primordial de renda e para o desenvolvimento econômico. Porém, para que o desenvolvimento econômico possa ser alcançado, muitas vezes, há impacto negativo na qualidade ambiental, principalmente nas fases iniciais do desenvolvimento econômico. No entanto, o próprio desenvolvimento econômico pode possibilitar melhorias na qualidade ambiental. Em outras palavras, o desenvolvimento econômico pode tornar-se um reparador do impacto ambiental.

Assim, e considerando-se que as florestas tem papel importante para a regulação do clima, captura de CO₂ e para a própria economia, se faz necessário incentivar a prática de reflorestamento, no sentido de reduzir as pressões sobre a floresta nativa. Vê-se, portanto, que é necessário de buscar equilíbrio entre o uso consciente da floresta e o desenvolvimento econômico, pois a floresta continuará sendo um importante pilar para a biodiversidade e para a captura de CO₂, o efeito estufa e o desenvolvimento econômico.

Portanto, para manter esse equilíbrio, é necessário implementar políticas de reflorestamento, ou seja, políticas públicas que busquem ações que diminuam as pressões sobre as florestas nativas. Além disso, tais políticas poderiam estimular mais a economia brasileira, mantendo a geração de renda, e a oferta constante de matéria-prima para a indústria madeireira e de produção de papel e celulose.

REFERÊNCIAS

ABRAF, ANUÁRIO ESTATÍSTICO. ano base 2012. **Brasília: Abraf, 2013.**
Disponível em:<
<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/3910?show=full>>. Acesso
em: 12 Mar. 2021.

ABRAMOVAY, Ricardo. **Amazônia: por uma economia do conhecimento da natureza.** Editora Elefante, 2020.

ADEODATO, Sérgio et al. **Madeira de ponto a ponta: o caminho desde a floresta até o consumo, 2011.** Disponível em:<
<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/15370>>. Acesso em: 12 Mar.
2021.

AIT OUAHIOUNE, Mouloud; BELAID, Dehbia. **Impact de la démarche qualité/environnement selon le référentiel ISO sur la performance de l'entreprise dans le cadre de la problématique du développement durable cas: ENIEM.** 2020. Tese de Doutorado. Université Mouloud Mammeri.

ALEXANDER, Carol. **Market Models: a guide to financial data analysis.** 1.ed. Chichester: John Wiley& Sons Ltd, 2001. 394p.

ALVES, Ricardo Ribeiro; JACOVINE, Laércio Antônio Gonçalves. **Consumo verde: comportamento do consumidor responsável.** Editora UFV, 2020.

ANDRADE, A. et al. O proteoma da madeira. *Biotecnologia*, **Ciência & Desenvolvimento**, n.36, Junho, 2006.

ANDREJOW, Gisela Maria Pedrassani et al. Planalto Norte Catarinense: considerações sobre o setor florestal e a eucaliptocultura/Northern Plateau of Santa Catarina: considerations on the forest sector and eucalyptus culture. DRd-

Desenvolvimento Regional em debate, v. 8, n. 2, p. 143-168, 2018.

ÂNGELO, Humberto; ALMEIDA, Alexandre Nascimento de; SERRANO, André Luiz Marques. Determinantes da demanda de madeira em toras para celulose no Brasil. **Revista Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 491-498, dez. 2009. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr84/cap17.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2012.

ARNAUT, Javier; LIDMAN, Johanna. Environmental sustainability and economic growth in Greenland: Testing the environmental Kuznets curve. **Sustainability**, v. 13, n. 3, p. 1228, 2021.

DE ASSIS, Teotônio Francisco; ABAD, Júpiter Israel Muro; AGUIAR, Aurélio Mendes. Melhoramento genético do eucalipto. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte (Brazil)**, v. 18, p. 32-51, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Relatório Estatístico 2010/2011**: BRACELPA, 2012. Disponível em: <<http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/7742>>. 14 Fev. 2022.

BARCELLOS, Daniel Camara. **Gestion et production forestières**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019. 224 p.

BARBOSA, F. de F. Agronegócio–Economia Rural. **Montes Claros: E-tec Brasil/CEMF/Unimontes-Escola Técnica Aberta do Brasil**, 2011.

BERKOWITZ, Heloise; SOUCHAUD, Antoine. (Auto-) Regulamentação de Plataformas de Economia de Compartilhamento por Meio de Meta-organização Parcial. **Journal of Business Ethics**, v. 159, n. 4, pág. 961-976, 2019.

BOHR, Jeremiah. Reporting on climate change: A computational analysis of US newspapers and sources of bias, 1997–2017. **Global Environmental Change**, v. 61, p. 102038, 2020.

BRANDÃO, Frederico et al. The challenge of reconciling conservation and development in the tropics: Lessons from Brazil's oil palm governance

model. **World Development**, v. 139, p. 105268, 2021.

BRASILEIRO, A.C.M.; DUSI, D.M.A. Transformação genética de plantas. In: TORRES, A.C. et al. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: Embrapa-SPI/Embrapa-CNPq, 1999.

BRASILEIRO, SBF Serviço Florestal. **Florestas do Brasil: em resumo**. 2019. Acesso em: 27 Jun. 2021. Disponível em: <<https://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4261-florestas-do-brasil-em-resumo-digital/file>>. Acesso em: 13 Jan. 2022.

BRAZIL, Ministry of Agriculture, Livestock and Food Supply. **Brazilian forests at a glance**. Brasília: MAPA/SFB, 2019.

BURGESS, Robin; COSTA, Francisco; OLKEN, Benjamin A. **The Brazilian Amazon's double reversal of fortune**. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.31235/osf.io/67xg5>>. Acesso em: 17 Out. 2021.

CARVALHO, Terciane Sabadini; ALMEIDA, Eduardo. A hipótese da curva de Kuznets ambiental global: uma perspectiva econométrico-espacial. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 40, p. 587-615, 2010.

COONDOO, Dipankor; DINDA, Soumyananda. Causality between income and emission: a country group-specific econometric analysis. **Ecological Economics**, v. 40, n. 3, p. 351-367, 2002.

CUARESMA, Jesús Crespo et al. Economic development and forest cover: evidence from satellite data. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 1-8, 2017.

CUARESMA, Jesús Crespo; HEGER, Martin. Deforestation and economic development: Evidence from national borders. **Land Use Policy**, v. 84, p. e347-e353, 2019.

CULAS, Richard J. REDD and forest transition: Tunneling through the

environmental Kuznets curve. **Ecological Economics**, v. 79, p. 44-51, 2012.

DA PONTE, Gustavo Pires; CALILI, Rodrigo Flora; SOUZA, Reinaldo Castro. Energy generation in Brazilian isolated systems: Challenges and proposals for increasing the share of renewables based on a multicriteria analysis. **Energy for Sustainable Development**, v. 61, p. 74-88, 2021.

Da Silva, Márcio Lopes; Laécio Antônio Gonçalves Jacovine e Sebastião Renato Valverde. **Economia Florestal** - 2ª Edição - Editora UFV, 2005, p. 178.

DE SANTANA, Antonio Cordeiro et al. Influência do desmatamento no mercado de madeira em tora da região Mamuru-Arapiuns, Sudoeste do Pará. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 54, n. 1, p. 42-51, 2011.

DE SORDI, JOSE OSVALDO. **Desenvolvimento de projeto de pesquisa**. 1. Ed. Saraiva Educação SA, 2017. ISBN: 854721495X.

DINDA, Soumyananda. Environmental Kuznets curve hypothesis: a survey. **Ecological economics**, v. 49, n. 4, p. 431-455, 2004.

EVIEWES, **EViews 10 User's Guide**, Advanced Single Equation Analysis, Version 10, HIS Global, Inc., Irvine, CA, USA, 2017.

FoodandAgricultureOrganization. **Global Forest Resources Assessment 2015: How are the world's forests changing?** FAO. Rome, 2016. Disponível em:< <https://www.fao.org/publications>> . 21 Mar. 2021.

GIL, Carlos, A. Como Elaborar Projetos de Pesquisa, 6ª edição. **São Paulo, Atlas**, 2017.

GOLLE, Diego Pascoal et al. Melhoria florestal: ênfase na aplicação da

biotecnologia. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1607-1614, 2009.

GOMES, Fernanda Paim et al. **Crescimento da economia e demanda de recursos florestais no Brasil**. 2014.

GONTIJO, D. O. **Silvicultura do eucalipto: principais espécies cultivadas no Brasil e suas características**. 2018. Tese (Mestrado)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, 2018.

GRANJA, Fábio Henrique; MUELLER, Barros1 Bernardo; NOGUEIRA, Jorge Madeira. **CRESCIMENTO ECONÔMICO E MEIO AMBIENTE: O QUE ESTÁ FALTANDO PARA ENTENDER O ELO ENTRE ELES?**. ANPEC XXXV Encontro Nacional de Economia.

GROSSMAN, Gene M.; KRUEGER, Alan B. **Environmental impacts of a North American free trade agreement**. 1991.

GROSSNICKLE, S. C.; MACDONALD, J. E. Why seedlings grow: Influence of plant attributes. **New For**, 49,2017.

GUJARATI, D.N.; PORTER, D.C. **Econometria Básica**. Porto Alegre: AMGH, 5 ed., 2011.

IBÁ, BTI. **Relatório anual-O setor brasileiro de árvores plantadas**. [SI]:[sn], 2016. Available from: < Available from: <http://iba.org/pt/sala-de-imprensa/releases/9-conteudo-pt/715-iba-publica-relatorio-anual-2016>>. Accessed: Sep, v. 24, 2017.

IBÁ, IBÁ **Relatório Anual. Ano base 2018**. 2019. Acesso em: 15 Jun. 2021. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS**. [S. l., 2018]. Disponível em: <www2.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=292&z=t&o=18>. Accès en: 30 Sept. 2020.

IBGE. **Agricultura, pecuária e outros**. 2020. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria.html>>. Acesso em: 24 out. 2020.

IRLAND, Lloyd C. et al. Assessing Socioeconomic Impacts of Climate Change on US Forests, Wood-Product Markets, and Forest Recreation: The effects of climate change on forests will trigger market adaptations in forest management and in wood-products industries and may well have significant effects on forest-based outdoor recreation. **BioScience**, v. 51, n. 9, p. 753-764, 2001.

JOSHI, Prathibha; BECK, Kris. Environmental Kuznets curve for deforestation: evidence using GMM estimation for OECD and non-OECD regions. **iForest-Biogeosciences and Forestry**, v. 10, n. 1, p. 196, 2016.

JÚNIOR, Pedro dos Santos Portugal et al. A DINÂMICA DE CORRELAÇÃO DO PIB BRASILEIRO COM OS COMPONENTES DA DEMANDA: UMA ANÁLISE DO PERÍODO DE 1996 A 2018. **A-DINAMICA-DE-CORRELACAO-DO-PIB-BRASILEIRO-COM-OSCOMPONENTES-DA-DEMANDA-UMA-ANALISE-DO-PERÍODO-DE-1996-A-2018**. Pdf: Acessado em 2021.

KAUANO, Érico Emed et al. Do protected areas hamper economic development of the Amazon region? An analysis of the relationship between protected areas and the economic growth of Brazilian Amazon municipalities. **Land Use Policy**, v. 92, p. 104473, 2020.

KRONENBERG, Jakub et al. Environmental justice in the context of urban green space availability, accessibility, and attractiveness in postsocialist cities. **Cities**, v. 106, p. 102862, 2020.

KUZNETS, Simon. VOLUME XLV MARCH, 1955 NUMBER ONE. **The American Economic Review**, v. 45, n. 1, p. 1-28, 1955.

LEE, Jongyeol et al. Determining economically viable forest management option with consideration of ecosystem services in Korea: A strategy after successful national forestation. **Ecosystem Services**, v. 41, p. 101053, 2020.

LEBLOIS, Antoine; DAMETTE, Olivier; WOLFERSBERGER, Julien. What has driven deforestation in developing countries since the 2000s? Evidence from new remote-sensing data. **World Development**, v. 92, p. 82-102, 2017.

LEVIN, A.; LIN, C. F.; CHU, C. S. J. Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. **Journal of econometrics**, v. 108, n. 1, p. 1-24, 2002.

LIU, Jinlong et al. Comparative study of the forest transition pathways of nine Asia-Pacific countries. **Forest Policy and Economics**, v. 76, p. 25-34, 2017.

MCEWAN, Kirsten et al. A smartphone app for improving mental health through connecting with urban nature. **International journal of environmental research and public health**, v. 16, n. 18, p. 3373, 2019.

NATIONS, U. **Life on Land: Why it Matters. 2016.** Retrieved from http://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2016/08/15_Why-it-Matters_Goal15__Life-on-Land_3p.pdf

PASQUALI, G.; ZANETTINI, M.H.B. Transgênesse florestal. In: BORÉM, A. **Biotecnologia florestal**. Viçosa: UFV, 2007.

PEDRONI P. Panel cointegration: asymptotic and finite sample properties of pooled time series tests with an application to the PPP hypothesis. **Econometric Theory**, v. 20, p. 597–625, 2004.

PORCHER, Jocelyne. Repères À Events & books Ouvrages en débat. **Natures Sciences Sociétés**, v. 28, n. 2, p. 192-208, 2020.

SANTORO, Antonio et al. A Review of the Role of Forests and Agroforestry

Systems in the FAO Globally Important Agricultural Heritage Systems (GIAHS) Programme. **Forests**, v. 11, n. 8, p. 860, 2020.

SANTOS, Alisson Moura et al. Aspectos silviculturais. **Embrapa Florestas- Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2019. Disponível em:< <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1113164>>. Acesso em: 18 Set. 2021.

SIDRA, I. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura**. 2020a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/291>. Acesso em: 10 de setembro de 2020.

SIDRA, I. **Pesquisa Industrial Mensal – Produção Física**. 2020b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3653>. Acesso em: 10 de setembro de 2020.

SNIF. **Boletim SNIF 2019**. Sistema Nacional de Informações Florestais. 2019. Acesso em: 03 Jul. 2021. Disponível em: [http://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/Boletim-SNIF Ed1 2019.pdf](http://snif.florestal.gov.br/images/pdf/publicacoes/Boletim-SNIF_Ed1_2019.pdf).

SNIF. **Boletim SNIF 2017**. Sistema Nacional de Informações Florestais. 2017. Acesso em: 25 Jun. 2021. Disponível em: <https://www.florestal.gov.br/publicacoes/1179-boletim-snif-2017-ed-1>.

SLOAN, Sean; SAYER, Jeffrey A. Forest Resources Assessment of 2015 shows positive global trends but forest loss and degradation persist in poor tropical countries. **Forest Ecology and Management**, v. 352, p. 134-145, 2015.

SOARES, Naisy Silva; SILVA, Márcio Lopes da; CORDEIRO, Sidney Araujo. Produto interno bruto do setor florestal brasileiro, 1994 a 2008. **Revista Árvore**, v. 38, n. 4, p. 725-732, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artemed, 2013. Disponível em:< <https://docero.com.br/doc/xs xv5s>>. Acesso em: 25 Jul. 2021.

TELLMAN, Beth et al. Illicit drivers of land use change: narcotrafficking and forest loss in Central America. **Global Environmental Change**, v. 63, p. 102092, 2020.

TENAW, Dagmawe; BEYENE, Abebe D. Environmental sustainability and economic development in sub-Saharan Africa: A modified EKC hypothesis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 143, p. 110897, 2021.

TERRACINA-HARTMAN, Carol. Fanning the flames: How US newspapers framed 10 historically significant US wildfires. **Newspaper Research Journal**, v. 41, n. 3, p. 368-386, 2020.

TOMAS, M. Janet; CALLAN, Scott J. Economia ambiental: aplicações, políticas e teorias. **São Paulo: Language Learning**, 2010. Disponível em: <<https://www.cengage.com.br/livro/economia-ambiental/>>. Acesso em Jun. 2021.

VALVERDE, Sebastião Renato et al. Efeitos multiplicadores da economia florestal brasileira. **Revista árvore**, v. 27, n. 3, p. 285-293, 2003.

ALVERDE, S. R. et al. **Silvicultura brasileira: oportunidades e desafios da economia verde**. 2012. 2018. Disponível em: <<https://fbds.org.br/IMG/pdf/doc-29.pdf>>. Acesso em 19 Mar. 2021.

WATCH, G. F. **We Lost a Football Pitch of Primary Rainforest Every 6 Seconds in 2019**. 2019. Disponível em:< <https://www.globalforestwatch.org/>>. Acesso em: 4 Fev. 2022.

WEISSE, Mikaela; GOLDMAN, Elizabeth Dow. **We lost a football pitch of primary rainforest every 6 seconds in 2019**. 2020.

Wending, Z., D. Esty, J. Emerson, M. Levy, A. de Sherbinin, et al. 2018. The 2018 Environmental Performance Index Report. New Haven, CT: **Yale Center for Environmental Law and Policy**. <https://epi.envirocenter.yale.edu/node/36476>.

XAVIER, A.; WENDLING, L.; SILVA, R. L. Silvicultura clonal: princípios e técnicas. 2. ed. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2013. 279 p.

.

6 APÊNDICE A – Carta de aceite do primeiro artigo.



SAI
Servicios Academicos Intercontinentales S.L.





eumed.net
Enciclopedia Virtual

D^a. Lisette Villamizar Moreno, como editor responsable de la revista electrónica "DELOS Desarrollo Local Sostenible", con ISSN: 1988-5245, indexada en IDEAS, EconPapers, Latindex, Dialnet, DICE, MIAR, ÍNDICES CSIC y alojada en <https://www.eumed.net/es/revistas/delos>

CERTIFICA QUE

El artículo "IDENTIFICAÇÃO DA RELAÇÃO DE CAUSA E EFEITO ENTRE OFERTA, DEMANDA E PREÇO DA MADEIRA NO BRASIL: UMA ANÁLISE UTILIZANDO DADOS EM PAINÉIS", que consta de 16 páginas en formato PDF, cuyos autores son Frantzso Pierre, Everton Anger Cavalheiro, Sílvia Helena Fuentes da Silva y Darci Alberto Gatto, ha sido evaluado y aceptado para su publicación en el Vol 14, N^o 38 junio de 2021.

Y para que así conste, firman la presente certificación en Málaga, a 30 de julio de 2021.



SAI
Servicios Academicos Intercontinentales S.L.
C/ Ronda de Colombia 17, Málaga
011 8934172

D^a Lisette Villamizar Moreno