

**DETERMINANTES DA DEMANDA DE EXPORTAÇÃO
BRASILEIRA DE MADEIRAS TROPICAIS**

JÚLIA DE OLIVEIRA CARNEIRO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS
FLORESTAIS**

BRASÍLIA-DF, JUNHO DE 2026



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

DETERMINANTES DA DEMANDA DE EXPORTAÇÃO BRASILEIRA
DE MADEIRAS TROPICAIS

JÚLIA DE OLIVEIRA CARNEIRO

ORIENTADOR: PROF. DR. HUMBERTO ANGELO

DISSERTAÇÃO MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

BRASÍLIA – DF
JUNHO DE 2026

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

DETERMINANTES DA DEMANDA DE EXPORTAÇÃO BRASILEIRA
DE MADEIRAS TROPICAIS

JÚLIA DE OLIVEIRA CARNEIRO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA FLORESTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

HUMBERTO ANGELO, Doutor (Universidade de Brasília)
(ORIENTADOR)

RICARDO GASPAR, Doutor (Universidade de Brasília)
(EXAMINADOR INTERNO)

ANADALVO JUAZEIRO DO SANTOS, Doutor (UFPr)
(EXAMINADOR EXTERNO)

DATA: BRASÍLIA/DF, 30 DE JUNHO DE 2026.

FICHA CATALOGRÁFICA

CARNEIRO, JÚLIA DE OLIVEIRA

DETERMINANTES DA DEMANDA DE EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE MADEIRAS TROPICAIS

34 p., 210 x 297mm (EFL/FT/UnB, Mestre, Ciências Florestais, 2026)

Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia.

Departamento de Engenharia Florestal.

1. Econometria

2. Exportação

3. Madeira serrada

4. Mercado internacional

I. EFL/FT/UnB

REFERÊNCIA

CARNEIRO, J.O. (2026). Determinantes Da Demanda De Exportação Brasileira De Madeiras Tropicais. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 34 p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Júlia de Oliveira Carneiro

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Determinantes Da Demanda De Exportação Brasileira De Madeiras Tropicais.

GRAU / ANO: Mestre / 2026

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir a dissertação de mestrado e para emprestar ou vender somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.

Júlia de Oliveira Carneiro
julia.ocarneiro38@gmail.com

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

Primeiramente, agradeço a Deus, cuja presença constante em minha vida, por meio de orientação, força e sabedoria, foi essencial para a superação dos desafios e para a concretização desta conquista.

Aos meus pais, Cristina e Álvaro, manifesto minha profunda gratidão pela dedicação, pelo apoio incondicional e pelo constante incentivo ao longo de toda a minha trajetória acadêmica. O amor e o suporte de vocês foram fundamentais para que eu alcançasse este objetivo.

À minha irmã, Marina, agradeço pelo companheirismo, pela amizade e pela presença constante, que tornam minha caminhada mais leve e significativa.

Ao meu namorado, Pedro Henrique, agradeço pelo apoio, pela compreensão e pelo incentivo durante a etapa final deste percurso. Sua presença foi determinante para que eu mantivesse a perseverança diante dos desafios.

Às minhas amigas Heloísa, Evelyn e Laura agradeço por todos os anos presentes ao meu lado e deixar minha vida mais alegre.

Registro meu agradecimento ao meu orientador, Prof. Dr. Humberto Ângelo, pela orientação dedicada, paciência, sabedoria e constante incentivo, que foram essenciais para a conclusão desta dissertação.

Agradeço à Universidade de Brasília e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais pela oportunidade, pelo apoio institucional e pela infraestrutura oferecida, fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agradeço pelo apoio financeiro, indispensável à realização deste trabalho.

RESUMO

O setor de madeira serrada tropical no Brasil apresenta dinâmica voltada ao suprimento do mercado interno, não obstante sua expressiva relevância produtiva global. Este estudo analisa os determinantes da demanda internacional pelas exportações brasileiras de madeira serrada tropical, por meio de abordagem econométrica de séries temporais com dados mensais de janeiro de 2000 a novembro de 2025. O teste de raiz unitária Augmented Dickey-Fuller (ADF) indicou não estacionariedade apenas na série dependente. A autocorrelação serial detectada nos resíduos foi corrigida pelo procedimento iterativo de Cochrane-Orcutt. O teste de Chow não detectou ruptura estrutural significativa, resultando em modelo estimado sem variáveis *dummy*. A ausência de cointegração, confirmada pelo teste de Engle-Granger, restringe a interpretação dos coeficientes ao horizonte de curto prazo. O modelo final apresentou significância global ($F = 95,39$; $p < 0,01$) e R^2 ajustado de 0,479, com resíduos normais (Jarque-Bera: $p = 0,182$) e homocedásticos (Breusch-Pagan: $p = 0,895$). Os resultados indicam que, no curto prazo, a demanda externa apresenta relação negativa e inelástica em relação ao preço de exportação ($-0,877$; $p < 0,01$). A variável associada ao produto substituto, madeira serrada de coníferas, não apresentou significância estatística ($0,028$; $p = 0,24$), indicando que a substituição entre esses produtos não ocorre de forma direta ou sistemática no mercado internacional. A variável *proxy* da atividade econômica internacional apresentou efeito positivo e significativo ($0,232$; $p < 0,01$), evidenciando que, as condições macroeconômicas dos mercados importadores são determinantes relevantes do desempenho exportador brasileiro. Conclui-se que, as exportações brasileiras de madeira serrada tropical são condicionadas, no curto prazo, pelo preço do próprio produto e pelo nível de atividade econômica internacional, sem evidência de substituição sistemática com as coníferas, o que reforça a necessidade de avanços em competitividade, rastreabilidade, conformidade regulatória e governança florestal, para ampliar a inserção do setor no mercado internacional.

PALAVRAS-CHAVE: Econometria; exportação; madeira serrada; comércio internacional.

ABSTRACT

The tropical sawn timber sector in Brazil exhibits dynamics geared towards supplying the domestic market, despite its significant global productive relevance. This study analyzes the determinants of international demand for Brazilian exports of tropical sawn timber using an econometric time series approach with monthly data from January 2000 to November 2025. The Augmented Dickey-Fuller (ADF) unit root test indicated non-stationarity only in the dependent series. The serial autocorrelation detected in the residuals was corrected using the Cochrane-Orcutt iterative procedure. The Chow test did not detect significant structural breaks, resulting in an estimated model without dummy variables. The absence of cointegration, confirmed by the Engle-Granger test, restricts the interpretation of the coefficients to the short-term horizon. The final model showed overall significance ($F = 95.39$; $p < 0.01$) and an adjusted R^2 of 0.479, with normal residuals (Jarque-Bera: $p = 0.182$) and homoscedastic residuals (Breusch-Pagan: $p = 0.895$). The results indicate that, in the short term, external demand has a negative and inelastic relationship with export prices (-0.877 ; $p < 0.01$). The variable associated with the substitute product, softwood sawn timber, did not show statistical significance (0.028 ; $p = 0.24$), indicating that substitution between these products does not occur directly or systematically in the international market. The proxy variable for international economic activity showed a positive and significant effect (0.232 ; $p < 0.01$), demonstrating that the macroeconomic conditions of importing markets are relevant determinants of Brazilian export performance. It is concluded that, in the short term, Brazilian exports of tropical sawn timber are conditioned by the price of the product itself and the level of international economic activity, with no evidence of systematic substitution with conifers. This reinforces the need for advances in competitiveness, traceability, regulatory compliance, and forest governance to expand the sector's insertion in the international market.

KEY WORDS: Econometrics; export; sawnwood; international market.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 ARCABOUÇO LEGAL	11
1.1.1 <i>Legislação brasileira</i>	11
1.1.2 <i>Legislação internacional</i>	14
1.1.2.1 Estados Unidos (EUA)	15
1.1.2.2 União Europeia (UE).....	15
1.1.2.3 Japão.....	17
1.1.2.4 China	17
1.2 PANORAMA GERAL DO SETOR DE MADEIRA SERRADA	18
2. OBJETIVOS.....	23
2.1 OBJETIVO GERAL	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 MATERIAL	24
3.2 BASE E FONTE DE DADOS	25
3.3 FORMULAÇÃO DO MODELO E DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS	26
3.4 ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DO MODELO.....	27
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL E COMERCIAL DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE MADEIRA SERRADA	31
4.2 FATORES CONDICIONANTES DA DEMANDA POR MADEIRA SERRADA TROPICAL	32
5. CONCLUSÕES	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
7. ANEXO	43
ANEXO I – DADOS BRUTO DEMANDA	43
ANEXO II – DADOS DA DEMANDA UTILIZADOS NO CÓDIGO	52
ANEXO III – CÓDIGO DA DEMANDA	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Dinâmica temporal do desempenho produtivo e comercial da madeira serrada não conífera no Brasil (1995–2024).....	20
---	----

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 3.1 - Classificação das madeiras serradas utilizadas na pesquisa.	24
Tabela 4.1- Medidas de ajuste e validação econométrica do modelo de demanda.	33
Tabela 4.2 - Elasticidades da demanda de exportação de madeira serrada tropical (modelo CO).....	35

1. INTRODUÇÃO

As florestas têm assumido papel estratégico no enfrentamento das mudanças climáticas, especialmente em razão de sua capacidade de atuar como importantes sumidouros de carbono (Hu *et al.*, 2024; Kim; Ahn; Shim, 2024). Nesse contexto, a madeira e seus derivados contribuem de forma relevante para o sequestro e o armazenamento de carbono, apresentando elevado potencial para apoiar as metas globais de neutralidade climática até 2050 (Hu *et al.*, 2024). Além de seus benefícios ambientais, os produtos florestais desempenham função essencial no desenvolvimento econômico, particularmente em países tropicais com ampla base de recursos naturais.

O comércio internacional de madeira serrada tropical enfrenta desafios crescentes, relacionados à intensificação da concorrência global, à necessidade de assegurar a sustentabilidade da produção e ao aumento da demanda por produtos certificados. A exploração madeireira ilegal constitui um dos principais entraves ao desenvolvimento sustentável do setor florestal, apresentando implicações ambientais e econômicas (Kim; Ahn; Shim, 2024). Além disso, estudos também indicam que fatores institucionais, como corrupção governamental e pobreza em países produtores, favorecem a expansão dessas práticas ilícitas.

Paralelamente, a crescente complexidade das cadeias de valor da indústria florestal e a diversificação dos usos finais da madeira, incluindo aplicações na construção sustentável (*green building*), ampliam a relevância econômica da madeira serrada tropical no comércio internacional. Apesar disso, observa-se que, entre 2001 e 2013, o comércio global de produtos primários de madeira tropical apresentou redução de 13% em volume, acompanhada de um aumento aproximado de 5% em valor, evidenciando mudanças estruturais no mercado internacional (Masiero; Pettenella; Cerutti, 2015).

Em 2012, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente e a INTERPOL estimaram que as perdas decorrentes do comércio ilegal de madeira variavam entre US\$ 30 e US\$ 100 bilhões anuais, correspondendo a aproximadamente 10% a 30% do comércio global do setor (Masiero; Pettenella; Cerutti, 2015). Embora as regulamentações internacionais voltadas à legalidade do comércio florestal tenham contribuído para a redução da oferta de madeira de origem ilícita, seus efeitos permanecem limitados, uma vez que nem toda a produção global é abrangida por esses mecanismos, podendo ocorrer o redirecionamento das exportações para mercados com menor rigor regulatório (Masiero; Pettenella; Cerutti, 2015).

O comércio internacional não constitui um fator exógeno ao setor florestal, sendo influenciado por elementos como renda, acordos comerciais, padrões de demanda e capacidade

produtiva doméstica (Daly-Hassen *et al.*, 2026). O setor florestal enfrentou uma queda no faturamento de exportações devido à COVID-19, escassez de insumos, volatilidade dos preços de commodities e entraves logísticos, exigindo uma rápida recuperação para retomada do crescimento. Projeta-se, contudo, um crescimento anual de 6,6% no valor da produção entre 2020 e 2025 (Brainer, 2022). A pesquisa sobre o setor florestal brasileiro ganha relevância ao se analisar as tendências de produção e exportação de madeira serrada, que compõem um segmento importante da economia nacional e desempenham papel fundamental na balança comercial do país.

1.1 ARCABOUÇO LEGAL

O comércio de madeira serrada tropical, especialmente no contexto da exportação, é regulamentado por um arcabouço legal complexo e multifacetado, que envolve normas internacionais, acordos multilaterais e legislações nacionais. Essas regulamentações visam garantir a sustentabilidade ambiental, a legalidade da madeira e a proteção dos ecossistemas florestais. Além de combater práticas como o desmatamento ilegal e o comércio de madeira de origem duvidosa.

1.1.1 Legislação brasileira

O Brasil, reconhecido como um dos principais exportadores de madeira tropical, possui um arcabouço normativo voltado à regulação do manejo florestal sustentável, da exploração de recursos madeireiros e da comercialização de produtos florestais. Nesse contexto, o Código Florestal estabelece diretrizes para a utilização sustentável da vegetação nativa e para a exploração econômica dos recursos florestais, condicionando essas atividades ao atendimento de critérios legais, técnicos e ambientais (Brasil, Presidência da República, 2012).

A exportação de madeira serrada tropical exige autorização dos órgãos ambientais competentes, especialmente do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), responsável por ações de fiscalização, controle e regulamentação em âmbito federal. Entre os requisitos aplicáveis, destaca-se a comprovação da origem legal do produto, elemento essencial para assegurar a regularidade da cadeia produtiva. Para esse fim, sistemas de controle, como o Sistema de Comercialização e Transporte de Produtos Florestais (SISFLORA), são utilizados para rastrear a produção, o transporte e a comercialização de produtos florestais, contribuindo para a verificação da legalidade das operações. No entanto, o

país ainda enfrenta desafios significativos no combate ao desmatamento ilegal e na implementação efetiva dessas normas.

A regulamentação da exportação de produtos florestais no Brasil é composta por leis, decretos, instruções normativas e atos administrativos específicos. A Lei nº 11.284/2006, conhecida como Lei de Gestão de Florestas Públicas, estabelece diretrizes para a gestão sustentável de florestas públicas, incluindo regras aplicáveis à exploração, produção e comercialização de produtos madeireiros oriundos dessas áreas (Brasil, Presidência da República, 2006). Essa norma representa um marco importante para a institucionalização do uso econômico das florestas públicas sob critérios de sustentabilidade, planejamento e controle estatal.

No âmbito do controle da origem dos produtos florestais, a Instrução Normativa (IN) IBAMA nº 21/2014 instituiu o Sistema Nacional de Controle da Origem dos Produtos Florestais (Sinaflor), destinado ao acompanhamento da origem da madeira, do carvão vegetal e de outros produtos e subprodutos florestais (MMA; IBAMA, 2014). O sistema integra informações provenientes dos diferentes entes federativos e estabelece procedimentos para o controle da movimentação desses materiais. Além disso, a norma disciplina os requisitos para emissão do Documento de Origem Florestal (DOF), instrumento obrigatório para o transporte e a regularização da circulação de produtos florestais no território nacional (MMA; IBAMA, 2014).

De forma complementar, a IN IBAMA nº 08/2022 dispõe sobre procedimentos específicos aplicáveis à exportação de produtos e subprodutos florestais, incluindo madeira em tora e madeira serrada com espessura superior a 250 mm (MMA; IBAMA, 2022). Já a Portaria MAPA nº 514/2022 estabelece procedimentos de fiscalização e certificação fitossanitária para embalagens, suportes ou peças de madeira bruta utilizadas no acondicionamento de mercadorias importadas ou exportadas pelo Brasil, com o objetivo de prevenir a disseminação de pragas e garantir a conformidade sanitária nas operações de comércio exterior (MAPA, 2022).

Diante desse conjunto regulatório, as empresas exportadoras devem observar rigorosamente os requisitos legais e documentais aplicáveis à cadeia de produção, transporte e exportação. Entre os principais documentos exigidos estão o DOF, que comprova a procedência legal do material; o certificado fitossanitário, que atesta a ausência de pragas e doenças; a nota fiscal de exportação, utilizada para fins fiscais e comerciais; o conhecimento de embarque, que comprova o carregamento da mercadoria; e a fatura comercial, na qual são descritos o produto, suas características e seu valor.

Além das normas internas, o Brasil está vinculado a instrumentos internacionais que influenciam o comércio de produtos florestais. Entre eles, destaca-se a Convenção sobre o Comércio Internacional das Espécies Ameaçadas de Fauna e Flora Selvagens — CITES, além das diretrizes aplicáveis no âmbito da Organização Mundial do Comércio — OMC. Mais recentemente, a Instrução Normativa IBAMA nº 28/2024 determinou que madeira serrada, compensados, laminados e madeiras transformadas provenientes de espécies listadas no Anexo II da CITES, quando destinadas à exportação, devem ser acompanhadas da Licença de Exportação CITES (MMA; IBAMA, 2024).

O manejo florestal sustentável deve ser entendido como instrumento de administração planejada da floresta, orientado à obtenção simultânea de benefícios econômicos, sociais e ambientais, sem comprometer os mecanismos ecológicos que sustentam o ecossistema manejado (Bliacheris, 2011). Em florestas tropicais, a literatura especializada destaca a necessidade de adoção de horizontes temporais compatíveis com ciclos de corte prolongados, geralmente medidos em décadas, de modo a permitir a regeneração natural e a manutenção da capacidade produtiva da área explorada (Silva, José De Arimatéa, 1996).

A regulamentação do manejo florestal no Brasil foi construída de forma gradual. Desde o Código Florestal de 1965, a exploração de florestas primitivas na Bacia Amazônica passou a depender de planos técnicos de condução e manejo (Silva, José De Arimatéa, 1996). Contudo, sua regulamentação efetiva ocorreu posteriormente, mediante a edição de normas que definiram princípios, diretrizes e procedimentos específicos para a exploração sustentável dos recursos florestais. Esse processo normativo foi fundamental para diferenciar a exploração convencional da produção juridicamente orientada por plano técnico aprovado pelos órgãos competentes (Bliacheris, 2011; Silva, José De Arimatéa, 1996).

Nesse cenário, a certificação florestal consolidou-se como mecanismo voluntário, de natureza técnica e mercadológica, voltado à verificação de práticas de manejo responsável. A literatura identifica o Forest Stewardship Council (FSC) como uma das certificações mais relevantes no setor florestal, por incorporar critérios ambientais, sociais e econômicos (Fagundes *et al.*, 2024). Todavia, a certificação não substitui o cumprimento das exigências legais nem a aprovação do plano de manejo; trata-se de instrumento adicional de verificação, rastreabilidade, diferenciação comercial e comunicação de sustentabilidade (Bliacheris, 2011).

As motivações para adoção da certificação FSC estão associadas, principalmente, ao acesso a mercados, ao atendimento de exigências de compradores, ao ganho de competitividade, à melhoria da imagem institucional, à rastreabilidade da origem florestal, à conformidade regulatória, ao aprendizado organizacional e ao compromisso ético com práticas

sustentáveis (Fagundes *et al.*, 2024). Dessa forma, a certificação atua tanto como instrumento de governança produtiva quanto como fator de posicionamento estratégico em mercados mais exigentes.

A adoção da certificação florestal, contudo, ocorre de maneira desigual em âmbito global. Estudo econométrico com painel de 150 países, no período de 2002 a 2020, identificou associação positiva entre a densidade de certificações FSC e Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC), e fatores como qualidade da governança, PIB per capita, participação das exportações de produtos florestais destinadas à Europa e orientação exportadora do setor florestal (Bösch, 2025). A pesquisa também aponta a relevância das organizações ambientais nesse processo, embora seus efeitos variem conforme o esquema certificatório analisado.

No caso do manejo florestal comunitário na Amazônia, estudos de caso demonstram que a articulação entre conhecimento tradicional e conhecimento técnico-científico pode viabilizar experiências de referência em produção florestal sustentável (Waldhoff; Vidal, 2019). A atuação de instituições de apoio, a realização de treinamentos, os intercâmbios técnicos, o planejamento participativo e a certificação FSC contribuíram para qualificar as práticas produtivas e ampliar a legitimidade dos projetos junto a outros extratores da região.

Apesar desses avanços, a literatura também evidencia entraves estruturais à consolidação do manejo comunitário. Mudanças frequentes nas políticas públicas e nas normas ambientais, dificuldades de regularização fundiária, centralização administrativa, insuficiência de recursos humanos capacitados e ausência de estratégias específicas de empoderamento dos manejadores podem comprometer a continuidade dessas iniciativas (Waldhoff; Vidal, 2019).

1.1.2 Legislação internacional

O comércio de madeira serrada tropical brasileiro enfrenta desafios como a concorrência internacional, a necessidade de garantir a sustentabilidade da produção e a crescente demanda por produtos certificados. O cumprimento das regulamentações é essencial para assegurar a legalidade e a competitividade do setor no mercado global.

O Brasil é membro do Acordo Internacional de Madeiras Tropicais desde 1994, embora sua promulgação tenha ocorrido posteriormente. Esse acordo tem como objetivo promover a expansão e diversificação do comércio internacional de madeiras tropicais provenientes de florestas manejadas de forma sustentável e legalmente extraídas. Além disso, reforça os

compromissos com a conservação ambiental e o comércio responsável desses recursos (Brasil, Presidência da República, 2014).

No âmbito internacional, a CITES desempenha um papel crucial, devido regular o comércio de espécies de madeira ameaçadas de extinção, estando listadas no Anexo II da convenção (Cites, 2024). Isso significa que a exportação dessas espécies requer licenças específicas e comprovação de origem legal e sustentável. Além de promover a cooperação entre países para monitorar e controlar o comércio de madeira, contribuindo para a conservação das florestas tropicais.

1.1.2.1 Estados Unidos (EUA)

Nos Estados Unidos (EUA), a Lei Lacey, em 2009, passou a exigir a declaração obrigatória para a importação de madeira serrada. Regulamentada pelo Serviço de Inspeção Sanitária Animal e Vegetal (Animal and Plant Health Inspection Service - APHIS) do Departamento de Agricultura dos EUA, a lei impõe a necessidade de que as empresas informem a espécie e a origem da madeira (USDA, 2024).

A ampliação da Lei Lacey representou um marco internacional no combate ao comércio ilegal de madeira, tornando os Estados Unidos um dos primeiros grandes mercados consumidores a adotar mecanismos obrigatórios de controle da legalidade florestal. A legislação estabelece responsabilidade direta para importadores, exportadores, comerciantes e demais agentes da cadeia produtiva, independentemente de eventual desconhecimento sobre a origem ilegal da madeira (FGP, 2026b; USDA, 2026). Dessa forma, empresas passaram a adotar sistemas de rastreabilidade, auditoria e verificação documental como mecanismos de mitigação de riscos comerciais e legais.

A legislação prevê sanções administrativas, civis e criminais para infrações, incluindo multas elevadas, apreensão e confisco de mercadorias, perda de embarques e responsabilização judicial (FGP, 2026b; USDA, 2026). A severidade das penalidades fez com que a Lei Lacey se tornasse uma importante referência global em matéria de *due diligence* e conformidade florestal, influenciando posteriormente legislações semelhantes adotadas pela União Europeia, Austrália e Reino Unido.

1.1.2.2 União Europeia (UE)

Na União Europeia (UE), o Regulamento da UE sobre Madeira (EUTR), estabelecido pelo Regulamento (UE) nº 995/2010, é uma das legislações mais rigorosas. O EUTR proíbe a colocação no mercado europeu de madeira ilegalmente explorada e exige que os importadores

implementem sistemas de *due diligence* para garantir a legalidade da madeira. Isso inclui a rastreabilidade da cadeia de suprimentos e a comprovação de que a madeira foi extraída de acordo com as leis do país de origem (UE, 2010). Além disso, a UE estabeleceu Acordos de Parceria Voluntária (APV) com países exportadores de madeira, como Indonésia e Gana, para garantir que a madeira exportada para a Europa seja legal. Esses acordos incluem sistemas de licenciamento e verificação, fortalecendo a governança florestal nos países envolvidos.

O Regulamento Europeu sobre Produtos Livres de Desmatamento (European Union Deforestation Regulation – EUDR), instituído pelo Regulamento (UE) 2023/1115, representa atualmente o principal marco regulatório internacional voltado ao controle das cadeias produtivas associadas ao desmatamento (Union, [S.d.]). A regulamentação substitui progressivamente o antigo EU Timber Regulation (EUTR), ampliando significativamente as exigências relacionadas à rastreabilidade, legalidade e monitoramento ambiental da cadeia da madeira comercializada no mercado europeu (FGP, 2026a; Union, [S.d.]).

De acordo com a Comissão Europeia, o EUDR foi criado com o objetivo de assegurar que os produtos consumidos na União Europeia não contribuam para o desmatamento ou degradação florestal em qualquer parte do mundo, buscando simultaneamente reduzir emissões de gases de efeito estufa e perda de biodiversidade (Union, [S.d.]). No caso da madeira, a regulamentação abrange tanto madeira in natura quanto produtos transformados, incluindo madeira serrada, móveis, papel, carvão vegetal e outros derivados florestais listados no Anexo I da norma (FGP, 2026a).

As atualizações mais recentes do EUDR ocorreram entre 2025 e 2026, motivadas por preocupações de Estados-membros, empresas e setores produtivos quanto à complexidade operacional do sistema e à preparação das plataformas digitais europeias (Union, [S.d.]). Em dezembro de 2025, a União Europeia aprovou uma revisão específica da regulamentação, prorrogando sua entrada em aplicação para o final do ano de 2026 para grandes e médias empresas; e final do primeiro semestre de 2027 para micro e pequenas empresas (FGP, 2026a).

Além do adiamento, foram incorporadas medidas de simplificação administrativa voltadas principalmente aos operadores de menor porte e aos agentes situados nas etapas posteriores da cadeia de comercialização. Entre as alterações mais relevantes destacam-se: simplificação das declarações de *due diligence*; redução de exigências documentais para pequenos operadores; e ajustes nos requisitos de geolocalização em determinados casos específicos.

Em maio de 2026, a Comissão Europeia publicou um novo pacote de implementação e simplificação do EUDR (FGP, 2026a). Apesar das flexibilizações administrativas recentes, o

núcleo central do regulamento foi mantido, especialmente no que se refere à madeira e produtos florestais. Permanece obrigatória a demonstração de que a madeira comercializada na União Europeia não está vinculada ao desmatamento recente nem à degradação florestal.

1.1.2.3 Japão

O Japão possui uma das principais legislações asiáticas voltadas ao combate ao comércio de madeira ilegal, denominada Clean Wood Act (Act on Promotion of Distribution and Use of Legally Harvested Wood and Wood Products). A legislação foi promulgada em 2016 e entrou em vigor em maio de 2017, tendo como principal objetivo promover a circulação e o uso de madeira e produtos madeireiros provenientes de colheita legal, tanto no território japonês quanto em países exportadores (FGP, 2025).

Inicialmente, o Clean Wood Act possuía caráter predominantemente voluntário. O sistema incentivava empresas da cadeia madeireira a adotar mecanismos de verificação da legalidade da madeira, além de possibilitar o registro voluntário de operadores como fornecedores de madeira legal (FGP, 2025). Contudo, o modelo original foi considerado limitado diante do aumento das exigências internacionais de rastreabilidade e controle da origem florestal.

Em razão disso, o Japão aprovou em 2023 uma ampla revisão da legislação, conhecida como Revised Clean Wood Act, cuja implementação passou a ocorrer em abril de 2025 (FGP, 2025). A atualização fortaleceu significativamente o sistema japonês de controle da legalidade da madeira, especialmente para madeira importada e produtos florestais comercializados no mercado interno.

Entre os mecanismos aceitos para comprovação da legalidade da madeira estão: certificados emitidos pelo país de origem; documentos oficiais de exploração florestal; certificações reconhecidas internacionalmente, como FSC (Forest Stewardship Council) e PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification) (FGP, 2025). O sistema é administrado principalmente pela Agência Florestal do Japão (Forestry Agency of Japan), vinculada ao Ministério da Agricultura, Florestas e Pesca.

1.1.2.4 China

A China possui como principal instrumento jurídico florestal a Forest Law of the People's Republic of China, originalmente promulgada em 1984 e amplamente revisada em 2019, com entrada em vigor em julho de 2020 (China, 2019). A legislação estabelece os princípios gerais de proteção, conservação, utilização sustentável e gestão dos recursos

florestais no território chinês, incluindo atividades relacionadas à exploração, transporte, processamento e comercialização de madeira e produtos florestais.

A revisão de 2019 representou uma das mais importantes atualizações da política florestal chinesa nas últimas décadas, ampliando significativamente o número de dispositivos legais e fortalecendo mecanismos de proteção ambiental, governança florestal e controle da cadeia produtiva da madeira (China, 2019). A nova versão da lei passou de 49 para 84 artigos, incorporando temas relacionados à segurança ecológica, manejo sustentável, certificação florestal, fiscalização e responsabilidade legal.

Entre os principais avanços introduzidos pela legislação está a proibição explícita da compra, processamento ou transporte de madeira obtida ilegalmente. O Artigo 65 da nova lei determina que nenhuma pessoa física ou jurídica poderá adquirir, transportar ou processar madeira cuja origem ilegal seja conhecida ou claramente identificável, incluindo madeira proveniente de corte ilegal ou exploração predatória (China, 2019).

A legislação também estabelece sistemas de controle relacionados: à autorização de exploração florestal, ao licenciamento de corte, à definição de cotas anuais de exploração, ao monitoramento do uso do solo florestal e à proteção de áreas ecologicamente sensíveis (Legal framework for forest management and timber trade of China, [S.d.]). Outro aspecto relevante é a adoção de mecanismos de responsabilidade governamental sobre metas de proteção e recuperação florestal. A lei prevê sistemas de avaliação de desempenho ambiental para governos locais, além da possibilidade de implementação do chamado “forest director system”, modelo de governança territorial voltado ao monitoramento da conservação dos recursos florestais (China, 2019).

No contexto da madeira serrada e do comércio internacional de produtos florestais, a China ocupa posição estratégica como um dos maiores importadores, processadores e exportadores mundiais de madeira tropical. Embora o país ainda não possua um sistema nacional de *due diligence* equivalente ao EUDR ou ao Lacey Act, a revisão da Forest Law sinalizou avanço importante na tentativa de reduzir riscos associados à entrada de madeira ilegal no mercado chinês.

1.2 PANORAMA GERAL DO SETOR DE MADEIRA SERRADA

O mercado global de madeira serrada de espécies não coníferas (folhosas) caracteriza-se por uma elevada concentração produtiva e por fluxos comerciais ditados por grandes economias continentais. Entre os anos de 1995 e 2024, a produção mundial acumulada atingiu

a marca de aproximadamente 3,91 bilhões de m³, sendo que mais de 50% desse volume concentrou-se em apenas três países: China Continental (17,82%), Estados Unidos (17,69%) e Índia (16,94%) (FAO, 2025). Esse cenário reflete a disponibilidade de recursos florestais e a consolidação de parques industriais voltados ao processamento primário da madeira para atender às demandas internas e externas.

Nesse contexto, o Brasil destaca-se como o quarto maior produtor mundial de madeira serrada de não coníferas, respondendo por 6,53% da produção global, equivalente a aproximadamente 255 milhões de m³ no período analisado (FAO, 2025). O país apresenta elevada produtividade florestal e um mercado interno em expansão, fatores que contribuem para a competitividade do setor florestal nacional. Nas últimas décadas, a atividade florestal consolidou-se como um segmento estratégico da economia brasileira, caracterizado por processos produtivos orientados à sustentabilidade e pela transferência de riqueza para outros setores econômicos (Hoisel *et al.*, 2023).

A trajetória da produção brasileira passou por importantes transformações ao longo do tempo. Segundo Perez e Bacha (2006), até a década de 1970 a produção concentrava-se na região Sul, baseada principalmente em espécies coníferas, com destaque para a araucária (Hoisel *et al.*, 2023). A partir da década de 1980, observou-se a migração da indústria para a região Norte, impulsionada pela exploração de espécies folhosas nativas. No início da década de 1990 ocorreu uma desaceleração da produção nortista, paralelamente à retomada do reflorestamento nas regiões Sul e Sudeste. Já a partir dos anos 2000, a produção de madeira serrada de não coníferas voltou a crescer, configurando uma estrutura produtiva bipolarizada.

No comércio internacional, o Brasil apresenta uma dinâmica distinta da observada em outros grandes produtores tropicais. O país ocupa a sexta posição entre os maiores exportadores mundiais, participando com 3,99% das exportações globais de madeira serrada não conífera. Entretanto, apenas 10,2% da produção nacional foi destinada ao mercado externo durante o período analisado. Em contraste, países como Tailândia e Malásia apresentam coeficientes de exportação superiores a 50%, com participações relativas de 9,91% e 10,94%, respectivamente, atuando como importantes fornecedores para o mercado asiático (FAO, 2025).

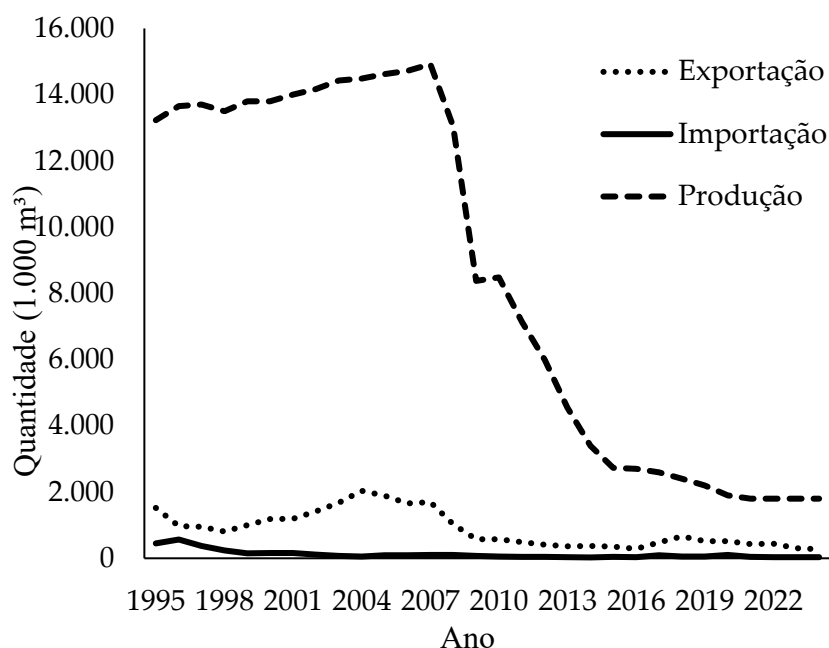
Historicamente, até o início da década de 1990, a produção brasileira era direcionada majoritariamente ao mercado interno. Contudo, a partir de 1992, o aumento da produção possibilitou a formação de excedentes exportáveis, ampliando a inserção do país no comércio internacional (Hoisel *et al.*, 2023). Dados da Organização das Nações Unidas para a

Alimentação e a Agricultura (FAO) indicam que, entre 1990 e 2008, houve crescimento expressivo das exportações brasileiras de madeira serrada, impulsionado principalmente por ganhos de competitividade externa (Hoisel *et al.*, 2023). Entretanto, após 2007 observou-se retração das exportações do setor.

No lado das importações, o Brasil apresenta participação reduzida no mercado internacional, correspondendo a apenas 0,52% das importações mundiais e ocupando a 32ª posição entre os maiores importadores (FAO, 2025). Esse padrão evidencia a predominância do mercado interno como principal destino da produção nacional e a limitada integração do setor brasileiro às cadeias globais de valor quando comparado a outras economias produtoras.

A análise da série histórica revela um divisor de águas na trajetória nacional. Até o ano de 2007, a produção brasileira mantinha-se em patamares robustos, superiores a 14 milhões de m³ anuais, como observado na Figura 1.1. A partir de 2008, observa-se um declínio acentuado e estrutural da produção, que passou a se estabilizar em níveis significativamente inferiores na última década. Segundo Silva e Maciel (2022), o período entre 2007 e 2009 corresponde ao único momento em que os volumes de produção nacional e mundial apresentaram comportamento semelhante, refletindo os efeitos da crise financeira internacional sobre o setor (Hoisel *et al.*, 2023; KLOCZKO *et al.*, 2017).

Figura 1.1 - Dinâmica temporal do desempenho produtivo e comercial da madeira serrada não conífera no Brasil (1995–2024).



Fonte: Elaborado pela própria autora (2026) com os dados da FAO (FAO, 2025).

Fora desse intervalo, as trajetórias mostraram-se distintas: no Brasil, a produção manteve tendência de crescimento até 2007, seguida por uma fase de retração que se estendeu até 2013. Em contraste, a produção mundial apresentou comportamento decrescente até 2003, registrou uma recuperação moderada entre 2003 e 2007, permaneceu relativamente estagnada até 2009 e voltou a crescer de forma contínua até 2013 (KLOCZKO *et al.*, 2017). Dessa forma, a convergência observada entre 2007 e 2009 constitui uma exceção dentro de um contexto histórico marcado por dinâmicas produtivas diferenciadas entre o Brasil e o restante do mundo.

Conforme evidenciado na Figura 1.1, independentemente das variações observadas na produção, as curvas de exportação e importação permaneceram relativamente baixas e constantes ao longo da série histórica. Esse comportamento reforça a forte vinculação do setor de madeira serrada não conífera ao mercado interno, que absorve aproximadamente 90% da produção nacional e sustenta segmentos como a construção civil, a infraestrutura e a indústria moveleira.

Além dos efeitos da crise econômica mundial, o setor brasileiro enfrenta limitações estruturais que afetam sua competitividade, incluindo deficiências na infraestrutura logística, dificuldade de acesso às linhas de fomento florestal, burocracia regulatória, elevadas taxas de juros e alta carga tributária (Hoisel *et al.*, 2023; KLOCZKO *et al.*, 2017). Adicionalmente, pesquisadores destacam limitações relacionadas à modernização produtiva, à insuficiência de plantios florestais nas regiões Sul e Sudeste e aos impactos ambientais associados à exploração predatória na Amazônia (Castro *et al.*, 2012). A crescente utilização de materiais substitutos, como painéis reconstituídos de madeira, vidro, aço, alumínio e polivinila (empregado na fabricação de forros de PVC), também tem ampliado a concorrência no mercado e imposto desafios adicionais à expansão da indústria nacional de madeira serrada (Hoisel *et al.*, 2023; KLOCZKO *et al.*, 2017).

Em âmbito internacional, Petruski *et al.* (2012) identificaram o Canadá como o principal exportador mundial de madeira serrada entre 2000 e 2007, beneficiado por melhores condições tecnológicas e de infraestrutura (Hoisel *et al.*, 2023). De acordo com o estudo que avaliou a competitividade do Brasil e dos principais exportadores mundiais no período de 1990 a 2020 demonstrou que o Canadá apresentou o maior nível de competitividade no comércio internacional de madeira serrada, seguido por Suécia, Finlândia, Rússia e Brasil (Hoisel *et al.*, 2023). Embora o país não tenha alcançado os níveis observados nos líderes do setor, verificou-se evolução positiva dos indicadores médios e das taxas anuais de crescimento, evidenciando o fortalecimento gradual da competitividade brasileira nas últimas décadas.

Ao analisar a relação entre exportações e produção, observa-se que o Brasil apresenta desempenho superior à média mundial, evidenciando uma orientação exportadora relativamente mais elevada. Enquanto a participação das exportações brasileiras variou entre 4% e 14% da produção, a média mundial oscilou entre 2% e 9% (KLOCZKO *et al.*, 2017). Em suma, o setor de madeira serrada não conífera caracteriza-se por uma base produtiva sólida em países de clima tropical e temperado, onde o Brasil se mantém como um player estratégico, apresentando um perfil predominantemente exportador e de baixo volume de importação (Silva, Liniker Fernandes da; Silva; Cordeiro, 2012).

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os fatores que condicionam o desempenho das exportações brasileiras de madeira serrada tropical, com ênfase na identificação dos principais determinantes da demanda internacional pelo produto.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estimar a demanda das exportações brasileiras de madeira serrada tropical, com base em abordagem de séries temporais;
2. Identificar condicionantes que influenciam a demanda exportável do setor;
3. Mensurar as elasticidades associadas aos modelos estimados, a fim de avaliar a sensibilidade das exportações brasileiras de madeira serrada tropical frente a variações econômicas relevantes.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

A madeira serrada, produto objeto desse estudo, refere-se à madeira obtida diretamente do desdobro longitudinal de toras ou toretes de espécies folhosas (angiospermas), por meio de serragem ou desbaste perfilado, com espessura superior a 6 mm, resultando em peças de seção predominantemente retangular ou quadrada, tais como tábuas, pranchas, vigas, caibros, ripas e dormentes (FAO, 2022; MMA; IBAMA, 2014). O produto pode apresentar-se nas formas não aplainada ou aplainada, sendo classificado conforme suas dimensões. Excluem-se dessa definição os pisos de madeira, as peças com perfil contínuo ao longo de suas bordas ou faces e a madeira obtida por reproprocessamento de peças previamente serradas.

No âmbito do Acordo Internacional sobre Madeira Tropical, a madeira tropical é definida como a madeira não conífera destinada a usos industriais, originária de espécies que crescem ou são produzidas em países localizados entre os Trópicos de Câncer e de Capricórnio, abrangendo, entre outros produtos, toras, madeira serrada, lâminas e compensados (FAO, 2022). Para fins deste estudo, o objeto central de análise corresponde à madeira serrada tropical brasileira. As informações estatísticas foram delimitadas segundo as Nomenclaturas Comum do Mercosul (NCM) e suas respectivas desagregações nas subposições do Sistema Harmonizado (SH6), extraídas da base de dados da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC).

Conforme sistematizado no Quadro 3.1, a seleção abrange não apenas a madeira serrada de origem tropical — discriminada comercialmente por espécies como Cedro, Ipê, Pau-marfim e Louro —, mas também categorias de madeira serrada de coníferas (não tropicais). A inclusão destas últimas na base de dados justifica-se pela sua utilidade direta na modelagem econométrica, atuando como o principal produto substituto na composição da função de demanda no mercado internacional.

Quadro 3.1 - Classificação das madeiras serradas utilizadas na pesquisa.

Sistema Harmonizado (SH6)	Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM)	Descrição	Período de disponibilidade dos dados
440729	44072910	Cedro	2000 - 2025
	44072920	Ipê	2000 - 2025
	44072930	Pau-marfim	2000 - 2012 e 2014 - 2015
	44072940	Louro	2000 - 2022

Sistema Harmonizado (SH6)	Nomenclatura Comum do Mercosul (NCM)	Descrição	Período de disponibilidade dos dados
	44072990	Outras madeiras tropicais	2000 - 2025
440710	44071000	Coníferas	2000 - 2017
440711	44071100	Pinheiro (<i>Pinus spp.</i>)	2017 - 2025
440719	44071900	Outras coníferas	2017 e 2019 - 2025

3.2 BASE E FONTE DE DADOS

A pesquisa utilizou séries temporais de periodicidade mensal, compreendendo o período de janeiro de 2000 a novembro de 2025, totalizando 311 observações. O delineamento deste corte temporal justifica-se pela busca de estabilidade macroeconômica e previsibilidade estatística, isolando o modelo dos efeitos de quebra estrutural decorrentes da transição brasileira para o regime de câmbio flutuante, ocorrida ao longo de 1999.

Os dados foram extraídos das seguintes bases e repositórios oficiais: Sistema de Estatísticas de Comércio Exterior do Brasil (Comex Stat), mantido pela Secretaria de Comércio Exterior (SECEX) do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC); banco de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEADATA); e a plataforma de dados econômicos do *Federal Reserve Bank of St. Louis* (FRED).

As variáveis estruturadas para o modelo econométrico estão descritas a seguir (dados constam nos Anexos I e II):

- **Quantidade exportada de madeira serrada tropical (*XT*):** *Quantum* mensal exportado pelo Brasil, mensurado na unidade estatística de metros cúbicos (m³) (SECEX, 2026).
- **Valor das exportações de madeira serrada tropical (*VT*):** Receita bruta mensal das exportações brasileiras, mensurada na condição *Free on Board* (FOB) e expressa em dólares americanos (US\$) (SECEX, 2026).
- **Preço das exportações de madeira serrada tropical (*PT*):** Preço unitário FOB, obtido pela razão entre o valor total (*VT*) e a quantidade exportada (*XT*). A série em dólares foi convertida para a moeda nacional utilizando a taxa de câmbio nominal média mensal (*TC*) e deflacionada pelo índice de inflação IPA-10 (SECEX, 2026).
- **Quantidade exportada de madeira serrada de coníferas (*XS*):** *Quantum* físico mensal exportado do produto substituto, mensurado em metros cúbicos (m³) (SECEX, 2026).

- **Valor das exportações de coníferas (*VS*):** Valor FOB total das exportações mensais do produto substituto, expresso em dólares americanos (US\$) (SECEX, 2026).
- **Preço das exportações de madeira serrada de coníferas (*PS*):** Preço unitário FOB do produto substituto, calculado pela razão entre *VS* e *XS*, convertido para reais (*TC*) e deflacionado pelo IPA-10.
- **Proxy de Cenário Econômico Mundial (*I*):** Variável indicadora do ambiente de negócios dos países importadores, representada pelo Índice de Incerteza da Política Econômica Global (GEPUCURRENT - *Global Economic Policy Uncertainty Index*). O indicador consiste em uma média ponderada pelo PIB dos índices nacionais de incerteza de 20 das principais economias centrais e emergentes mundiais (Global Economic Policy Uncertainty Index, 2026). A adoção dessa variável justifica-se pela indisponibilidade de séries mensais de renda ou PIB mundial, que abranjam integralmente o período amostral estudado. Visto que, indicadores tradicionais de renda, como o PIB mundial, são divulgados em frequência trimestral ou anual, o GEPUCURRENT constitui a alternativa mais adequada para capturar as condições macroeconômicas dos mercados importadores.
- **Índice de Preços ao Produtor Amplo - 10 (*IPA-10*):** Indicador de inflação de atacado adotado como deflator padrão metodológico para expurgar a inflação brasileira de todas as séries monetárias nominais (IPEA, 2025).
- **Taxa de Câmbio Nominal (*TC*):** Cotação média mensal comercial de venda (R\$/US\$), utilizada para conversão de valores em dólares para reais (IPEA, 2025).

3.3 FORMULAÇÃO DO MODELO E DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS

A demanda por exportações brasileiras de madeira serrada tropical é analisada por meio de um modelo econométrico capaz de captar a relação entre o *quantum* exportado e seus principais determinantes econômicos. O modelo de demanda proposto é dado por:

$$\ln Q_t^D = \beta_0 + \beta_1 \ln PT_t^D + \beta_2 \ln PS_t + \beta_3 \ln I_t + \varepsilon_2 \quad (2)$$

Em que:

Q_t^d = *quantum* demandado de exportações de madeira serrada tropical brasileiras;

PT = preço FOB (unitário) das exportações de madeira serrada tropical brasileiras;

PS = preço FOB (unitário) do produto substituto (madeira serrada de coníferas brasileiras);

I = proxy de atividade econômica mundial;

ε_2 = termo estocástico.

Conforme a lei fundamental da demanda, postula-se que o valor FOB das exportações brasileiras de madeira serrada tropical (PX^D) apresente uma relação inversa, ou seja, tenha sinal negativo ($\beta_1 < 0$). Isso implica que um incremento em PX^D resultará em uma redução da quantidade demandada (X) (ANGELO; HOSOKAWA; BERGER, 1998; Krugman; Obstfeld; Melitz, 2018).

No que se refere aos preços dos produtos substitutos, madeira serrada de coníferas (VS), não é possível estabelecer, a priori, o sinal esperado do respectivo coeficiente, uma vez que podem se comportar tanto como um bem substituto quanto complementar no mercado internacional (ANGELO; HOSOKAWA; BERGER, 1998; Brasil, Alexandre *et al.*, 2004). Ainda assim, essa relação indica que um aumento no VS tende a estimular o deslocamento da demanda de consumidores e importadores em direção à madeira serrada tropical brasileira, a qual passa a apresentar maior competitividade em termos relativos (ANGELO; HOSOKAWA; BERGER, 1998; Brasil, Alexandre *et al.*, 2004).

Para a atividade econômica dos países importadores (I) presume-se uma relação positiva ($\beta_5 > 0$), pois o crescimento I impulsiona a demanda por produtos florestais, que é uma demanda derivada de bens finais, como habitações e manufaturas (Sills; Abt, 2013).

3.4 ESTIMAÇÃO E AVALIAÇÃO DO MODELO

Para atingir os objetivos propostos, adotou-se a especificação funcional log-log (duplo-log), na qual as variáveis dependentes e explicativas são transformadas por meio do logaritmo natural. Essa especificação permite a interpretação direta dos parâmetros como elasticidades e mostra-se adequada para a modelagem de relações não lineares, que se tornam lineares nos parâmetros após a transformação (Gujarati, 2006; Matos, 2000; Pedace, 2013).

A análise econométrica consolidou-se como ferramenta essencial na economia moderna para avaliar as respostas de curto prazo dos sistemas econômicos às mudanças nas condições de mercado e choques externos (Castro *et al.*, 2012). No setor florestal, onde estudos quantitativos sobre a oferta e a demanda de madeira ainda são escassos e o comportamento dos agentes econômicos demanda maior compreensão, a modelagem econométrica fornece a estrutura teórica necessária para identificar os determinantes da dinâmica de mercado e quantificar as relações de sensibilidade entre as variáveis (Castro *et al.*, 2012).

O processo de estimação e diagnóstico do modelo seguiu um protocolo de análise estruturado em etapas sequenciais. Primeiramente, consistiu na verificação de estacionariedade das séries temporais por meio da aplicação do teste de raiz unitária Augmented Dickey-Fuller (ADF). Esse procedimento foi aplicado inicialmente em todas as séries em logaritmo. Caso alguma série apresentasse comportamento não estacionário em nível, estabeleceu-se a regra de aplicar a transformação de primeira diferença (Δ) nos dados antes de prosseguir, mitigando o risco de regressões espúrias (Castro *et al.*, 2012; Gujarati, 2006).

Em seguida, procedeu-se à verificação da estabilidade estrutural do modelo por meio do Teste de Chow. Para avaliar se os parâmetros da regressão permanecem constantes ao longo do período amostral ou se ocorre uma quebra estrutural em um ponto específico da série temporal, situação em que os coeficientes estimados diferem de forma significativa entre os subperíodos (Chow, 1960; Gujarati, 2006).

A hipótese nula do Teste de Chow postula a ausência de quebra estrutural, enquanto a hipótese alternativa indica que os parâmetros se alteram a partir do ponto testado. Caso o teste indique quebra estrutural estatisticamente significativa ($p < 0,05$), o modelo deve incorporar essa mudança antes dos demais testes de diagnóstico, o que pode ser feito por meio da inclusão de variáveis *dummy* de intercepto, de inclinação ou de ambos os tipos, a depender da natureza da ruptura identificada (Greene, 2018; Gujarati, 2006; Hansen, 2001).

Depois da validação prévia, procedeu-se à verificação de multicolinearidade por meio do cálculo do Fator de Inflação da Variância (Variance Inflation Factor - VIF) para cada variável explicativa (Hair *et al.*, 2009). O intuito deste teste é verificar se a matriz de regressores apresenta colinearidade excessiva, o que comprometeria a estabilidade das estimativas. O VIF de cada variável X_j é definido como:

$$VIF(X_j) = \frac{1}{1 - R_j^2} \quad (3)$$

Em que R_j^2 é o coeficiente de determinação obtido na regressão da variável independente X_j contra todas as demais variáveis explicativas do modelo. O critério de referência adotado para a análise do indicador estabelece que:

- $VIF < 5$ indica ausência de multicolinearidade;
- $5 \leq VIF < 10$ aponta para uma multicolinearidade moderada; e
- $VIF \geq 10$ sinaliza multicolinearidade severa, indicando potencial comprometimento da estabilidade e inflação da variância das estimativas.

Aferida a adequação das séries, prosseguiu-se na estimação dos parâmetros realizada por meio do método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), englobando as variáveis definidas e as *dummies* de controle. O MQO é o procedimento clássico para estimar modelos lineares quando as covariáveis são exógenas, ou seja, quando não há simultaneidade entre os determinantes e a variável dependente, de modo que as covariáveis podem ser tratadas como vindas “de fora do sistema” (Gujarati, 2006; Matos, 2000; Wooldridge, 2009). Sob essas condições, o MQO fornece estimadores não viesados, consistentes e eficientes, além de permitir inferência estatística baseada na distribuição amostral dos estimadores.

Subsequentemente, avaliou-se a hipótese de ausência de autocorrelação serial nos termos de distúrbio estocástico por meio do teste *d* de Durbin-Watson (Durbin; Watson, 1950). Diante do uso de séries temporais de alta frequência, caso seja detectada a presença de dependência temporal de primeira ordem nos resíduos, adota-se o procedimento iterativo de Cochrane-Orcutt (Cochrane; Orcutt, 1949). Este método assume uma estrutura autorregressiva de primeira ordem – AR(1) – para os resíduos, descrita por:

$$\varepsilon_t = \rho\varepsilon_{t-1} + u_t, \quad u_t \sim IID(0, \sigma_u^2), \quad |\rho| < 1 \quad (4)$$

O procedimento baseia-se na estimação do parâmetro ρ e na subsequente transformação de quase-diferenciação das variáveis originais do sistema. A sexta etapa englobou a reestimação do modelo estrutural por MQO sobre as variáveis transformadas. O algoritmo foi programado para iterar até a eliminação da autocorrelação (estatística DW convergindo para próximo a 2,00). Estabeleceu-se o critério restritivo de que, caso o procedimento ultrapassasse 20 iterações sem atingir a convergência, a iteração seria interrompida.

Seguindo, compreendeu-se a adequação estatística e a inferência final do modelo estrutural definitivo. A validação baseou-se no teste *F* de Snedecor para a significância global e no teste *t* de Student para a verificação das hipóteses de nulidade individual dos parâmetros (elasticidades), e no coeficiente de determinação (R^2) para a mensuração do grau de ajuste e do poder explicativo da regressão.

Complementarmente aos procedimentos de estimação e correção de autocorrelação, a adequação estatística do modelo foi verificada por meio de três testes adicionais de diagnóstico. O primeiro consiste no teste de Jarque-Bera, destinado a avaliar se os resíduos do modelo estimado seguem distribuição normal. O teste baseia-se nas medidas de assimetria e curtose da distribuição dos resíduos, sendo a hipótese nula de que os resíduos possuem distribuição

normal. A não rejeição dessa hipótese ($p > 0,05$) indica que os erros do modelo apresentam distribuição normal, condição que sustenta a validade assintótica dos testes t e F utilizados na inferência estatística (Gujarati, 2006).

O segundo teste aplicado foi o de Breusch-Pagan, com o objetivo de detectar a presença de heterocedasticidade nos resíduos, isto é, a variação não constante da variância do termo de erro ao longo das observações. A hipótese nula postula homoscedasticidade dos resíduos, ou seja, variância constante, enquanto a hipótese alternativa indica a presença de heterocedasticidade. A não rejeição de H_0 ($p > 0,05$) confirma que, o erro padrão, estimado por MQO, são eficientes e que a inferência estatística não requer correções adicionais (Greene, 2018; Gujarati, 2006).

O terceiro procedimento consistiu na aplicação do teste de cointegração de Engle-Granger, utilizado para verificar a existência de uma relação de equilíbrio de longo prazo entre variáveis integradas de mesma ordem. O teste consiste na estimação da regressão em nível e na aplicação do teste Augmented Dickey-Fuller (ADF) nos resíduos. Resíduos estacionários ($p < 0,05$) indicam cointegração, e confirmam que a regressão em nível não é espúria, enquanto a ausência de cointegração ($p \geq 0,05$) justifica a estimação em primeiras diferenças (Gujarati, 2006).

A operacionalização de todas as etapas metodológicas descritas, incluindo a manipulação das séries temporais, a estimação dos parâmetros e a execução dos testes de diagnóstico, foi integralmente realizada no ambiente de computação estatística R. Ressalta-se, ainda, que o desenvolvimento dos *scripts* (Anexo III) e a estruturação das rotinas computacionais empregadas na pesquisa contaram com o suporte da inteligência artificial Codex, a qual auxiliou na escrita, otimização e validação do código responsável por conduzir as análises econométricas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL E COMERCIAL DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE MADEIRA SERRADA

A análise descritiva da base de dados evidencia uma forte concentração regional das exportações brasileiras de madeira serrada tropical. A exportação possui sua origem majoritariamente ancorada no bioma amazônico, com destaque absoluto para o estado do Pará, responsável por 48,77% do volume escoado. Em seguida, figuram os estados de Mato Grosso (17,48%), Rondônia (13,94%) e Amazonas (3,75%) (SECEX, 2026). A exceção a essa dinâmica de dominância amazônica na pauta tropical é o estado do Paraná, que responde por 6,35% das exportações totais.

Ao considerar as espécies-alvo do estudo, observa-se que o Pará consolida sua liderança na exportação de madeiras de alto valor agregado, como cedro, ipê e louro. A singularidade da participação paranaense (PR) na pauta tropical restringe-se às exportações de pau-marfim. Por outro lado, quando analisado o comportamento do produto substituto (madeira serrada de coníferas), a dinâmica regional inverte-se drasticamente: o estado do Paraná desponta como o líder absoluto no escoamento internacional desse grupo, evidenciando uma clara segregação espacial entre a matriz produtiva tropical (Norte/Centro-Oeste) e a de coníferas (Sul).

Sob a ótica da demanda internacional, os parceiros comerciais também apresentam forte segmentação de acordo com o tipo de madeira. As madeiras serradas tropicais brasileiras destinam-se, principalmente, ao mercado europeu e asiático, sendo absorvidas pela França (14,98%), China (14,49%), Países Baixos (8,47%) e Espanha (6,13%). Em contraste, a demanda internacional pelas coníferas brasileiras concentra-se na bacia do Pacífico e na América do Norte, liderada por Taiwan (50,26%) e México (35,37%) (SECEX, 2026). Cabe ressaltar que os Estados Unidos atuam como um ponto de intersecção comercial estratégico, representando mercado relevante para ambos os segmentos, absorvendo 9,90% do volume tropical e 8,00% do volume de coníferas.

Por fim, a viabilidade desse fluxo de comércio internacional é intrinsecamente dependente da infraestrutura logística. Segundo os registros da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), o escoamento aduaneiro ocorre em maioria pela via marítima. Em menor escala de utilização, complementam a malha logística os modais rodoviário e fluvial — este último essencial para a articulação interna na bacia amazônica até os portos de transbordo —, seguidos por vias aéreas e condução por meios próprios, com participação residual nas operações de fronteira.

4.2 FATORES CONDICIONANTES DA DEMANDA POR MADEIRA SERRADA TROPICAL

Previamente à discussão das elasticidades estimadas, cumpre salientar que os resultados obtidos possuem natureza empírica, estando condicionados à especificação adotada, à qualidade dos dados e ao período amostral considerado. Cada coeficiente foi estimado no âmbito do modelo econométrico sob a hipótese de *ceteris paribus*, ou seja, assumindo-se que as demais variáveis são constantes (Calderon; Ângelo, 2006).

Entretanto, reconhece-se que, em contextos reais, tal condição dificilmente se verifica de forma plena, uma vez que as variáveis econômicas tendem a interagir simultaneamente (Calderon; Ângelo, 2006). Dessa forma, a interpretação dos parâmetros estimados deve ser conduzida com prudência analítica, compreendendo que os efeitos identificados representam variações na estrutura do modelo e não necessariamente relações causais isoladas em ambiente dinâmico.

Os resultados da estimação do modelo de demanda por exportações brasileiras de madeira serrada tropical indicam ajuste estatístico adequado, embora com diferenças relevantes em relação à especificação prevista. O teste de raiz unitária Augmented Dickey-Fuller (ADF) apontou que a série (Q^d) não é estacionária em nível (estatística ADF = -2,320; p = 0,441), enquanto as variáveis (PT^d), (PS) e (I) apresentaram estacionariedade. Em razão desse diagnóstico, a estimação principal foi conduzida em primeiras diferenças (Δ), para evitar o risco de regressões espúrias e garantir a consistência das estimativas (Castro *et al.*, 2012; Gujarati, 2006). Assim, obteve-se uma nova equação para análise, conforme demonstrado abaixo, e os coeficientes devem ser interpretados como relações entre variações logarítmicas, e não como elasticidades de longo prazo em nível.

$$\Delta \ln Q_t^D = \beta_0 + \beta_1 \Delta \ln PT_t^D + \beta_2 \Delta \ln PS_t + \beta_3 \Delta \ln I_t + \varepsilon_2 \quad (3)$$

Na sequência, procedeu-se ao Teste de Chow para verificação de estabilidade estrutural do modelo. O ponto de quebra foi estimado, automaticamente, por meio do procedimento *breakpoints*, que varre toda a extensão da série em busca do ponto ótimo de ruptura. O procedimento não identificou nenhum ponto de quebra, significativo ao nível de 5%, de modo que o modelo foi mantido sem variáveis *dummy* de controle estrutural (Chow, 1960; Hansen, 2001). Esse resultado implica que, os parâmetros da função de demanda, permaneceram estáveis ao longo do período amostral de 2000 a 202, inclusive durante eventos com potenciais

disruptivos, como a crise financeira global de 2008 e a pandemia de COVID-19, quando analisados na especificação em primeiras diferenças. A ausência de quebra estrutural detectável é relevante, pois elimina a necessidade de particionamento amostral ou inclusão de *dummies*, que poderiam reduzir os graus de liberdade e introduzir distorções nos testes de diagnóstico subsequentes.

Antes da estimação do modelo, foi realizado o teste de multicolinearidade por meio do fator de inflação da variância — VIF. Os resultados indicaram ausência de multicolinearidade relevante entre as variáveis explicativas, uma vez que todos os valores permaneceram substancialmente abaixo do limite crítico de 5. O maior VIF observado foi de 1,039 para (ΔPS), confirmando que não há evidências de correlação linear elevada entre os regressores. Esse resultado é esperado em modelos estimados em primeiras diferenças, uma vez que, a diferenciação das séries tende a eliminar tendências comuns, que poderiam gerar colinearidade espúria entre as variáveis em nível.

No modelo inicial estimado por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), o teste de Durbin-Watson apontou a presença de autocorrelação serial negativa nos resíduos ($d = 2,74$). Diante desse diagnóstico, aplicou-se o método iterativo de Cochrane-Orcutt. O procedimento obteve sucesso logo em sua primeira iteração, convergindo para um valor de d igual a 2,12, atestando a correção da dependência temporal, conforme demonstrado na Tabela 4.1.

O valor negativo de ρ confirma a estrutura de autocorrelação negativa, detectada pelo DW inicial, sendo consistente com o padrão esperado em séries diferenciadas de alta frequência (Greene, 2018). O modelo corrigido explicou 48% das variações de curto prazo na quantidade demandada (R^2 ajustado = 0,48) e apresentou alta significância global, confirmada pela estatística F de Snedecor ($F = 95,39$; $p < 0,01$).

Tabela 4.1- Medidas de ajuste e validação econométrica do modelo de demanda.

Estatística	MQO (Δ)	CO (Δ , corrigido)
R^2	0,5209	0,4841
R^2 ajustado	0,5162	0,4790
Erro Padrão Residual	0,2465	0,2290
Estatística F	110,90	95,39
p-valor (F)	$< 2,2e-16$	1,44e-43
d	2,742	2,126
ρ (Cochrane-Orcutt)	-	- 0,372

Nota: MQO = Mínimos Quadrados Ordinários; CO = Cochrane–Orcutt; F = teste F de Snedecor; d = teste de Durbin–Watson.

Entre as variáveis explicativas, a variação do preço da madeira serrada tropical (ΔPT^d) apresentou coeficiente negativo e significativo ao nível de 1% de probabilidade. O coeficiente estimado foi de -0,877, indicando que aumentos no preço estão associados à redução da quantidade demandada exportada, conforme esperado pela teoria econômica da demanda. Esse valor sugere que a demanda internacional pelo produto brasileiro é inelástica em relação ao preço FOB no curto prazo, indicando que uma variação positiva de 10% no preço gera uma contração imediata de 8,7% no volume demandado (Brasil, Alexandre Anders, 2002; Calderon; Ângelo, 2006; Gujarati, 2006).

Em relação ao produto substituto, o coeficiente referente à variação do preço da madeira serrada de coníferas (ΔPS) apresentou sinal positivo (0,028), mas não obteve significância estatística ao nível convencional de 5% ou 10% ($p = 0,20$). Isso indica que, no curtíssimo prazo, choques no preço das coníferas não deslocam a demanda global para a madeira tropical brasileira (Greene, 2018; Gujarati, 2006). Esse comportamento empírico é consistente com outros estudos, segundo os quais esses produtos configuram-se como substitutos imperfeitos, em que a substitutibilidade entre madeiras tropicais apresenta difícil explicação técnica quando considerada apenas sob o ponto de vista de suas características físicas (Almeida *et al.*, 2010; Brasil, Alexandre Anders, 2002).

Esse comportamento é consistente com a interpretação de Ângelo (1998), segundo a qual a demanda pelas exportações de produtos madeireiros brasileiros não decorre exclusivamente do excedente de produção interna, mas apresenta características próprias no mercado internacional (Brasil, Alexandre *et al.*, 2004). Nesse sentido, o resultado obtido para ΔPS , neste estudo, é coerente com a literatura e indica que a concorrência com a madeira serrada de coníferas se manifesta em horizontes de tempo mais longos ou em contextos de substituição estrutural. Esses fatores institucionais e estruturais contribuem para limitar o grau de substitutibilidade entre produtos, reforçando a natureza segmentada da demanda por madeira tropical brasileira no comércio internacional.

A variável *proxy* do cenário macroeconômico mundial, representada pela variação no Índice de Incerteza da Política Econômica Global (ΔI), obteve coeficiente positivo (0,232) e alta significância estatística ($p < 0,01$), uma variável significativa também a 1% de probabilidade no estudo de Calderon e Ângelo (Calderon; Ângelo, 2006). Ao contrário da expectativa de retração sob cenários instáveis, o modelo revela que uma elevação de 10% no grau de incerteza global impulsiona a demanda de curto prazo em 2,3%. Podendo ser interpretado como uma busca por ativos reais em períodos de instabilidade: diante da incerteza nos mercados financeiros, importadores de *commodities* florestais tendem a antecipar compras

ou a manter estoques maiores, como estratégia contra oscilações futuras de preço e disponibilidade (Morland; Schier; Weimar, 2020). Confirmando a relevância das condições econômicas externas para o desempenho das exportações do setor, onde o crescimento econômico dos países importadores impulsiona diretamente as exportações brasileiras (Calderon; Ângelo, 2006; Raimundo, 2018).

O procedimento automático de identificação de quebra estrutural não detectou nenhum ponto de ruptura significativo na série em primeiras diferenças, de modo que o modelo final foi estimado sem variáveis *dummy* de controle. Esse resultado indica que, eventuais choques exógenos, o pulso exportador observado em fevereiro de 2012 e os picos atípicos de março e outubro de 2018 não geraram, quando analisados na dinâmica de variações mensais, deslocamentos estruturais persistentes e distinguíveis nos parâmetros da função de demanda.

Tabela 4.2 - Elasticidades da demanda de exportação de madeira serrada tropical (modelo CO).

Variável	Coef. (Elasticidade)	Erro Padrão	t-valor	p-valor	Signif.
(Intercepto)	-0,006	0,013	-0,470	0,6385	n.s.
Δ PTD	-0,877	0,053	-16,430	< 2e-16	***
Δ PS	+0,028	0,024	1,165	0,2447	n.s.
Δ I	+0,232	0,071	3,291	0,0011	**

Nota: *** $p < 0,001$; ** $p < 0,01$; * $p < 0,05$; n.s. $p \geq 0,10$. IC 95% de Δ PTD: [-0,982; -0,772]. IC 95% de Δ I: [0,093; 0,371]. Modelo estimado com $\rho = -0,372$ (Cochrane-Orcutt, 1 iteração). N = 305.

A adequação estatística do modelo corrigido foi verificada por meio de dois testes adicionais de diagnóstico aplicados sobre os resíduos do modelo final. O teste de Jarque-Bera, para normalidade dos resíduos resultou em $\chi^2 = 3,411$ ($p = 0,182$), não rejeitando a hipótese nula de distribuição normal. Esse resultado, valida a inferência baseada nos testes t e F, ainda que, com N = 305 observações, o Teorema Central do Limite já garantisse essa validade assintoticamente. O teste de Breusch-Pagan, para homoscedasticidade dos resíduos, resultou em BP = 0,604 ($p = 0,895$), também não rejeitando a hipótese nula de variância constante. A confirmação de homoscedasticidade implica que, os erros padrão estimados pelo modelo CO são eficientes e, que a inferência estatística, não requer correções adicionais (Greene, 2018; Wooldridge, 2009).

Por fim, o teste de cointegração de Engle e Granger, aplicado sobre as séries em nível, resultou em coeficientes significativos para PT ($-0,524$; $p < 0,001$) e I ($-0,923$; $p < 0,001$), embora o sinal negativo de I , na equação de nível, seja inesperado e sugira instabilidade paramétrica nessa especificação. O teste ADF aplicado sobre os resíduos dessa regressão resultou em estatística de $-3,174$ ($p = 0,093$), não rejeitando a hipótese nula de raiz unitária nos resíduos ao nível de 5%. A ausência de cointegração confirmada ($p > 0,05$) é consistente com a decisão de estimar o modelo em primeiras diferenças: como as séries não compartilham uma trajetória de longo prazo verificável, a diferenciação é a abordagem correta para evitar regressão espúria e garantir estimadores consistentes (Gujarati, 2006). Esse resultado também restringe a interpretação dos coeficientes ao horizonte de curto prazo.

Assim, a evidência empírica sugere que, o comportamento da demanda, no curto prazo está mais associado às variações no preço da madeira serrada tropical brasileira e às condições econômicas dos mercados consumidores. Como o modelo foi estimado em primeiras diferenças, os resultados devem ser compreendidos como relações de curto prazo entre variações mensais das séries, não sendo apropriado interpretá-los como elasticidades estruturais de longo prazo.

5. CONCLUSÕES

O presente estudo estimou a demanda de exportação brasileira de madeira serrada tropical por meio de um modelo econométrico de séries temporais, utilizando dados mensais do período de janeiro de 2000 a novembro de 2025. O modelo final mostrou-se consistente, atendendo aos pressupostos de normalidade, homoscedasticidade e ausência de autocorrelação dos resíduos após a correção pelo procedimento de Cochrane-Orcutt. A inexistência de cointegração entre as variáveis indica que as relações estimadas se restringem ao curto prazo.

Quanto aos condicionantes da demanda exportável, verificou-se que, o preço de exportação da madeira serrada tropical e a atividade econômica internacional, foram os principais fatores, que influenciaram as exportações brasileiras. O preço da madeira serrada apresentou efeito negativo e significativo sobre a quantidade demandada, enquanto a atividade econômica exerceu influência positiva. Em contrapartida, o preço da madeira serrada de coníferas não apresentou efeito significativo, indicando ausência de evidências de substituição sistemática entre os produtos no período analisado.

As elasticidades estimadas demonstraram que a demanda internacional é inelástica em relação ao preço de exportação, de modo que, variações percentuais no preço resultam em alterações proporcionalmente menores na quantidade demandada. A elasticidade em relação à atividade econômica internacional foi positiva, evidenciando que a expansão da atividade econômica favorece o aumento das exportações brasileiras de madeira serrada tropical. Já a elasticidade-preço do substituto não foi significativa, impossibilitando inferências robustas sobre o efeito de substituição entre madeira tropical e madeira serrada de coníferas.

Dessa forma, os objetivos propostos foram alcançados, permitindo estimar a demanda de exportação, identificar seus principais condicionantes e mensurar as elasticidades associadas ao modelo. Os resultados reforçam que, no curto prazo, a competitividade das exportações brasileiras de madeira serrada tropical depende principalmente da dinâmica dos preços de exportação e das condições econômicas dos mercados importadores.

Novos esforços de verificação empírica sobre a demanda de exportação brasileira de madeira serrada tropical são plenamente justificados. Estudos posteriores devem avaliar as relações de longo prazo entre as variáveis por meio de modelos de correção de erros (ECM), caso a cointegração venha a ser confirmada com especificações alternativas; investigar os impactos das regulamentações ambientais internacionais sobre os fluxos de exportação; e examinar a diferenciação por espécie e destino geográfico, dada a heterogeneidade observada entre cedro, ipê, louro e demais espécies tropicais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Alexandre Nascimento de; ANGELO, Humberto; SILVA, João Carlos Garzel Leodoro da; HOEFLICH, Vitor Afonso. Mercado de madeiras tropicais: substituição na demanda de exportação. **Acta Amazonica**, [S.l.], v. 40, p. 119–126, 2010. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000100015>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/HzXn8Fqtt9Q8ckRdQMw53Zz/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 18 dez. 2025.

ANGELO, Humberto; HOSOKAWA, TR; BERGER, RO. Brasil no mercado internacional de madeiras tropicais. **Revista Árvore**, [S.l.], v. 22, n. 4, p. 483–494, 1998.

BLIACHERIS, Marcos weiss. MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL – UMA PERSPECTIVA JURÍDICA. **REVISTA DA AGU**, [S.l.], 1 out. 2011. Disponível em: <https://revistaagu.agu.gov.br/index.php/AGU/article/view/152>. Acesso em: 10 jun. 2026.

BÖSCH, Matthias. What explains the uneven uptake of forest certification at the global level? New evidence from a panel-data analysis. **World Development**, [S.l.], v. 188, p. 106890, 1 abr. 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2024.106890>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X24003619>. Acesso em: 10 jun. 2026.

BRAINER, Maria Simone de Castro Pereira. PRODUTOS FLORESTAIS. **Caderno Setorial ETENE**, [S.l.], v. 7, n. 7, p. 213 (2022), 2022. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/revista/cse/article/view/2836>. Acesso em: 29 jan. 2026.

BRASIL, Alexandre Anders. **AS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE PAINÉIS DE MADEIRA**. 2002. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, 2002. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/25147>.

BRASIL, Alexandre; ANGELO, Humberto; SANTOS, Anadalvo; BERGER, Ricardo; DA SILVA, João Carlos. DEMANDA DE EXPORTAÇÃO DE PAINÉIS DE MADEIRA DO BRASIL. **FLORESTA**, [S.l.], v. 33, 12 ago. 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/rf.v33i2.2268>.

BRASIL, Presidência da República. Decreto nº 8.330, de 5 de novembro de 2014. [S.l.]. 5 nov. 2014. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/decreto/d8330.htm. Acesso em: 3 fev. 2025.

BRASIL, Presidência da República. Lei nº 11.284, de 2 de março de 2006. [S.l.]. 2 mar. 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11284.htm. Acesso em: 3 fev. 2025.

BRASIL, Presidência da República. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. [S.l.]. 25 maio 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 3 fev. 2025.

CALDERON, Rafael de Azevedo; ANGELO, Humberto. AS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE MANUFATURADOS DE MADEIRA. **Ciência Florestal**, [S.l.], v. 16, p. 99–105, mar. 2006. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981891>. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cflo/a/dTLMdj4887MSVjqrzRVVvfm/?lang=pt>. Acesso em: 12 nov. 2024.

CASTRO, Renato Vinícius Oliveira; CASTRO, Ana Flávia Neves Mendes; ATAÍDE, Glauciana da Mata; JÚNIOR, Carlos Alberto Araújo; MARCATTI, Gustavo Eduardo; SILVEIRA, Daniel de Paula; COSTA, Camila Brás. ANÁLISE ECONOMETRICA DA PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA NO BRASIL. **FLORESTA**, [S.l.], v. 42, n. 4, p. 661–670, n. 4, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5380/rf.v42i4.26066>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/26066>. Acesso em: 10 dez. 2024.

CHINA, Ministry of Ecology and Environment. Forest Law of the People's Republic of China. 28 dez. 2019. Disponível em: https://english.mee.gov.cn/Resources/laws/envir_elatedlaws/202102/t20210207_820735.shtml?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 31 maio 2026.

CHOW, Gregory C. Tests of Equality Between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions. **Econometrica**, [S.l.], v. 28, n. 3, p. 591–605, 1960. DOI: <https://doi.org/10.2307/1910133>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1910133>. Acesso em: 29 jul. 2026.

CITES, Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Appendices I, II and III. 25 nov. 2024. Disponível em: <https://cites.org/eng/app/appendices.php>. Acesso em: 3 fev. 2025.

COCHRANE, D.; ORCUTT, G. H. Application of Least Squares Regression to Relationships Containing Auto- Correlated Error Terms. **Journal of the American Statistical Association**, [S.l.], v. 44, n. 245, p. 32–61, 1949. DOI: <https://doi.org/10.2307/2280349>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2280349>. Acesso em: 14 jan. 2026.

DALY-HASSEN, Hamed; KHALFAOUI, Mariem; SLITI, Hammadi; CHEBIL, Ali; JEBARI, Sihem. Demand and Net Import Modeling and Forecasting for Wood Products in a Country with Limited Forest Resources (Tunisia). **Forests**, [S.l.], v. 17, n. 2, 1 fev. 2026. DOI: <https://doi.org/10.3390/f17020202>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/17/2/202>. Acesso em: 3 fev. 2026.

DURBIN, J.; WATSON, G. S. Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression: I. **Biometrika**, [S.l.], v. 37, n. 3/4, p. 409–428, 1950. DOI: <https://doi.org/10.2307/2332391>. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2332391>. Acesso em: 14 jan. 2026.

FAGUNDES, Camila; SCHREIBER, Dusan; NUNES, Moema Pereira; FERNANDES, Maria Eduarda. Forest management and FSC certification: a systematic review. **Revista de Administração da UFSM**, [S.l.], v. 17, p. e5, 2024. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.5902/1983465973947>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reaufsm/a/XbYqkCVfgGTzMF4VwfXn8fq/?lang=en>. Acesso em: 10 jun. 2026.

FAO, FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. **Classification of forest products 2022**. [S.l.]: FAO, 25 fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb8216en>. Disponível em: <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb8216en>. Acesso em: 9 jul. 2025.

FAO, FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION. FAO Statistical Database. **FAO STAT**. 12 mar. 2025. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FO>. Acesso em: 11 jul. 2025.

FGP, Forest Governance and Policy. EU Regulation on Deforestation-free Products (EUDR). jan. 2026a. Disponível em: <https://forestpolicy.org/policy-law/eu-regulation-deforestation-free-products-eudr>. Acesso em: 31 maio 2026.

FGP, Forest Governance and Policy. Japan Revised Clean Wood Act. abr. 2025. Disponível em: <https://forestpolicy.org/policy-law/japan-revised-clean-wood-act>. Acesso em: 31 maio 2026.

FGP, Forest Governance and Policy. U.S. Lacey Act. maio 2026b. Disponível em: <https://forestpolicy.org/policy-law/us-lacey-act>. Acesso em: 31 maio 2026.

GLOBAL ECONOMIC POLICY UNCERTAINTY INDEX: CURRENT PRICE ADJUSTED GDP. 6 mar. 2026. Disponível em: <https://fred.stlouisfed.org/series/GEPUCURRENT>. Acesso em: 13 jun. 2026.

GREENE, William. **Econometric analysis**. Eighth edition. New York, NY: Pearson, 2018. 1126 p.

GUJARATI, Dadomar N. **Econometria Basica**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2006. 846 p.

HAIR, Joseph F.; BLACK, William C.; BABIN, Barry J.; ANDERSON, Rolph E.; TATHAM, Ronald L. **Análise multivariada de dados - 6ed**. [S.l.]: Bookman Editora, 1 jan. 2009. 682 p.

HANSEN, Bruce E. The New Econometrics of Structural Change: Dating Breaks in U.S. Labour Productivity. **Journal of Economic Perspectives**, [S.l.], v. 15, n. 4, p. 117–128, dez. 2001. DOI: <https://doi.org/10.1257/jep.15.4.117>. Disponível em: <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.15.4.117>. Acesso em: 29 jul. 2026.

HOISEL, Taísa Fonseca Novaes; DANILEVICZ, Vatsi Meneghel; SOARES, Naisy Silva; PROFICE, Christiana Cabicieri. Competitividade do Brasil e dos Principais Exportadores Mundiais no Mercado de Madeira Serrada. **Desenvolvimento em Questão**, [S.l.], v. 21, n. 59, p. e13251–e13251, 27 jul. 2023. DOI: <https://doi.org/10.21527/2237-6453.2023.59.13251>. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/13251>. Acesso em: 4 jun. 2026.

HU, Junhui; JÅSTAD, Eirik Ogner; BOLKESJØ, Torjus Folsland; RØRSTAD, Per Kristian. The Quantification and Tracing of Leakage in the Forest Sector in Nordic Countries. **Forests**, [S.l.], v. 15, n. 2, 28 jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/f15020254>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/2/254>. Acesso em: 3 fev. 2026.

IPEA, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Ipeadata. **Ipeadata**. 28 jan. 2025. Disponível em: <https://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>. Acesso em: 11 jul. 2025.

KIM, Dong Hyun; AHN, Byeong Il; SHIM, Gyuhun. Analyzing the Impact of EU's Legality Requirements Policies on Sustainable Timber and Sawnwood Trade—Focusing on Tropical Wood Trade. **Forests**, [S.l.], v. 15, n. 11, p. 1879, nov. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/f15111879>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/15/11/1879>. Acesso em: 3 jan. 2026.

KLOCZKO, Claudio; ZAQUE, Leonardo; TAVARES, Sidnei; MELO, Rafael; MACHADO NETO, Arlindo; PEDROSA, Talita. Análise da produção e comercialização brasileira de

madeira serrada (1993-2013). **Nativa**, [S.l.], v. 5, 1 jan. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/2318-7670.v05nespa15>.

KRUGMAN, Paul R.; OBSTFELD, Maurice; MELITZ, Marc J. **International Economics: Theory & Policy**. [S.l.]: Pearson, 2018. 772 p.

LEGAL FRAMEWORK FOR FOREST MANAGEMENT AND TIMBER TRADE OF CHINA. **Timber Trade Portal**. [S.d.]. Disponível em: <https://www.timbertradeportal.com/en/china/30/legal-framework>. Acesso em: 31 maio 2026.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Gabinete do Ministro. Portaria MAPA Nº 514, de 8 de novembro de 2022. Portal da Imprensa Nacional do Brasil. Diário Oficial da União. [S.l.], v. 212, Seção 1, p. 3. 9 nov. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mapa-n-514-de-8-de-novembro-de-2022-442554508>. Acesso em: 3 fev. 2025.

MASIERO, Mauro; PETTENELLA, Davide; CERUTTI, Paolo Omar. Legality Constraints: The Emergence of a Dual Market for Tropical Timber Products? **Forests**, [S.l.], v. 6, n. 10, p. 3452–3482, out. 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/f6103452>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/6/10/3452>. Acesso em: 3 jan. 2026.

MATOS, Orlando Carneiro de. **Econometria basica: teoria e aplicacoes**. [S.l.]: Atlas, 2000. 300 p.

MMA, Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima; IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa 21, de 23 de dezembro de 2014. [S.l.]. 24 dez. 2014. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&legislacao=134547>. Acesso em: 3 fev. 2025.

MMA, Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima; IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa 28, de 11 de dezembro de 2024. Portal da Imprensa Nacional do Brasil. Diário Oficial da União. [S.l.], v. 240, Seção 1, p. 134. 13 dez. 2024. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-ibama-n-28-de-11-de-dezembro-de-2024-601443686>. Acesso em: 3 fev. 2025.

MMA, Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima; IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Instrução Normativa 82, de 25 de março de 2022. Portal da Imprensa Nacional do Brasil. Diário Oficial da União. [S.l.], v. 59, Seção 1, p. 103. 28 mar. 2022. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-8-de-25-de-marco-de-2022-388699763>. Acesso em: 3 fev. 2025.

MORLAND, Christian; SCHIER, Franziska; WEIMAR, Holger. The Structural Gravity Model and Its Implications on Global Forest Product Trade. **Forests**, [S.l.], v. 11, n. 2, 4 fev. 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/f11020178>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1999-4907/11/2/178>. Acesso em: 3 fev. 2026.

PEDACE, Roberto. **Econometrics For Dummies**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 24 jun. 2013. 380 p.

RAIMUNDO, Yaskara Max. **Análise das exportações brasileiras de madeira serrada e painéis à base de madeira no período de 1961 a 1999**. 27 nov. 2018. Mestrado em Economia Aplicada – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 27 nov. 2018. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.11.2018.tde-20181127-161648>. Disponível em: <http://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-20181127-161648/>. Acesso em: 7 fev. 2026.

SECEX, Secretaria de Comércio Exterior. Estatísticas de Comércio Exterior em Dados Abertos. **Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços**. 7 maio 2026. Disponível em: <https://www.gov.br/mdic/pt-br/assuntos/comercio-exterior/estatisticas/base-de-dados-bruta>. Acesso em: 2 jun. 2026.

SILLS, Erin O.; ABT, Karen Lee. **Forests in a Market Economy**. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 17 abr. 2013. 379 p.

SILVA, Liniker Fernandes da; SILVA, Márcio Lopes da; CORDEIRO, Sidney Araujo. Análise do mercado mundial de madeiras tropicais. **Revista de Política Agrícola**, [S.l.], v. 21, n. 3, p. 48–54, 21 nov. 2012. Disponível em: <https://rpa.sede.embrapa.br/RPA/article/view/245>. Acesso em: 28 jan. 2026.

SILVA, José De Arimatéa. REGULAMENTAÇÃO DO MANEJO FLORESTAL NO BRASIL. **Floresta e Ambiente**, [S.l.], v. 3, p. 151–154, 1996. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/floram/a/FRh3CQCL5VyYgjQQp9tJJbH/?lang=pt>. Acesso em: 10 jun. 2026.

UE, União Europeia. **Regulamento (UE) n.º 995/2010 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de Outubro de 2010, que fixa as obrigações dos operadores que colocam no mercado madeira e produtos da madeira Texto relevante para efeitos do EEE**. OJ L. v. 295. [S.l.]: [S.n.], 20 out. 2010. Disponível em: <http://data.europa.eu/eli/reg/2010/995/oj/por>. Acesso em: 3 fev. 2025.

UNION, European. Regulation on Deforestation-free products - Environment. **An official website of the European Union**. [S.d.]. Disponível em: https://environment.ec.europa.eu/topics/forests/deforestation/regulation-deforestation-free-products_en. Acesso em: 31 maio 2026.

USDA, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Lacey Act Declaration Implementation Schedule | Animal and Plant Health Inspection Service. 2 dez. 2024. Disponível em: <https://www.aphis.usda.gov/plant-imports/lacey-act/implementation-schedule>. Acesso em: 3 fev. 2025.

USDA, U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Lacey Act Declaration Implementation Schedule | APHIS. 13 jan. 2026. Disponível em: <https://www.aphis.usda.gov/plant-imports/lacey-act/implementation-schedule>. Acesso em: 31 maio 2026.

WALDHOFF, Philippe; VIDAL, Edson. Da ilegalidade à certificação florestal: estudo de caso do manejo florestal comunitário no Baixo Amazonas. **Ciência Florestal**, [S.l.], v. 29, p. 1748–1762, 2019. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.5902/198050986328>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/LSxLxnDQjjnyfYFbTqQwdwJ/?lang=pt&format=html>. Acesso em: 10 jun. 2026.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Introductory econometrics: a modern approach**. 4. ed., student ed. Mason, Ohio: South-Western, 2009. 865 p.

7. ANEXO

ANEXO I – DADOS BRUTO DEMANDA

Ano-mês	TC	IPA	XT	VT (US\$)	XS	VS (US\$)	I
2000-1	1,8037	180,13	19.616	6.283.796,00	93.768	16.137.143,00	65,062
2000-2	1,7753	181,173	17.260	7.212.092,00	113.608	19.620.399,00	59,253
2000-3	1,742	181,086	25.451	8.530.259,00	119.008	19.971.002,00	61,727
2000-4	1,7682	181,437	19.688	6.298.279,00	109.555	18.290.838,00	64,590
2000-5	1,8279	181,568	19.466	6.724.785,00	111.154	18.673.312,00	85,762
2000-6	1,8083	183,282	16.877	5.561.616,00	114.240	19.405.784,00	89,099
2000-7	1,7978	186,559	16.488	6.070.141,00	91.263	14.748.538,00	67,232
2000-8	1,8092	192,286	13.853	5.476.877,00	130.485	20.298.723,00	54,395
2000-9	1,8392	196,668	27.286	9.451.437,00	92.717	14.885.730,00	60,645
2000-10	1,8796	198,257	17.405	7.530.376,00	103.177	15.869.401,00	68,777
2000-11	1,948	199,297	22.769	8.297.974,00	99.176	16.274.720,00	104,664
2000-12	1,9633	200,213	22.344	9.445.063,00	115.348	18.289.506,00	100,709
2001-1	1,9545	201,799	16.731	6.306.791,00	96.231	16.074.275,00	99,187
2001-2	2,0019	202,375	16.955	7.654.492,00	104.017	17.294.666,00	99,911
2001-3	2,089	203,109	22.997	7.915.054,00	115.565	19.478.842,00	112,252
2001-4	2,1925	205,457	16.234	6.272.814,00	118.436	20.427.745,00	107,282
2001-5	2,2972	207,949	18.535	7.812.454,00	133.809	23.191.394,00	82,966
2001-6	2,3758	209,573	11.939	4.730.084,00	112.395	17.233.110,00	74,134
2001-7	2,466	212,959	12.311	5.653.017,00	122.162	20.878.277,00	97,407
2001-8	2,5106	217,291	16.205	7.088.109,00	114.960	21.366.269,00	82,718
2001-9	2,6717	219,047	17.290	7.517.746,00	115.049	17.220.219,00	175,331
2001-10	2,7402	221,56	21.396	9.245.244,00	117.867	20.326.724,00	164,151
2001-11	2,5431	225,045	21.471	9.707.898,00	97.433	16.351.569,00	123,955
2001-12	2,3627	225,44	17.975	7.225.248,00	113.173	18.705.612,00	106,108
2002-1	2,3779	225,519	15.922	6.993.512,00	128.468	20.107.884,00	103,722
2002-2	2,4196	225,402	16.619	7.076.671,00	110.833	18.741.133,00	86,270
2002-3	2,3466	225,54	19.045	8.092.752,00	157.620	22.480.754,00	76,764
2002-4	2,3204	226,116	23.359	9.392.597,00	129.143	21.079.138,00	81,805
2002-5	2,4804	227,198	16.704	6.782.791,00	123.089	20.688.567,00	79,811
2002-6	2,714	231,839	20.946	8.591.806,00	136.320	21.914.051,00	91,818
2002-7	2,9346	237,806	20.722	8.549.467,00	166.461	21.723.967,00	99,913
2002-8	3,1101	245,261	24.365	10.469.866,00	131.808	20.912.668,00	104,254

Ano-mês	TC	IPA	XT	VT (US\$)	XS	VS (US\$)	I
2002-9	3,342	253,478	24.970	10.216.274,00	120.560	19.648.218,00	119,536
2002-10	3,8059	265,672	51.060	10.808.678,00	121.232	18.386.019,00	114,928
2002-11	3,5764	282,667	29.447	12.237.758,00	118.963	18.783.848,00	121,405
2002-12	3,6259	299,36	30.235	11.806.414,00	126.380	19.902.366,00	119,862
2003-1	3,4384	307,13	20.721	9.011.919,00	134.927	20.332.534,00	125,669
2003-2	3,5908	315,342	28.775	11.558.869,00	157.246	23.741.041,00	134,850
2003-3	3,4469	320,823	24.610	10.020.248,00	141.503	22.596.898,00	168,037
2003-4	3,1187	324,815	28.730	12.355.366,00	152.759	24.102.453,00	136,082
2003-5	2,9557	323,454	26.733	11.312.396,00	175.172	19.980.655,00	106,290
2003-6	2,8832	318,639	27.883	11.232.513,00	109.375	17.980.965,00	88,700
2003-7	2,8798	315,04	33.036	11.194.488,00	113.073	18.172.218,00	80,370
2003-8	3,0025	314,743	30.489	12.288.996,00	174.237	20.757.124,00	69,143
2003-9	2,9228	318,718	34.778	13.946.724,00	133.513	20.813.610,00	80,016
2003-10	2,8615	321,036	40.733	15.574.547,00	134.460	22.448.868,00	76,154
2003-11	2,9138	322,723	63.082	15.607.689,00	109.961	17.973.717,00	73,510
2003-12	2,9253	324,726	35.448	15.125.686,00	159.405	25.507.333,00	69,971
2004-1	2,8518	327,598	43.881	16.430.926,00	128.430	20.518.066,00	72,178
2004-2	2,9303	330,34	49.222	12.434.721,00	92.793	15.422.552,00	72,266
2004-3	2,9055	334,588	36.607	15.652.939,00	141.374	23.008.143,00	77,764
2004-4	2,906	339,781	31.605	13.410.561,00	93.036	16.975.472,00	77,478
2004-5	3,1004	345,285	34.593	15.085.171,00	135.782	26.167.983,00	89,332
2004-6	3,1291	351,384	45.139	19.186.959,00	173.390	33.398.661,00	77,307
2004-7	3,0368	356,803	44.261	17.320.540,00	136.406	28.166.801,00	74,246
2004-8	3,0029	360,109	40.555	17.805.075,00	148.849	31.698.280,00	68,465
2004-9	2,8911	365,878	37.733	18.709.581,00	114.705	25.122.434,00	78,100
2004-10	2,8529	366,792	36.788	16.327.550,00	125.241	24.353.561,00	88,655
2004-11	2,786	370,526	40.468	20.114.376,00	156.634	23.805.345,00	83,779
2004-12	2,7182	373,784	42.237	22.351.845,00	134.887	25.151.607,00	65,451
2005-1	2,693	374,799	34.238	17.958.058,00	91.360	17.365.135,00	57,845
2005-2	2,5978	375,429	34.023	16.850.790,00	88.487	18.559.394,00	54,689
2005-3	2,7047	378,05	41.740	20.771.885,00	164.754	32.200.647,00	53,143
2005-4	2,5792	383,47	41.934	21.370.295,00	115.639	23.513.049,00	70,405
2005-5	2,4528	381,835	31.265	17.777.721,00	142.639	29.317.987,00	67,431
2005-6	2,4135	377,627	60.415	17.262.510,00	140.362	28.138.157,00	70,805
2005-7	2,3735	375,219	52.498	14.261.835,00	117.278	24.135.755,00	62,920
2005-8	2,3606	372,309	30.059	15.088.497,00	130.593	26.842.681,00	61,393

Ano-mês	TC	IPA	XT	VT (US\$)	XS	VS (US\$)	I
2005-9	2,2944	368,914	31.171	15.690.133,00	135.827	26.234.672,00	93,761
2005-10	2,2565	371,013	36.166	19.410.841,00	104.069	21.375.928,00	66,040
2005-11	2,2108	372,225	27.259	15.611.511,00	128.861	26.328.392,00	66,227
2005-12	2,2855	371,614	35.987	20.312.317,00	124.259	26.032.145,00	61,583
2006-1	2,2739	375,44	70.913	16.472.425,00	105.420	22.354.233,00	70,523
2006-2	2,1619	375,76	23.351	14.138.648,00	118.664	25.662.197,00	58,948
2006-3	2,152	375,323	33.423	17.642.749,00	121.518	26.211.269,00	58,259
2006-4	2,1293	371,206	27.910	15.123.332,00	131.943	29.256.620,00	71,352
2006-5	2,1781	372,552	24.476	14.074.799,00	103.378	23.016.192,00	63,049
2006-6	2,2483	375,417	33.673	18.432.757,00	123.190	27.481.495,00	72,238
2006-7	2,1893	377,692	24.808	15.725.073,00	93.377	21.219.859,00	69,328
2006-8	2,1559	378,871	36.573	21.188.753,00	133.038	28.742.567,00	60,125
2006-9	2,1687	380,562	34.950	21.439.177,00	92.032	19.276.029,00	58,189
2006-10	2,1483	381,566	35.402	22.039.568,00	74.428	15.214.820,00	61,068
2006-11	2,1579	387,099	38.903	24.054.277,00	107.564	20.283.112,00	58,259
2006-12	2,1499	389,264	44.155	26.323.441,00	81.173	15.624.326,00	57,415
2007-1	2,1385	390,252	36.267	21.352.184,00	96.431	18.907.156,00	64,467
2007-2	2,0963	390,886	34.192	20.142.610,00	81.203	15.895.235,00	54,743
2007-3	2,0887	392,48	34.368	21.741.014,00	120.182	23.388.269,00	64,727
2007-4	2,032	392,612	37.827	24.807.880,00	91.682	18.716.739,00	60,557
2007-5	1,9816	392,59	31.254	21.115.966,00	110.657	21.896.347,00	57,153
2007-6	1,9319	392,21	27.166	16.922.672,00	109.604	22.109.474,00	56,369
2007-7	1,8828	392,599	30.453	16.908.848,00	95.482	19.467.560,00	47,588
2007-8	1,966	395,859	35.415	25.612.850,00	115.924	23.971.280,00	78,348
2007-9	1,8996	404,009	30.222	22.169.813,00	92.467	19.543.970,00	99,766
2007-10	1,801	409,859	35.797	27.485.210,00	110.889	23.298.372,00	79,312
2007-11	1,7699	413,89	35.618	28.398.552,00	101.147	21.143.575,00	82,916
2007-12	1,786	422,787	47.243	24.853.489,00	88.077	18.886.746,00	96,766
2008-1	1,7743	427,722	28.771	23.989.653,00	61.943	13.172.564,00	134,645
2008-2	1,7277	431,579	34.641	26.473.940,00	148.862	21.232.792,00	99,415
2008-3	1,7076	435,167	27.648	22.732.469,00	86.572	18.485.420,00	119,603
2008-4	1,6889	436,679	74.100	20.682.943,00	86.462	18.892.233,00	91,662
2008-5	1,6605	445,013	18.831	16.358.720,00	95.060	20.464.548,00	78,034
2008-6	1,6189	454,868	19.892	12.578.283,00	69.752	15.751.090,00	87,021
2008-7	1,5914	466,401	17.240	14.447.467,00	58.468	13.610.554,00	96,363
2008-8	1,6123	467,554	17.005	14.049.516,00	77.684	17.374.504,00	90,249

Ano-mês	TC	IPA	XT	VT (US\$)	XS	VS (US\$)	I
2008-9	1,7996	464,068	17.110	17.185.612,00	70.093	15.919.665,00	162,481
2008-10	2,1729	468,613	19.753	18.487.871,00	85.657	18.628.430,00	208,559
2008-11	2,2663	472,402	15.813	13.571.532,00	42.304	9.226.623,00	143,535
2008-12	2,3944	471,366	14.159	12.924.703,00	76.454	15.674.058,00	144,605
2009-1	2,3074	464,315	9.782	8.707.378,00	56.600	11.735.325,00	145,307
2009-2	2,3127	466,736	12.328	10.286.040,00	62.567	11.744.764,00	147,445
2009-3	2,3138	464,098	11.470	9.684.605,00	65.143	13.256.029,00	132,288
2009-4	2,2059	458,407	11.062	9.111.159,00	66.894	13.537.343,00	102,292
2009-5	2,0609	458,696	14.142	11.359.496,00	69.201	13.555.811,00	103,913
2009-6	1,9576	456,895	10.196	8.512.470,00	56.510	11.444.310,00	116,627
2009-7	1,9328	453,808	10.379	8.312.491,00	67.328	13.731.204,00	106,259
2009-8	1,8452	449,085	13.391	10.154.741,00	39.841	7.821.466,00	103,050
2009-9	1,8198	451,165	12.339	9.672.578,00	70.415	13.888.524,00	105,986
2009-10	1,7384	451,558	14.301	11.655.969,00	51.792	10.090.276,00	92,068
2009-11	1,726	451,925	16.746	13.560.722,00	38.529	7.775.498,00	104,980
2009-12	1,7507	450,812	14.299	11.433.699,00	62.183	12.952.024,00	102,374
2010-1	1,7798	451,115	10.618	9.360.014,00	38.446	8.158.300,00	117,672
2010-2	1,8402	456,323	12.434	9.646.844,00	43.062	9.250.473,00	114,130
2010-3	1,7858	462,442	14.797	11.800.099,00	59.716	13.417.221,00	114,166
2010-4	1,7576	464,803	11.051	8.894.164,00	59.464	13.547.932,00	108,803
2010-5	1,8132	471,034	8.852	7.372.706,00	59.575	13.344.511,00	147,353
2010-6	1,8059	478,929	8.784	7.002.087,00	56.381	12.795.403,00	138,054
2010-7	1,7696	479,049	15.860	8.570.191,00	69.230	16.523.941,00	148,448
2010-8	1,7596	482,654	9.561	7.987.981,00	59.608	14.265.819,00	123,350
2010-9	1,7187	490,512	12.525	9.992.045,00	64.676	14.782.224,00	133,269
2010-10	1,686	497,906	11.374	9.393.086,00	56.760	12.936.762,00	126,833
2010-11	1,7133	505,315	15.113	14.266.792,00	53.569	12.560.517,00	131,488
2010-12	1,6934	512,698	12.601	11.970.172,00	52.570	12.464.328,00	134,762
2011-1	1,6748	514,515	10.586	9.345.443,00	41.731	10.002.242,00	114,319
2011-2	1,668	520,468	11.779	10.949.384,00	43.794	10.612.849,00	96,579
2011-3	1,6591	525,643	10.833	9.424.659,00	62.841	15.349.960,00	130,361
2011-4	1,5864	528,204	7.914	6.880.179,00	57.033	12.976.689,00	118,828
2011-5	1,6135	529,567	7.738	7.518.541,00	65.728	15.886.893,00	93,959
2011-6	1,587	525,931	6.970	5.902.759,00	63.320	15.281.326,00	124,524
2011-7	1,5639	524,827	4.763	5.281.080,00	62.505	15.699.931,00	153,829
2011-8	1,597	526,21	6.643	7.432.929,00	62.506	14.346.114,00	216,757

Ano-mês	TC	IPA	XT	VT (US\$)	XS	VS (US\$)	I
2011-9	1,7498	530,038	7.806	9.528.298,00	52.299	13.048.304,00	194,410
2011-10	1,7726	534,316	9.964	10.643.419,00	63.731	15.356.051,00	166,338
2011-11	1,7905	536,905	9.657	10.278.815,00	55.229	13.157.268,00	191,776
2011-12	1,8369	536,767	11.225	11.705.130,00	62.726	14.553.863,00	178,079
2012-1	1,7897	535,299	8.285	6.837.093,00	36.136	8.842.659,00	154,606
2012-2	1,7184	534,297	25.242	7.300.821,00	55.029	12.895.049,00	141,124
2012-3	1,7953	535,574	8.997	9.357.578,00	60.259	14.124.875,00	132,410
2012-4	1,8548	539,645	6.070	5.549.502,00	68.337	15.822.546,00	129,838
2012-5	1,986	546,172	6.928	5.502.992,00	61.343	13.967.615,00	159,697
2012-6	2,0492	550,137	6.721	5.340.953,00	55.218	12.330.247,00	183,185
2012-7	2,0287	556,975	5.731	4.754.451,00	52.350	12.324.481,00	152,085
2012-8	2,0294	569,265	7.058	6.027.251,00	58.463	13.460.717,00	116,968
2012-9	2,0281	577,242	5.889	4.628.366,00	58.249	13.356.700,00	153,587
2012-10	2,0298	579,535	7.006	5.459.444,00	52.752	12.174.276,00	151,122
2012-11	2,0678	576,261	7.660	6.250.075,00	69.403	15.641.775,00	165,756
2012-12	2,0778	580,054	8.058	6.811.712,00	44.442	10.275.432,00	170,164
2013-1	2,0311	582,041	8.144	7.048.139,00	45.580	10.241.706,00	167,125
2013-2	1,9733	582,356	10.048	8.213.616,00	55.178	12.700.877,00	122,757
2013-3	1,9828	582,996	7.688	6.043.247,00	52.638	12.114.128,00	145,569
2013-4	2,0022	582,632	7.935	6.631.120,00	61.152	13.898.442,00	136,206
2013-5	2,0348	580,342	8.319	6.822.696,00	49.646	11.640.904,00	107,757
2013-6	2,173	582,845	6.751	5.861.979,00	55.906	13.306.140,00	127,516
2013-7	2,2522	585,725	5.879	5.916.493,00	61.383	14.495.520,00	107,959
2013-8	2,3422	586,851	6.748	5.828.212,00	61.933	14.744.947,00	119,314
2013-9	2,2705	595,407	6.358	5.554.372,00	60.833	14.711.769,00	138,623
2013-10	2,1886	604,193	7.200	6.845.044,00	65.647	15.707.445,00	168,481
2013-11	2,2954	606,59	7.002	6.465.332,00	77.296	18.298.573,00	103,839
2013-12	2,3455	608,888	7.240	7.889.599,00	56.203	13.974.126,00	122,642
2014-1	2,3822	612,228	5.739	5.189.770,00	58.162	13.943.820,00	115,258
2014-2	2,3837	612,63	9.193	7.918.326,00	72.012	17.446.301,00	101,147
2014-3	2,3261	622,729	6.226	6.013.637,00	72.064	17.493.824,00	114,652
2014-4	2,2328	631,556	7.797	6.377.249,00	77.830	18.571.433,00	110,450
2014-5	2,2209	630,191	5.959	4.950.910,00	69.952	16.948.666,00	106,839
2014-6	2,2355	621,279	7.748	6.829.670,00	74.004	17.940.477,00	91,148
2014-7	2,2246	614,909	7.300	6.077.501,00	84.754	20.805.303,00	94,180
2014-8	2,2656	609,295	6.853	6.193.100,00	84.145	20.394.497,00	96,851

Ano-mês	TC	IPA	XT	VT (US\$)	XS	VS (US\$)	I
2014-9	2,3329	611,437	6.766	6.590.501,00	90.783	21.858.951,00	121,733
2014-10	2,4483	610,473	9.108	8.893.787,00	95.528	22.856.324,00	112,591
2014-11	2,5484	616,945	8.001	7.900.131,00	85.231	20.356.369,00	119,364
2014-12	2,6394	624,162	12.994	13.220.179,00	88.487	21.269.036,00	111,297
2015-1	2,6342	625,487	7.838	7.748.951,00	75.051	17.777.226,00	129,059
2015-2	2,8165	625,683	7.572	7.532.026,00	69.938	16.787.361,00	115,616
2015-3	3,1395	630,401	8.374	8.373.913,00	106.617	25.444.506,00	111,378
2015-4	3,0432	639,559	8.256	7.746.024,00	92.203	21.580.718,00	100,978
2015-5	3,0617	642,933	7.310	6.382.254,00	108.213	25.469.581,00	104,462
2015-6	3,1117	645,114	6.428	5.730.940,00	129.066	30.903.162,00	119,212
2015-7	3,2231	649,636	5.756	4.638.606,00	119.057	27.639.837,00	123,096
2015-8	3,5143	651,148	5.604	4.947.740,00	114.101	26.124.855,00	119,817
2015-9	3,9065	656,475	4.365	3.658.254,00	94.872	21.674.651,00	153,687
2015-10	3,8801	673,696	7.357	5.710.332,00	118.686	25.669.287,00	115,969
2015-11	3,7765	688,181	5.660	4.226.210,00	109.047	22.765.679,00	105,331
2015-12	3,8711	693,688	5.665	4.733.690,00	129.193	27.212.685,00	112,570
2016-1	4,0524	698,069	6.421	5.232.466,00	94.980	19.533.287,00	144,527
2016-2	3,9737	709,888	5.975	4.152.234,00	134.208	26.940.109,00	147,483
2016-3	3,7039	713,894	8.945	6.813.759,00	166.153	33.064.365,00	159,290
2016-4	3,5658	716,412	7.227	5.932.323,00	113.003	21.369.430,00	142,296
2016-5	3,5393	720,975	9.182	6.862.793,00	146.380	27.910.175,00	125,814
2016-6	3,4245	734,586	7.584	5.423.821,00	133.141	26.064.890,00	231,056
2016-7	3,2753	743,598	9.428	6.938.026,00	138.335	26.943.765,00	204,923
2016-8	3,2097	739,346	7.909	6.599.805,00	172.715	35.230.924,00	134,742
2016-9	3,2564	742,257	6.737	5.244.908,00	172.607	34.659.815,00	135,508
2016-10	3,1858	743,138	5.633	4.306.299,00	136.094	26.955.304,00	126,436
2016-11	3,342	742,712	8.144	6.407.413,00	159.660	32.344.614,00	228,726
2016-12	3,3523	744,339	8.296	6.816.265,00	170.449	35.046.939,00	184,984
2017-1	3,1966	752,411	7.122	5.462.186,00	161.215	32.713.283,00	247,298
2017-2	3,1042	752,169	6.455	4.881.014,00	140.551	28.670.677,00	186,287
2017-3	3,1279	751,246	9.478	6.917.588,00	190.073	38.918.311,00	236,022
2017-4	3,1362	741,54	6.268	5.028.224,00	179.720	36.841.827,00	176,400
2017-5	3,2095	728,619	8.375	6.048.626,00	183.095	36.881.203,00	144,098
2017-6	3,2954	720,076	7.531	5.635.267,00	203.193	33.992.111,00	171,716
2017-7	3,2061	710,605	7.545	5.846.559,00	184.952	38.592.075,00	164,959
2017-8	3,1509	707,6205	7.965	6.758.117,00	202.242	42.078.860,00	140,626

Ano-mês	TC	IPA	XT	VT (US\$)	XS	VS (US\$)	I
2017-9	3,1348	711,454	8.471	6.991.631,00	190.166	40.033.880,00	157,654
2017-10	3,1912	716,2207	9.352	7.195.785,00	203.052	42.070.854,00	144,509
2017-11	3,2594	717,71	9.070	6.648.629,00	205.761	42.907.477,00	159,908
2017-12	3,2919	726,485	8.626	7.314.782,00	198.972	41.992.885,00	148,167
2018-1	3,2106	734,22	7.134	5.574.854,00	177.876	36.733.852,00	177,714
2018-2	3,2415	734,883	6.514	5.365.027,00	158.903	32.939.979,00	125,992
2018-3	3,2792	739,539	32.762	6.785.390,00	203.662	42.967.590,00	181,690
2018-4	3,4075	744,714	8.183	7.711.872,00	205.030	43.538.503,00	165,023
2018-5	3,6361	756,226	6.142	4.899.108,00	158.394	33.661.392,00	171,499
2018-6	3,7732	775,145	8.807	6.793.835,00	204.693	43.992.313,00	164,918
2018-7	3,8288	782,803	5.289	4.979.608,00	174.742	39.708.565,00	227,491
2018-8	3,9298	787,839	9.284	6.100.872,00	383.336	36.111.808,00	172,166
2018-9	4,1165	801,724	10.616	7.861.609,00	369.863	48.794.156,00	193,322
2018-10	3,7584	817,144	44.544	7.514.551,00	218.479	46.570.952,00	213,585
2018-11	3,7867	814,091	10.447	9.058.377,00	139.090. 481	55.148.771,00	247,133
2018-12	3,8828	799,226	12.156	9.900.487,00	396.089	44.407.931,00	220,391
2019-1	3,7417	794,518	9.868	7.911.148,00	90.663.0 49	34.536.020,00	243,991
2019-2	3,7236	797,734	9.795	6.631.070,00	272.251	34.408.267,00	173,798
2019-3	3,8465	813,122	12.706	9.134.106,00	217.292	35.926.574,00	240,876
2019-4	3,8962	822,801	10.600	7.908.456,00	183.675	38.859.352,00	191,284
2019-5	4,0015	829,683	12.218	8.904.952,00	190.001	38.088.789,00	223,548
2019-6	3,8588	835,679	9.651	6.770.751,00	135.415	27.332.221,00	320,431
2019-7	3,7793	841,719	9.925	6.825.448,00	294.377	32.624.247,00	249,396
2019-8	4,02	834,693	7.677	5.592.129,00	613.112	31.304.689,00	290,656
2019-9	4,1215	829,963	6.396	4.261.026,00	462.473	30.114.259,00	237,376
2019-10	4,087	839,591	10.690	7.473.647,00	348.823	27.583.059,00	202,254
2019-11	4,1553	841,697	9.716	7.809.432,00	196.525	33.343.725,00	242,603
2019-12	4,1096	860,737	8.443	6.381.803,00	136.301	25.508.420,00	232,099
2020-1	4,1495	872,596	7.956	5.279.068,00	193.743	26.965.570,00	191,722
2020-2	4,341	870,953	8.128	5.865.900,00	276.999	33.259.220,00	196,493
2020-3	4,8839	879,007	13.950	6.798.953,00	223.370	30.683.565,00	318,465
2020-4	5,3256	892,388	12.671	6.231.129,00	251.494	37.597.910,00	328,133
2020-5	5,6434	894,616	12.900	8.334.573,00	449.153	31.458.892,00	415,743
2020-6	5,1966	915,681	7.102	4.388.843,00	828.596	33.392.563,00	309,592
2020-7	5,2802	938,948	9.443	6.148.109,00	707.471	44.451.031,00	313,147

Ano-mês	TC	IPA	XT	VT (US\$)	XS	VS (US\$)	I
2020-8	5,4612	970,705	9.564	6.179.954,00	928.735	41.601.441,00	289,356
2020-9	5,3995	1028,88	15.842	7.088.911,00	674.890	45.620.939,00	309,334
2020-10	5,6258	1070,69	11.014	6.981.016,00	473.389	33.087.319,00	306,555
2020-11	5,4178	1119,78	17.702	8.034.693,00	826.854	45.206.584,00	397,379
2020-12	5,1456	1145,17	12.558	6.882.973,00	868.747	45.672.178,00	302,480
2021-1	5,3562	1163,52	10.847	7.128.626,00	165.012	18.043.721,00	271,757
2021-2	5,4165	1208,9	12.530	5.525.068,00	274.073	29.321.529,00	195,107
2021-3	5,6461	1253,52	10.580	6.847.805,00	174.476	35.336.457,00	212,049
2021-4	5,5621	1275,95	10.034	6.592.996,00	231.985	49.598.368,00	193,922
2021-5	5,2911	1329,49	11.945	8.185.046,00	241.881	54.538.703,00	173,125
2021-6	5,0319	1364,61	8.891	5.966.004,00	140.475	33.804.629,00	170,973
2021-7	5,1567	1363,6	9.137	6.467.035,00	175.927	46.246.400,00	189,079
2021-8	5,2517	1381,23	7.550	5.400.497,00	193.888	54.247.627,00	201,282
2021-9	5,2797	1370,68	5.029	3.733.045,00	210.891	60.295.847,00	211,948
2021-10	5,54	1360,1	4.444	4.056.933,00	234.415	64.187.362,00	187,240
2021-11	5,5569	1377,95	7.281	5.670.795,00	174.579	51.269.904,00	229,322
2021-12	5,6514	1370,95	10.724	7.946.591,00	189.105	53.343.135,00	258,409
2022-1	5,5341	1402,08	9.763	6.904.435,00	153.124	42.646.854,00	221,704
2022-2	5,1966	1437,34	6.056	5.002.530,00	143.408	41.026.642,00	175,823
2022-3	4,9684	1458	10.686	8.708.681,00	202.121	56.004.135,00	298,188
2022-4	4,758	1498,96	8.613	8.320.003,00	206.836	56.794.749,00	269,503
2022-5	4,9551	1497,8	9.921	8.834.329,00	207.475	59.752.601,00	275,874
2022-6	5,0492	1504,8	16.863	13.523.308,00	155.920	45.398.232,00	248,019
2022-7	5,3681	1513,31	9.053	10.303.807,00	262.926	79.180.166,00	292,806
2022-8	5,1433	1503,51	7.911	7.170.573,00	198.101	59.878.333,00	235,832
2022-9	5,237	1485,74	6.607	5.243.766,00	84.356	23.195.155,00	248,855
2022-10	5,2503	1464,3	9.437	8.297.412,00	139.750	38.733.652,00	265,082
2022-11	5,2747	1449,93	7.954	6.186.340,00	142.594	36.559.335,00	311,349
2022-12	5,2424	1454,37	6.271	6.031.844,00	145.871	37.073.832,00	239,854
2023-1	5,2007	1453,44	16.242	7.556.072,00	126.867	28.813.098,00	217,199
2023-2	5,1717	1451,36	6.861	5.812.719,00	132.908	28.126.531,00	242,141
2023-3	5,2115	1450,4	7.936	7.325.121,00	192.128	44.149.173,00	313,653
2023-4	5,0197	1436,52	8.280	7.082.670,00	164.848	37.325.673,00	255,379
2023-5	4,9828	1404,13	6.935	5.749.664,00	173.519	42.234.596,00	211,346
2023-6	4,8516	1360,08	7.831	6.678.508,00	188.383	44.743.091,00	221,458
2023-7	4,8008	1339,16	4.389	4.269.956,00	113.950	26.819.356,00	191,731

Ano-mês	TC	IPA	XT	VT (US\$)	XS	VS (US\$)	I
2023-8	4,9035	1336,5	6.499	4.997.480,00	168.722	39.740.967,00	175,505
2023-9	4,937	1339,54	4.908	4.085.714,00	123.708	27.628.070,00	200,638
2023-10	5,0648	1347,72	3.827	3.105.851,00	72.342	16.468.508,00	190,444
2023-11	4,8983	1355,77	3.060	2.369.813,00	127.728	28.826.116,00	207,972
2023-12	4,8972	1366,78	3.184	2.469.530,00	156.999	34.898.542,00	223,024
2024-1	4,9144	1372,48	4.947	3.871.288,00	162.086	34.992.276,00	239,697
2024-2	4,9644	1357,71	4.068	3.526.997,00	180.658	39.241.307,00	167,972
2024-3	4,9801	1352,24	3.064	2.114.123,00	164.698	38.376.218,00	179,483
2024-4	5,1291	1344,6	6.205	4.438.495,00	162.922	36.191.620,00	171,263
2024-5	5,133	1362,56	5.617	3.977.903,00	173.949	40.518.392,00	184,164
2024-6	5,389	1374,57	4.062	3.330.103,00	166.228	39.545.275,00	173,434
2024-7	5,542	1381,26	5.785	4.433.672,00	141.280	33.092.790,00	229,012
2024-8	5,5526	1392,81	2.534	1.750.185,00	159.712	38.402.791,00	191,119
2024-9	5,5416	1394,69	2.596	1.897.954,00	118.827	27.781.836,00	202,178
2024-10	5,6241	1417,8	3.393	2.552.761,00	131.501	32.224.069,00	204,928
2024-11	5,8071	1444,45	5.671	4.375.784,00	141.878	34.952.880,00	282,593
2024-12	6,097	1466,71	4.050	2.737.620,00	170.049	32.550.231,00	327,575
2025-1	6,0218	1475,07	5.257	3.665.260,00	131.547	33.112.404,00	309,107
2025-2	5,7656	1490,08	3.231	2.358.031,00	194.998	47.189.228,00	327,708
2025-3	5,7468	1486,25	5.122	3.392.470,00	188.350	46.553.166,00	468,843
2025-4	5,7837	1479,25	4.530	3.269.793,00	178.994	37.537.847,00	623,352
2025-5	5,6674	1476,69	6.947	4.776.954,00	143.908	34.598.301,00	511,690
2025-6	5,5471	1453,92	8.120	5.625.467,00	190.189	40.192.966,00	368,593
2025-7	5,5285	1418,73	6.919	5.541.770,00	213.046	45.359.674,00	406,888
2025-8	5,4469	1419,54	3.471	2.332.951,00	127.306	29.129.172,00	343,339
2025-9	5,3674	1423,37	4.440	3.954.619,00	118.911	26.519.469,00	308,478
2025-10	5,3855	1422,77	7.426	6.265.191,00	178.916	39.304.026,00	404,873
2025-11	5,3409	1424,97	8.009	6.894.841,00	130.038	28.593.593,00	371,095

ANEXO II – DADOS DA DEMANDA UTILIZADOS NO CÓDIGO

Ano	mês	QTD	PTD	PS	I	Ano	mês	QTD	PTD	PS	I
2000	1	9,884	5,771	5,149	4,175	2003	12	10,476	5,952	4,971	4,248
2000	2	9,756	6,015	5,131	4,082	2004	1	10,689	5,787	4,935	4,279
2000	3	10,145	5,776	5,084	4,123	2004	2	10,804	5,412	4,993	4,28
2000	4	9,888	5,742	5,092	4,168	2004	3	10,508	5,917	4,951	4,354
2000	5	9,876	5,852	5,131	4,452	2004	4	10,361	5,894	5,05	4,35
2000	6	9,734	5,784	5,122	4,49	2004	5	10,451	5,97	5,154	4,492
2000	7	9,71	5,871	5,048	4,208	2004	6	10,718	5,936	5,145	4,348
2000	8	9,536	5,919	4,986	3,996	2004	7	10,698	5,808	5,169	4,307
2000	9	10,214	5,781	5,012	4,105	2004	8	10,61	5,903	5,179	4,226
2000	10	9,765	6,017	4,982	4,231	2004	9	10,538	5,971	5,154	4,358
2000	11	10,033	5,876	5,078	4,651	2004	10	10,513	5,844	5,019	4,485
2000	12	10,014	6,027	5,047	4,612	2004	11	10,608	5,924	4,739	4,428
2001	1	9,725	5,9	5,086	4,597	2004	12	10,651	5,953	4,91	4,181
2001	2	9,738	6,102	5,103	4,604	2005	1	10,441	5,932	4,917	4,058
2001	3	10,043	5,869	5,155	4,721	2005	2	10,435	5,837	4,978	4,002
2001	4	9,695	6,022	5,215	4,675	2005	3	10,639	5,875	4,94	3,973
2001	5	9,827	6,143	5,255	4,418	2005	4	10,644	5,837	4,918	4,254
2001	6	9,388	6,107	5,158	4,306	2005	5	10,35	5,901	4,883	4,211
2001	7	9,418	6,276	5,288	4,579	2005	6	11,009	5,207	4,853	4,26
2001	8	9,693	6,225	5,369	4,415	2005	7	10,869	5,147	4,869	4,142
2001	9	9,758	6,273	5,207	5,167	2005	8	10,311	5,763	4,87	4,117
2001	10	9,971	6,281	5,363	5,101	2005	9	10,347	5,746	4,789	4,541
2001	11	9,974	6,236	5,245	4,82	2005	10	10,496	5,788	4,828	4,19
2001	12	9,797	6,043	5,155	4,664	2005	11	10,213	5,829	4,799	4,193
2002	1	9,675	6,138	5,106	4,642	2005	12	10,491	5,85	4,859	4,12
2002	2	9,718	6,125	5,201	4,457	2006	1	11,169	4,947	4,855	4,256
2002	3	9,855	6,092	5	4,341	2006	2	10,058	5,853	4,824	4,077
2002	4	10,059	6,023	5,121	4,404	2006	3	10,417	5,713	4,818	4,065
2002	5	9,723	6,094	5,212	4,38	2006	4	10,237	5,739	4,846	4,268
2002	6	9,95	6,174	5,237	4,52	2006	5	10,105	5,818	4,869	4,144
2002	7	9,939	6,233	5,082	4,604	2006	6	10,424	5,792	4,895	4,28
2002	8	10,101	6,301	5,304	4,647	2006	7	10,119	5,907	4,881	4,239
2002	9	10,125	6,291	5,37	4,784	2006	8	10,507	5,798	4,812	4,096
2002	10	10,841	5,715	5,381	4,744	2006	9	10,462	5,857	4,782	4,064
2002	11	10,29	6,265	5,297	4,799	2006	10	10,475	5,859	4,746	4,112
2002	12	10,317	6,159	5,251	4,786	2006	11	10,569	5,843	4,655	4,065
2003	1	9,939	6,188	5,128	4,834	2006	12	10,695	5,797	4,666	4,05
2003	2	10,267	6,126	5,147	4,904	2007	1	10,499	5,776	4,677	4,166
2003	3	10,111	6,081	5,145	5,124	2007	2	10,44	5,756	4,654	4,003
2003	4	10,266	6,023	5,021	4,913	2007	3	10,445	5,819	4,64	4,17
2003	5	10,194	5,958	4,647	4,666	2007	4	10,541	5,827	4,66	4,104
2003	6	10,236	5,899	5,002	4,485	2007	5	10,35	5,832	4,604	4,046
2003	7	10,405	5,736	4,99	4,387	2007	6	10,21	5,726	4,599	4,032
2003	8	10,325	5,952	4,733	4,236	2007	7	10,324	5,585	4,583	3,863
2003	9	10,457	5,907	4,963	4,382	2007	8	10,475	5,884	4,632	4,361
2003	10	10,615	5,831	5,003	4,333	2007	9	10,316	5,843	4,599	4,603
2003	11	11,052	5,409	4,994	4,297	2007	10	10,486	5,821	4,525	4,373

Ano	mês	QTD	PTD	PS	I	Ano	mês	QTD	PTD	PS	I
2007	11	10,481	5,832	4,493	4,418	2011	12	9,326	5,877	4,375	5,182
2007	12	10,763	5,404	4,506	4,572	2012	1	9,022	5,62	4,404	5,041
2008	1	10,267	5,846	4,48	4,903	2012	2	10,136	4,533	4,322	4,95
2008	2	10,453	5,723	4,045	4,599	2012	3	9,105	5,854	4,364	4,886
2008	3	10,227	5,777	4,428	4,784	2012	4	8,711	5,75	4,377	4,866
2008	4	11,213	4,682	4,437	4,518	2012	5	8,843	5,666	4,416	5,073
2008	5	9,843	5,781	4,386	4,357	2012	6	8,813	5,69	4,421	5,21
2008	6	9,898	5,416	4,387	4,466	2012	7	8,654	5,711	4,451	5,024
2008	7	9,755	5,656	4,375	4,568	2012	8	8,862	5,718	4,408	4,762
2008	8	9,741	5,652	4,345	4,503	2012	9	8,681	5,621	4,389	5,034
2008	9	9,747	5,965	4,478	5,091	2012	10	8,855	5,609	4,392	5,018
2008	10	9,891	6,073	4,614	5,34	2012	11	8,944	5,679	4,393	5,111
2008	11	9,669	6,02	4,65	4,967	2012	12	8,994	5,713	4,417	5,137
2008	12	9,558	6,139	4,646	4,974	2013	1	9,005	5,71	4,362	5,119
2009	1	9,188	6,092	4,635	4,979	2013	2	9,215	5,624	4,357	4,81
2009	2	9,42	6,024	4,533	4,993	2013	3	8,947	5,589	4,36	4,981
2009	3	9,347	6,043	4,62	4,885	2013	4	8,979	5,66	4,358	4,914
2009	4	9,311	5,982	4,579	4,628	2013	5	9,026	5,661	4,409	4,68
2009	5	9,557	5,889	4,477	4,644	2013	6	8,817	5,78	4,486	4,848
2009	6	9,23	5,88	4,463	4,759	2013	7	8,679	5,958	4,509	4,682
2009	7	9,248	5,832	4,464	4,666	2013	8	8,817	5,843	4,554	4,782
2009	8	9,502	5,742	4,39	4,635	2013	9	8,757	5,809	4,524	4,932
2009	9	9,421	5,756	4,376	4,663	2013	10	8,882	5,842	4,462	5,127
2009	10	9,568	5,749	4,318	4,523	2013	11	8,854	5,856	4,495	4,643
2009	11	9,726	5,734	4,345	4,654	2013	12	8,887	6,04	4,562	4,809
2009	12	9,568	5,738	4,393	4,629	2014	1	8,655	5,863	4,536	4,747
2010	1	9,27	5,852	4,427	4,768	2014	2	9,126	5,815	4,546	4,617
2010	2	9,428	5,746	4,462	4,737	2014	3	8,736	5,888	4,507	4,742
2010	3	9,602	5,73	4,463	4,738	2014	4	8,961	5,667	4,435	4,705
2010	4	9,31	5,718	4,456	4,69	2014	5	8,693	5,679	4,447	4,671
2010	5	9,088	5,77	4,457	4,993	2014	6	8,955	5,759	4,469	4,512
2010	6	9,081	5,706	4,449	4,928	2014	7	8,896	5,708	4,486	4,545
2010	7	9,672	5,296	4,479	5	2014	8	8,832	5,817	4,501	4,573
2010	8	9,165	5,719	4,469	4,815	2014	9	8,82	5,918	4,52	4,802
2010	9	9,435	5,633	4,383	4,892	2014	10	9,117	5,97	4,564	4,724
2010	10	9,339	5,634	4,346	4,843	2014	11	8,987	6,011	4,592	4,782
2010	11	9,623	5,769	4,376	4,879	2014	12	9,472	6,064	4,621	4,712
2010	12	9,442	5,749	4,361	4,904	2015	1	8,967	6,032	4,603	4,86
2011	1	9,267	5,661	4,357	4,739	2015	2	8,932	6,104	4,683	4,75
2011	2	9,374	5,697	4,352	4,57	2015	3	9,033	6,211	4,778	4,713
2011	3	9,29	5,615	4,345	4,87	2015	4	9,019	6,101	4,713	4,615
2011	4	8,976	5,565	4,224	4,778	2015	5	8,897	6,03	4,719	4,649
2011	5	8,954	5,691	4,299	4,543	2015	6	8,768	6,064	4,749	4,781
2011	6	8,849	5,543	4,288	4,825	2015	7	8,658	5,991	4,747	4,813
2011	7	8,469	5,8	4,315	5,036	2015	8	8,631	6,166	4,817	4,786
2011	8	8,801	5,828	4,244	5,379	2015	9	8,381	6,212	4,912	5,035
2011	9	8,963	5,999	4,411	5,27	2015	10	8,903	6,103	4,825	4,753
2011	10	9,207	5,87	4,381	5,114	2015	11	8,641	6,016	4,741	4,657
2011	11	9,175	5,872	4,375	5,256	2015	12	8,642	6,145	4,767	4,724

Ano	mês	QTD	PTD	PS	I	Ano	mês	QTD	PTD	PS	I
2016	1	8,767	6,159	4,782	4,973	2020	2	9,003	5,885	4,092	5,281
2016	2	8,695	5,964	4,722	4,994	2020	3	9,543	5,601	4,335	5,764
2016	3	9,099	5,979	4,637	5,071	2020	4	9,447	5,682	4,491	5,793
2016	4	8,886	6,013	4,545	4,958	2020	5	9,465	6,01	3,788	6,03
2016	5	9,125	5,905	4,539	4,835	2020	6	8,868	5,86	3,13	5,735
2016	6	8,934	5,809	4,514	5,443	2020	7	9,153	5,903	3,565	5,747
2016	7	9,151	5,781	4,452	5,323	2020	8	9,166	5,896	3,227	5,668
2016	8	8,976	5,892	4,484	4,903	2020	9	9,67	5,459	3,569	5,734
2016	9	8,815	5,833	4,478	4,909	2020	10	9,307	5,808	3,603	5,725
2016	10	8,636	5,792	4,442	4,84	2020	11	9,781	5,392	3,275	5,985
2016	11	9,005	5,869	4,513	5,433	2020	12	9,438	5,506	3,162	5,712
2016	12	9,024	5,914	4,528	5,22	2021	1	9,292	5,712	3,919	5,605
2017	1	8,871	5,786	4,457	5,511	2021	2	9,436	5,286	3,87	5,274
2017	2	8,773	5,743	4,433	5,227	2021	3	9,267	5,675	4,513	5,357
2017	3	9,157	5,717	4,446	5,464	2021	4	9,214	5,657	4,535	5,267
2017	4	8,743	5,827	4,462	5,173	2021	5	9,388	5,608	4,497	5,154
2017	5	9,033	5,762	4,486	4,97	2021	6	9,093	5,511	4,486	5,142
2017	6	8,927	5,836	4,338	5,146	2021	7	9,12	5,59	4,599	5,242
2017	7	8,929	5,857	4,545	5,106	2021	8	8,929	5,606	4,667	5,305
2017	8	8,983	5,934	4,529	4,946	2021	9	8,523	5,656	4,702	5,356
2017	9	9,044	5,896	4,53	5,06	2021	10	8,399	5,918	4,714	5,232
2017	10	9,143	5,837	4,525	4,973	2021	11	8,893	5,75	4,774	5,435
2017	11	9,113	5,808	4,551	5,075	2021	12	9,28	5,722	4,756	5,555
2017	12	9,063	5,951	4,561	4,998	2022	1	9,186	5,632	4,7	5,401
2018	1	8,873	5,834	4,503	5,18	2022	2	8,709	5,699	4,639	5,169
2018	2	8,782	5,895	4,516	4,836	2022	3	9,277	5,627	4,548	5,698
2018	3	10,397	4,52	4,538	5,202	2022	4	9,061	5,726	4,468	5,597
2018	4	9,01	6,067	4,576	5,106	2022	5	9,202	5,686	4,557	5,62
2018	5	8,723	5,949	4,627	5,145	2022	6	9,733	5,595	4,582	5,514
2018	6	9,083	5,928	4,65	5,105	2022	7	9,111	6,001	4,671	5,68
2018	7	8,573	6,132	4,711	5,427	2022	8	8,976	5,737	4,639	5,463
2018	8	9,136	5,792	3,85	5,148	2022	9	8,796	5,634	4,574	5,517
2018	9	9,27	5,941	4,216	5,264	2022	10	9,152	5,753	4,599	5,58
2018	10	10,704	4,351	4,585	5,364	2022	11	8,981	5,645	4,536	5,741
2018	11	9,254	6	-1,69	5,51	2022	12	8,744	5,848	4,518	5,48
2018	12	9,406	5,981	3,998	5,395	2023	1	9,695	5,115	4,398	5,381
2019	1	9,197	5,934	-1,718	5,497	2023	2	8,834	5,71	4,323	5,49
2019	2	9,19	5,756	4,077	5,158	2023	3	8,979	5,804	4,414	5,748
2019	3	9,45	5,829	4,359	5,484	2023	4	9,022	5,7	4,371	5,543
2019	4	9,269	5,867	4,607	5,254	2023	5	8,844	5,684	4,459	5,353
2019	5	9,411	5,862	4,571	5,41	2023	6	8,966	5,718	4,439	5,4
2019	6	9,175	5,781	4,535	5,77	2023	7	8,387	5,854	4,435	5,256
2019	7	9,203	5,733	3,907	5,519	2023	8	8,779	5,642	4,459	5,168
2019	8	8,946	5,86	3,202	5,672	2023	9	8,499	5,726	4,411	5,302
2019	9	8,763	5,802	3,476	5,47	2023	10	8,25	5,72	4,449	5,249
2019	10	9,277	5,83	3,65	5,31	2023	11	8,026	5,634	4,401	5,337
2019	11	9,182	5,983	4,428	5,491	2023	12	8,066	5,627	4,378	5,407
2019	12	9,041	5,889	4,493	5,447	2024	1	8,507	5,636	4,348	5,479
2020	1	8,982	5,754	4,192	5,256	2024	2	8,311	5,759	4,375	5,124

Ano	mês	QTD	PTD	PS	I
2024	3	8,027	5,538	4,452	5,19
2024	4	8,733	5,609	4,44	5,143
2024	5	8,634	5,586	4,474	5,216
2024	6	8,309	5,773	4,535	5,156
2024	7	8,663	5,728	4,543	5,434
2024	8	7,838	5,618	4,563	5,253
2024	9	7,862	5,672	4,531	5,309
2024	10	8,129	5,699	4,577	5,323
2024	11	8,643	5,737	4,596	5,644
2024	12	8,306	5,638	4,377	5,792
2025	1	8,567	5,651	4,632	5,734

Ano	mês	QTD	PTD	PS	I
2025	2	8,081	5,643	4,539	5,792
2025	3	8,541	5,546	4,56	6,15
2025	4	8,418	5,643	4,407	6,435
2025	5	8,846	5,576	4,525	6,238
2025	6	9,002	5,577	4,39	5,91
2025	7	8,842	5,743	4,418	6,009
2025	8	8,152	5,553	4,475	5,839
2025	9	8,398	5,817	4,432	5,732
2025	10	8,913	5,766	4,421	6,004
2025	11	8,988	5,777	4,412	5,916

ANEXO III – CÓDIGO DA DEMANDA

```
# =====
# ANALISE DA FUNCAO DE DEMANDA DE EXPORTACAO
# MADEIRA SERRADA TROPICAL
# =====
#
# Equacao teorica utilizada:
#
#  $\ln QD_t = \beta_0 + \beta_1 \ln PTD_t + \beta_2 \ln PS_t + \beta_3 \ln I_t + \text{erro}_t$ 
#
# Em que:
# QD = quantum demandado das exportacoes brasileiras de madeira serrada tropical
# PTD = preco FOB das exportacoes brasileiras de madeira serrada tropical
# PS = preco FOB do produto substituto, madeira serrada de coniferas
# I = proxy de atividade economica mundial
#
# Observacao:
# As variaveis da planilha ja devem estar em logaritmo natural.
# O script NAO aplica logaritmo novamente.
#
# Ordem metodologica implementada:
# 1. Teste ADF em todas as series em logaritmo.
# 2. Se alguma serie nao for estacionaria em nivel, usar primeira diferenca.
# 3. Teste de Chow para verificar quebra estrutural.
# 4. Se o teste de Chow indicar quebra estrutural ( $p < 0,05$ ),
# o modelo incorpora a mudanca por dummy de intercepto e dummies de inclinacao.
# 5. Teste de multicolinearidade pelo VIF.
# 6. Regressao inicial por MQO.
# 7. Teste de Durbin-Watson.
# 8. Cochrane-Orcutt se houver autocorrelacao.
# 9. Se Cochrane-Orcutt nao convergir em 20 iteracoes, adotar modelo Delta.
# 10. Inferencia final: teste F, testes t e R2.
# 11. Testes finais:
# - Jarque-Bera:  $p > 0,05$  indica normalidade dos residuos.
# - Breusch-Pagan:  $p > 0,05$  indica homocedasticidade dos residuos.
# - Engle-Granger:  $p < 0,05$  indica relacao de longo prazo entre as variaveis.
# =====
# =====
# 1. CONFIGURACOES DO USUARIO
# =====
```

```

# Caminho da planilha Excel.
# Use barras normais "/" no caminho, mesmo no Windows.
arquivo_excel <- "C:/Users/.xlsx"

# Aba da planilha. Use 1 para a primeira aba.
aba_excel <- 1

# Nivel de significancia adotado nos testes estatisticos.
alpha <- 0.05

# Regra operacional para considerar a estatistica Durbin-Watson "proxima de 2".
dw_limite_inferior <- 1.85
dw_limite_superior <- 2.15

# Numero maximo de iteracoes do Cochrane-Orcutt.
max_iter_cochrane_orcutt <- 20

# Se TRUE, tenta instalar automaticamente pacotes ausentes.
instalar_pacotes_automaticamente <- TRUE

# Proporcao minima de observacoes em cada lado da quebra estrutural.
# Usado pelo pacote strucchange para evitar que a quebra fique perto demais do inicio ou do
fim da serie.
h_chow <- 0.15

# =====
# 2. PACOTES NECESSARIOS
# =====

pacotes <- c(
  "readxl",
  "tseries",
  "lmtest",
  "car",
  "strucchange"
)

# No Windows, a pasta C:/Program Files/R/... geralmente não é gravável.
# Por isso, os pacotes são instalados em uma biblioteca dentro da pasta do usuário.
versao_r <- paste(R.version$major, strsplit(R.version$minor, "\\.")[[1]][1], sep = ".")
biblioteca_usuario <- file.path(Sys.getenv("USERPROFILE"), "Documents", "R",
"winlibrary", versao_r)

```

```

if (!dir.exists(biblioteca_usuario)) {
  dir.create(biblioteca_usuario, recursive = TRUE, showWarnings = FALSE)
}

.libPaths(unique(c(biblioteca_usuario, .libPaths()))))

options(repos = c(CRAN = "https://cloud.r-project.org"))

if (instalar_pacotes_automaticamente) {
  pacotes_faltantes <- pacotes[!pacotes %in% rownames(installed.packages())]

  if (length(pacotes_faltantes) > 0) {
    install.packages(
      pacotes_faltantes,
      lib = biblioteca_usuario,
      dependencies = TRUE
    )
  }
}

invisible(lapply(pacotes, library, character.only = TRUE))

# =====
# 3. FUNCOES AUXILIARES
# =====

imprimir_titulo <- function(texto) {

  cat("\n=====\\n"
  )
  cat(texto, "\\n")
  cat("=====\\n")
}

imprimir_subtitulo <- function(texto) {
  cat("\n-----\\n")
  cat(texto, "\\n")
}

converter_mes <- function(x) {
  # Aceita meses como numero, "01", "Jan", "Janeiro", etc.

  if (is.numeric(x)) {

```

```

    return(as.integer(x))
}

x_original <- x
x <- trimws(tolower(as.character(x)))
x <- iconv(x, from = "", to = "ASCII//TRANSLIT")

mapa_meses <- c(
  "jan" = 1, "janeiro" = 1,
  "fev" = 2, "fevereiro" = 2,
  "mar" = 3, "marco" = 3,
  "abr" = 4, "abril" = 4,
  "mai" = 5, "maio" = 5,
  "jun" = 6, "junho" = 6,
  "jul" = 7, "julho" = 7,
  "ago" = 8, "agosto" = 8,
  "set" = 9, "setembro" = 9,
  "out" = 10, "outubro" = 10,
  "nov" = 11, "novembro" = 11,
  "dez" = 12, "dezembro" = 12
)

mes_num <- suppressWarnings(as.integer(x))
precisa_mapear <- is.na(mes_num)

if (any(precisa_mapear)) {
  mes_num[precisa_mapear] <- unname(mapa_meses[x[precisa_mapear]])
}

if (any(is.na(mes_num))) {
  stop(
    "Nao foi possivel identificar todos os meses. Verifique a coluna B. ",
    "Valores problematicos: ",
    paste(unique(x_original[is.na(mes_num)]), collapse = ", ")
  )
}

return(as.integer(mes_num))
}

converter_numero <- function(x, nome_variavel) {
  # Converte numeros que podem ter vindo do Excel como texto.
  # Aceita decimal com ponto ou com virgula.

```

```

if (is.numeric(x)) {
  return(as.numeric(x))
}

x_chr <- trimws(as.character(x))

tem_virgula <- grepl(",", x_chr)

x_chr[tem_virgula] <- gsub("\\.", "", x_chr[tem_virgula])
x_chr[tem_virgula] <- gsub(",", ".", x_chr[tem_virgula])

x_num <- suppressWarnings(as.numeric(x_chr))

if (any(is.na(x_num))) {
  stop(
    "A variavel '", nome_variavel, "' possui valores nao numericos ou vazios. ",
    "Revise a planilha antes de rodar a regressao."
  )
}

return(x_num)
}

interpretar_adf <- function(p_valor, alpha) {
  if (is.na(p_valor)) return("sem conclusao")
  if (p_valor < alpha) return("estacionaria")
  return("nao estacionaria")
}

executar_adf <- function(serie, nome_serie, alpha) {
  serie <- na.omit(as.numeric(serie))

  imprimir_subtitulo(paste("Teste ADF para", nome_serie))

  cat("H0: a serie possui raiz unitaria, isto e, nao e estacionaria.\n")
  cat("H1: a serie e estacionaria.\n")

  if (length(serie) < 10) {
    cat("Teste nao executado: menos de 10 observacoes validas.\n")
    return(list(executado = FALSE, p_valor = NA_real_, estacionaria = FALSE))
  }
}

```

```

if (sd(serie) == 0) {
  cat("Teste nao executado: serie constante.\n")
  return(list(executado = FALSE, p_valor = NA_real_, estacionaria = FALSE))
}

teste <- tryCatch(
  suppressWarnings(tseries::adf.test(serie, alternative = "stationary")),
  error = function(e) {
    cat("Erro no ADF:", conditionMessage(e), "\n")
    return(NULL)
  }
)

if (is.null(teste)) {
  return(list(executado = FALSE, p_valor = NA_real_, estacionaria = FALSE))
}

p_valor <- teste$p.value
estacionaria <- !is.na(p_valor) && p_valor < alpha

cat("Estatistica ADF:", round(unname(teste$statistic), 6), "\n")
cat("P-valor:", round(p_valor, 6), "\n")
cat("Decisao:", interpretar_adf(p_valor, alpha), "\n")

return(list(
  executado = TRUE,
  estatistica = unname(teste$statistic),
  p_valor = p_valor,
  estacionaria = estacionaria
))
}

preparar_base_modelo <- function(dados, usar_primeira_diferenca) {
  # Quando alguma serie nao e estacionaria em nivel, o script passa a usar
  # primeiras diferencas das variaveis em log.

  if (usar_primeira_diferenca) {
    base <- dados[-1, , drop = FALSE]

    base$Delta_QD <- diff(dados$QD)
    base$Delta_PTD <- diff(dados$PTD)
    base$Delta_PS <- diff(dados$PS)
    base$Delta_I <- diff(dados$I)
  }
}

```

```

variavel_dependente <- "Delta_QD"
variaveis_explicativas <- c("Delta_PTD", "Delta_PS", "Delta_I")
descricao_modelo <- "Modelo em primeiras diferencas"

} else {
  base <- dados

  variavel_dependente <- "QD"
  variaveis_explicativas <- c("PTD", "PS", "I")
  descricao_modelo <- "Modelo em nivel"
}

formula_modelo <- as.formula(
  paste(
    variavel_dependente,
    "~",
    paste(variaveis_explicativas, collapse = " + ")
  )
)

base <- base[complete.cases(base[, c("Data", variavel_dependente, variaveis_explicativas)]),
]

return(list(
  base = base,
  formula = formula_modelo,
  y = variavel_dependente,
  x = variaveis_explicativas,
  descricao = descricao_modelo,
  usar_primeira_diferenca = usar_primeira_diferenca
))
}

classificar_vif <- function(valor) {
  if (is.na(valor)) return("sem classificacao")
  if (valor < 5) return("ausencia de multicolinearidade relevante")
  if (valor < 10) return("multicolinearidade moderada")
  return("multicolinearidade severa")
}

calcular_vif <- function(formula_modelo, dados_modelo) {
  imprimir_titulo("3. TESTE DE MULTICOLINEARIDADE - VIF")

```

```

cat("Critérios adotados:\n")
cat("VIF < 5: ausência de multicolinearidade relevante.\n")
cat("5 <= VIF < 10: multicolinearidade moderada.\n")
cat("VIF >= 10: multicolinearidade severa.\n")

modelo_auxiliar <- lm(formula_modelo, data = dados_modelo)

# Verifica se há coeficientes aliasados, o que impede o cálculo do VIF.
coef_alias <- alias(modelo_auxiliar)$Complete

if (!is.null(coef_alias)) {
  cat("\nNão foi possível calcular VIF porque há multicolinearidade perfeita.\n")
  cat("Coeficientes aliasados identificados:\n")
  print(coef_alias)
  return(NULL)
}

vif_resultado <- tryCatch(
  car::vif(modelo_auxiliar),
  error = function(e) e
)

if (inherits(vif_resultado, "error")) {
  cat("Não foi possível calcular VIF:", conditionMessage(vif_resultado), "\n")
  return(NULL)
}

print(vif_resultado)

cat("\nClassificação dos VIFs:\n")

for (nome in names(vif_resultado)) {
  cat(
    nome,
    "=",
    round(vif_resultado[[nome]], 4),
    "-",
    classificar_vif(vif_resultado[[nome]]),
    "\n"
  )
}

```

```

    return(vif_resultado)
}

obter_dw <- function(modelo) {
  teste <- tryCatch(
    lmtest::dwtest(modelo, alternative = "two.sided"),
    error = function(e) NULL
  )

  if (is.null(teste)) {
    return(list(executado = FALSE, estatistica = NA_real_, p_valor = NA_real_))
  }

  return(list(
    executado = TRUE,
    estatistica = as.numeric(unname(teste$statistic)),
    p_valor = teste$p.value,
    teste = teste
  ))
}

dw_proximo_de_2 <- function(dw, limite_inferior, limite_superior) {
  !is.na(dw) && dw >= limite_inferior && dw <= limite_superior
}

diagnosticar_dw <- function(modelo, limite_inferior, limite_superior) {
  imprimir_titulo("5. TESTE d DE DURBIN-WATSON")

  cat("H0: ausencia de autocorrelacao serial de primeira ordem.\n")
  cat(
    "Regra operacional do script: DW entre",
    limite_inferior,
    "e",
    limite_superior,
    "sera tratado como proximo de 2,00.\n"
  )

  dw <- obter_dw(modelo)

  if (!dw$executado) {
    cat("Durbin-Watson nao foi calculado.\n")
    return(list(autocorrelacao = FALSE, dw = dw))
  }
}

```

```

print(dw$teste)

cat("Estatística DW:", round(dw$estatistica, 6), "\n")
cat("P-valor:", round(dw$p_valor, 6), "\n")

autocorrelacao <- !dw_proximo_de_2(
  dw$estatistica,
  limite_inferior,
  limite_superior
)

if (autocorrelacao) {
  cat("Conclusão operacional: DW não está próximo de 2,00; aplicar Cochrane-Orcutt.\n")
} else {
  cat("Conclusão operacional: DW está próximo de 2,00; Cochrane-Orcutt não é
necessário.\n")
}

return(list(autocorrelacao = autocorrelacao, dw = dw))
}

estimar_rho_residuos <- function(residuos) {
  e_t <- residuos[-1]
  e_lag <- residuos[-length(residuos)]

  rho <- sum(e_t * e_lag, na.rm = TRUE) / sum(e_lag^2, na.rm = TRUE)

  return(as.numeric(rho))
}

cochrane_orcutt_iterativo <- function(
  formula_modelo,
  dados_modelo,
  limite_inferior,
  limite_superior,
  max_iter = 20
) {
  imprimir_titulo("6. PROCEDIMENTO ITERATIVO DE COCHRANE-ORCUTT")

  mf <- model.frame(formula_modelo, data = dados_modelo)

  y_nome <- names(mf)[1]

```

```

x_nomes <- names(mf)[-1]

modelo_atual <- lm(formula_modelo, data = dados_modelo)
residuos_atual <- residuals(modelo_atual)

historico <- data.frame(
  iteracao = integer(),
  rho = numeric(),
  DW = numeric(),
  DW_proximo_2 = logical(),
  stringsAsFactors = FALSE
)

modelo_corrigido <- modelo_atual
dados_transformados_final <- NULL

convergiu <- FALSE
rho_final <- NA_real_

for (i in seq_len(max_iter)) {
  rho <- estimar_rho_residuos(residuos_atual)

  if (!is.finite(rho)) {
    cat("Iteracao interrompida: rho nao finito.\n")
    break
  }

  dados_transformados <- dados_modelo[-1, , drop = FALSE]

  dados_transformados[[y_nome]] <-
    dados_modelo[[y_nome]][-1] -
    rho * dados_modelo[[y_nome]][-nrow(dados_modelo)]

  for (x in x_nomes) {
    dados_transformados[[x]] <-
      dados_modelo[[x]][-1] -
      rho * dados_modelo[[x]][-nrow(dados_modelo)]
  }

  modelo_corrigido <- lm(formula_modelo, data = dados_transformados)

  dw <- obter_dw(modelo_corrigido)

```

```

dw_ok <- dw_proximo_de_2(
  dw$estatistica,
  limite_inferior,
  limite_superior
)

historico <- rbind(
  historico,
  data.frame(
    iteracao = i,
    rho = rho,
    DW = dw$estatistica,
    DW_proximo_2 = dw_ok
  )
)

cat("\nIteracao", i, "\n")
cat("rho estimado:", round(rho, 8), "\n")
cat("DW apos transformacao:", round(dw$estatistica, 6), "\n")
cat("DW proximo de 2,00?", ifelse(dw_ok, "Sim", "Nao"), "\n")

rho_final <- rho
dados_transformados_final <- dados_transformados

if (dw_ok) {
  convergiu <- TRUE
  cat("\nCritério de parada: DW ficou proximo de 2,00.\n")
  break
}

residuos_atual <- residuals(modelo_corrigido)
}

if (!convergiu) {
  cat("\nCochrane-Orcutt nao convergiu dentro de", max_iter, "iteracoes.\n")
  cat("O script adotara o modelo em primeiras diferencas, conforme regra definida.\n")
}

return(list(
  modelo = modelo_corrigido,
  dados_transformados = dados_transformados_final,
  historico = historico,
  rho_final = rho_final,

```

```

    convergiu = convergiu
  ))
}

imprimir_inferencia_final <- function(modelo, nome_modelo, alpha) {
  imprimir_titulo("8. ADEQUACAO ESTATISTICA E INFERENCIA FINAL")

  resumo <- summary(modelo)

  cat("Modelo definitivo:", nome_modelo, "\n")

  cat("\nCoeficientes estimados e teste t de Student:\n")
  print(resumo$coefficients)

  cat("\nCoeficiente de determinacao:\n")
  cat("R2:", round(resumo$r.squared, 6), "\n")
  cat("R2 ajustado:", round(resumo$adj.r.squared, 6), "\n")

  fstat <- resumo$fstatistic

  if (!is.null(fstat)) {
    p_f <- pf(fstat[1], fstat[2], fstat[3], lower.tail = FALSE)

    cat("\nTeste F de Snedecor - significancia global do modelo:\n")
    cat("F calculado:", round(unname(fstat[1]), 6), "\n")
    cat("Graus de liberdade:", unname(fstat[2]), "e", unname(fstat[3]), "\n")
    cat("P-valor:", signif(p_f, 6), "\n")

    if (p_f < alpha) {
      cat("Conclusao: o modelo e globalmente significativo ao nivel de", alpha, ".\n")
    } else {
      cat("Conclusao: o modelo nao e globalmente significativo ao nivel de", alpha, ".\n")
    }
  }

  cat("\nIntervalos de confianca dos parametros:\n")
  print(confint(modelo))
}

# =====
# 4. TESTE DE CHOW E QUEBRA ESTRUTURAL
# =====

```

```

identificar_ponto_quebra <- function(formula_modelo, dados_modelo, h_chow) {
  # O teste de Chow exige um ponto de quebra.
  # Aqui, o ponto e estimado previamente pelo procedimento breakpoints().
  # Depois, o Chow e aplicado ao ponto estimado.

  resultado <- tryCatch(
    strucchange::breakpoints(formula_modelo, data = dados_modelo, h = h_chow),
    error = function(e) e
  )

  if (inherits(resultado, "error")) {
    cat("Nao foi possivel estimar ponto de quebra:", conditionMessage(resultado), "\n")
    return(NULL)
  }

  bp <- resultado$breakpoints

  bp <- bp[!is.na(bp)]

  if (length(bp) == 0) {
    cat("Nenhum ponto de quebra foi estimado pelo procedimento breakpoints().\n")
    return(NULL)
  }

  # Usa o primeiro ponto de quebra estimado.
  # Em geral, para artigo simples, isso evita criar excesso de quebras.
  ponto <- bp[1]

  return(list(
    objeto_breakpoints = resultado,
    ponto = ponto
  ))
}

executar_teste_chow <- function(formula_modelo, dados_modelo, alpha, h_chow) {
  imprimir_titulo("2. TESTE DE CHOW - QUEBRA ESTRUTURAL")

  cat("H0: ausencia de quebra estrutural no ponto testado.\n")
  cat("H1: existencia de quebra estrutural no ponto testado.\n")
  cat("\nObservacao: o teste de Chow exige um ponto de quebra.\n")
  cat("O ponto foi estimado automaticamente com breakpoints() e depois testado com Chow.\n")
}

```

```

if (nrow(dados_modelo) < 20) {
  cat("\nTeste de Chow nao executado: menos de 20 observacoes no modelo.\n")
  return(list(
    executado = FALSE,
    quebra = FALSE,
    p_valor = NA_real_,
    ponto = NA_integer_,
    data_quebra = as.Date(NA)
  ))
}

ponto_estimado <- identificar_ponto_quebra(
  formula_modelo = formula_modelo,
  dados_modelo = dados_modelo,
  h_chow = h_chow
)

if (is.null(ponto_estimado)) {
  return(list(
    executado = FALSE,
    quebra = FALSE,
    p_valor = NA_real_,
    ponto = NA_integer_,
    data_quebra = as.Date(NA)
  ))
}

ponto <- ponto_estimado$ponto
data_quebra <- dados_modelo$Data[ponto]

cat("\nPonto de quebra estimado:", ponto, "\n")
cat("Data aproximada da quebra:", format(data_quebra, "%Y-%m"), "\n")

teste_chow <- tryCatch(
  strucchange::sctest(
    formula_modelo,
    type = "Chow",
    point = ponto,
    data = dados_modelo
  ),
  error = function(e) e
)

```

```

if (inherits(teste_chow, "error")) {
  cat("Nao foi possivel executar o teste de Chow:", conditionMessage(teste_chow), "\n")

  return(list(
    executado = FALSE,
    quebra = FALSE,
    p_valor = NA_real_,
    ponto = ponto,
    data_quebra = data_quebra
  ))
}

print(teste_chow)

p_valor <- teste_chow$p.value
quebra <- !is.na(p_valor) && p_valor < alpha

cat("\nP-valor do teste de Chow:", round(p_valor, 6), "\n")

if (quebra) {
  cat("Conclusao: ha evidencia de quebra estrutural ao nivel de", alpha, ".\n")
  cat("Decisao: incorporar dummy de intercepto e dummies de inclinacao no modelo.\n")
} else {
  cat("Conclusao: nao ha evidencia estatistica de quebra estrutural ao nivel de", alpha, ".\n")
  cat("Decisao: manter modelo sem dummy de quebra estrutural.\n")
}

return(list(
  executado = TRUE,
  quebra = quebra,
  p_valor = p_valor,
  ponto = ponto,
  data_quebra = data_quebra,
  teste = teste_chow
))
}

incorporar_quebra_estrutural <- function(preparacao, resultado_chow) {
  # Se houver quebra estrutural, cria:
  # 1. Dummy_Chow_Intercepto
  # 2. Interacoes da dummy com cada variavel explicativa,
  # permitindo mudanca de inclinacao.

```

```

base <- preparacao$base
variaveis_explicativas <- preparacao$x

if (!isTRUE(resultado_chow$quebra)) {
  return(list(
    base = base,
    formula = preparacao$formula,
    y = preparacao$y,
    x = preparacao$x,
    descricao = preparacao$descricao,
    usar_primeira_diferenca = preparacao$usar_primeira_diferenca,
    dummy_chow_incluida = FALSE,
    data_quebra = as.Date(NA)
  ))
}

data_quebra <- resultado_chow$data_quebra

base$Dummy_Chow_Intercepto <- ifelse(base$Data >= data_quebra, 1, 0)

nomes_interacoes <- character(0)

for (x in variaveis_explicativas) {
  nome_interacao <- paste0("Dummy_Chow_x_", x)

  base[[nome_interacao]] <- base$Dummy_Chow_Intercepto * base[[x]]

  nomes_interacoes <- c(nomes_interacoes, nome_interacao)
}

novas_variaveis <- c(
  variaveis_explicativas,
  "Dummy_Chow_Intercepto",
  nomes_interacoes
)

formula_nova <- as.formula(
  paste(
    preparacao$y,
    "~",
    paste(novas_variaveis, collapse = " + ")
  )
)

```

```

base <- base[complete.cases(base[, c(preparacao$y, novas_variaveis)]), ]

cat("\nModelo atualizado com quebra estrutural:\n")
print(formula_nova)

cat("\nDummy_Chow_Intercepto: 0 antes de", format(data_quebra, "%Y-%m"),
    "e 1 a partir de", format(data_quebra, "%Y-%m"), ".\n")

cat("\nVariaveis de inclinacao adicionadas:\n")
print(nomes_interacoes)

return(list(
  base = base,
  formula = formula_nova,
  y = preparacao$y,
  x = novas_variaveis,
  descricao = paste(preparacao$descricao, "com dummy de quebra estrutural"),
  usar_primeira_diferenca = preparacao$usar_primeira_diferenca,
  dummy_chow_incluida = TRUE,
  data_quebra = data_quebra
))
}

# =====
# 5. TESTES FINAIS DE DIAGNOSTICO
# =====

executar_jarque_bera <- function(modelo, alpha) {
  imprimir_titulo("9. TESTE DE JARQUE-BERA - NORMALIDADE DOS RESIDUOS")

  cat("H0: os residuos seguem distribuicao normal.\n")
  cat("H1: os residuos nao seguem distribuicao normal.\n")
  cat("Critério:  $p > 0,05$  indica normalidade dos residuos.\n")

  residuos <- residuals(modelo)

  teste <- tryCatch(
    tseries::jarque.bera.test(residuos),
    error = function(e) e
  )

  if (inherits(teste, "error")) {

```

```

    cat("Nao foi possivel executar Jarque-Bera:", conditionMessage(teste), "\n")
    return(NULL)
}

print(teste)

cat("P-valor:", round(teste$p.value, 6), "\n")

if (teste$p.value > alpha) {
    cat("Conclusao: p > 0,05; nao se rejeita normalidade dos residuos.\n")
} else {
    cat("Conclusao: p <= 0,05; rejeita-se normalidade dos residuos.\n")
}

return(teste)
}

executar_breusch_pagan <- function(modelo, alpha) {
    imprimir_titulo("10. TESTE DE BREUSCH-PAGAN - HOMOCEDASTICIDADE")

    cat("H0: os residuos sao homocedasticos.\n")
    cat("H1: os residuos sao heterocedasticos.\n")
    cat("Critério: p > 0,05 indica homocedasticidade dos residuos.\n")

    teste <- tryCatch(
        lmtest::bptest(modelo),
        error = function(e) e
    )

    if (inherits(teste, "error")) {
        cat("Nao foi possivel executar Breusch-Pagan:", conditionMessage(teste), "\n")
        return(NULL)
    }

    print(teste)

    cat("P-valor:", round(teste$p.value, 6), "\n")

    if (teste$p.value > alpha) {
        cat("Conclusao: p > 0,05; nao se rejeita homocedasticidade dos residuos.\n")
    } else {
        cat("Conclusao: p <= 0,05; ha evidencia de heterocedasticidade.\n")
    }
}

```

```

return(teste)
}

executar_engle_granger <- function(dados, alpha, data_quebra_chow = as.Date(NA)) {
  imprimir_titulo("11. TESTE DE ENGLE-GRANGER - RELACAO DE LONGO PRAZO")

  cat("H0: os residuos da regressao de cointegracao possuem raiz unitaria.\n")
  cat("H1: os residuos sao estacionarios, indicando cointegracao.\n")
  cat("Critério: p < 0,05 indica existencia de relacao de longo prazo entre as variaveis.\n")

  dados_eg <- dados[complete.cases(dados[, c("QD", "PTD", "PS", "I", "Data")]), ]

  if (nrow(dados_eg) < 20) {
    cat("Teste nao executado: menos de 20 observacoes validas.\n")
    return(NULL)
  }

  # O Engle-Granger e feito com as variaveis em nivel.
  # Mesmo que o modelo final tenha sido estimado em primeira diferenca,
  # este teste verifica se existe relacao de longo prazo entre as series em nivel.

  if (!is.na(data_quebra_chow)) {
    dados_eg$Dummy_Chow_Intercepto <- ifelse(dados_eg$Data >= data_quebra_chow, 1, 0)

    dados_eg$Dummy_Chow_x_PTD <- dados_eg$Dummy_Chow_Intercepto *
dados_eg$PTD
    dados_eg$Dummy_Chow_x_PS <- dados_eg$Dummy_Chow_Intercepto * dados_eg$PS
    dados_eg$Dummy_Chow_x_I <- dados_eg$Dummy_Chow_Intercepto * dados_eg$I

    formula_eg <- QD ~ PTD + PS + I +
      Dummy_Chow_Intercepto +
      Dummy_Chow_x_PTD +
      Dummy_Chow_x_PS +
      Dummy_Chow_x_I

    cat("\nRegressao de cointegracao estimada com dummy de quebra estrutural.\n")

  } else {
    formula_eg <- QD ~ PTD + PS + I

    cat("\nRegressao de cointegracao estimada sem dummy de quebra estrutural.\n")
  }
}

```

```

modelo_eg <- tryCatch(
  lm(formula_eg, data = dados_eg),
  error = function(e) e
)

if (inherits(modelo_eg, "error")) {
  cat("Nao foi possivel estimar a regressao de cointegracao:", conditionMessage(modelo_eg),
"\n")
  return(NULL)
}

cat("\nResumo da regressao de cointegracao:\n")
print(summary(modelo_eg))

residuos_eg <- residuals(modelo_eg)

teste_adf_residuos <- tryCatch(
  suppressWarnings(tseries::adf.test(residuos_eg, alternative = "stationary")),
  error = function(e) e
)

if (inherits(teste_adf_residuos, "error")) {
  cat("Nao foi possivel executar ADF nos residuos:", conditionMessage(teste_adf_residuos),
"\n")
  return(NULL)
}

cat("\nADF aplicado aos residuos da regressao de cointegracao:\n")
print(teste_adf_residuos)

cat("P-valor:", round(teste_adf_residuos$p.value, 6), "\n")

if (teste_adf_residuos$p.value < alpha) {
  cat("Conclusao:  $p < 0,05$ ; ha evidencia de relacao de longo prazo entre as variaveis.\n")
} else {
  cat("Conclusao:  $p \geq 0,05$ ; nao ha evidencia de relacao de longo prazo entre as variaveis.\n")
}

return(list(
  modelo_cointegracao = modelo_eg,
  teste_adf_residuos = teste_adf_residuos
))

```

```

}

# =====
# 6. LEITURA E ORGANIZACAO DA PLANILHA
# =====

imprimir_titulo("LEITURA E ORGANIZACAO DA BASE")

if (!file.exists(arquivo_excel)) {
  stop(
    "Arquivo Excel nao encontrado. Altere a variavel 'arquivo_excel'. ",
    "Caminho informado: ", arquivo_excel
  )
}

dados_brutos <- readxl::read_excel(path = arquivo_excel, sheet = aba_excel)

if (ncol(dados_brutos) < 6) {
  stop("A planilha precisa ter pelo menos 6 colunas: Ano, Mes, QD, PTD, PS, I.")
}

# Usa as seis primeiras colunas, conforme a estrutura especificada.
dados <- as.data.frame(dados_brutos[, 1:6])

names(dados) <- c("Ano", "Mes", "QD", "PTD", "PS", "I")

dados$Ano <- as.integer(converter_numero(dados$Ano, "Ano"))
dados$Mes <- converter_mes(dados$Mes)

dados$QD <- converter_numero(dados$QD, "QD")
dados$PTD <- converter_numero(dados$PTD, "PTD")
dados$PS <- converter_numero(dados$PS, "PS")
dados$I <- converter_numero(dados$I, "I")

if (any(dados$Mes < 1 | dados$Mes > 12)) {
  stop("A coluna Mes deve conter valores entre 1 e 12.")
}

dados$Data <- as.Date(sprintf("%04d-%02d-01", dados$Ano, dados$Mes))

dados <- dados[order(dados$Data), ]

dados <- dados[complete.cases(dados[, c("Ano", "Mes", "Data", "QD", "PTD", "PS", "I"))], ]

```

```

if (nrow(dados) < 15) {
  warning("A base possui menos de 15 observacoes completas. Os testes podem perder
confiabilidade.")
}

cat("Arquivo:", arquivo_excel, "\n")
cat("Observacoes completas:", nrow(dados), "\n")
cat("Periodo inicial:", format(min(dados$Data), "%Y-%m"), "\n")
cat("Periodo final:", format(max(dados$Data), "%Y-%m"), "\n")

# =====
# 7. PASSO 1 - TESTE DE RAIZ UNITARIA ADF
# =====

imprimir_titulo("1. TESTE DE RAIZ UNITARIA - ADF")

variaveis_log <- c("QD", "PTD", "PS", "I")

resultados_adf <- list()

for (v in variaveis_log) {
  resultados_adf[[v]] <- executar_adf(dados[[v]], v, alpha)
}

series_nao_estacionarias <- names(resultados_adf)[
  !vapply(resultados_adf, function(x) isTRUE(x$estacionaria), logical(1))
]

usar_primeira_diferenca <- length(series_nao_estacionarias) > 0

cat("\nResumo da decisao de estacionariedade:\n")

if (usar_primeira_diferenca) {
  cat("Series nao estacionarias em nivel:", paste(series_nao_estacionarias, collapse = ", "), "\n")
  cat("Decisao: aplicar primeira diferenca antes das proximas etapas.\n")
} else {
  cat("Todas as series foram classificadas como estacionarias em nivel.\n")
  cat("Decisao: manter modelo em nivel.\n")
}

# =====
# 8. PASSO 2 - PREPARACAO DO MODELO SEM DUMMIES FIXAS

```

```

# =====

preparacao <- preparar_base_modelo(dados, usar_primeira_diferenca)

dados_modelo <- preparacao$base
formula_modelo <- preparacao$formula

cat("\nEspecificacao inicial sem dummies fixas:\n")
cat(preparacao$descricao, "\n")
print(formula_modelo)

cat("Observacoes utilizadas no modelo:", nrow(dados_modelo), "\n")

# =====
# 9. PASSO 3 - TESTE DE CHOW APOS O ADF
# =====

resultado_chow <- executar_teste_chow(
  formula_modelo = formula_modelo,
  dados_modelo = dados_modelo,
  alpha = alpha,
  h_chow = h_chow
)

preparacao_chow <- incorporar_quebra_estrutural(
  preparacao = preparacao,
  resultado_chow = resultado_chow
)

dados_modelo <- preparacao_chow$base
formula_modelo <- preparacao_chow$formula

cat("\nEspecificacao definida para as proximas etapas:\n")
cat(preparacao_chow$descricao, "\n")
print(formula_modelo)

cat("Observacoes utilizadas no modelo:", nrow(dados_modelo), "\n")

# =====
# 10. PASSO 4 - VIF
# =====

vif_resultado <- calcular_vif(formula_modelo, dados_modelo)

```

```

# =====
# 11. PASSO 5 - MQO INICIAL
# =====

imprimir_titulo("4. REGRESSAO INICIAL POR MINIMOS QUADRADOS ORDINARIOS
- MQO")

modelo_mqo <- lm(formula_modelo, data = dados_modelo)

cat("Resumo da regressao MQO inicial:\n")
print(summary(modelo_mqo))

# =====
# 12. PASSO 6 - DURBIN-WATSON
# =====

diagnostico_dw <- diagnosticar_dw(
  modelo = modelo_mqo,
  limite_inferior = dw_limite_inferior,
  limite_superior = dw_limite_superior
)

# =====
# 13. PASSOS 7 E 8 - COCHRANE-ORCUTT OU MODELO DELTA
# =====

modelo_final <- modelo_mqo
dados_modelo_final <- dados_modelo

nome_modelo_final <- paste("MQO inicial -", preparacao_chow$descricao)

resultado_co <- NULL

if (diagnostico_dw$autocorrelacao) {
  resultado_co <- cochrane_orcutt_iterativo(
    formula_modelo = formula_modelo,
    dados_modelo = dados_modelo,
    limite_inferior = dw_limite_inferior,
    limite_superior = dw_limite_superior,
    max_iter = max_iter_cochrane_orcutt
  )
}

```

```

if (resultado_co$convergiu) {
  modelo_final <- resultado_co$modelo

  if (!is.null(resultado_co$dados_transformados)) {
    dados_modelo_final <- resultado_co$dados_transformados
  }

  nome_modelo_final <- "Modelo corrigido por Cochrane-Orcutt"

  imprimir_titulo("7. REESTIMACAO E CONVERGENCIA")

  cat("Cochrane-Orcutt convergiu.\n")
  cat("rho final:", round(resultado_co$rho_final, 8), "\n")

  cat("Historico das iteracoes:\n")
  print(resultado_co$historico)

  cat("\nResumo do modelo corrigido:\n")
  print(summary(modelo_final))

} else {
  imprimir_titulo("7. REESTIMACAO E CONVERGENCIA")

  cat(
    "Cochrane-Orcutt ultrapassou",
    max_iter_cochrane_orcutt,
    "iteracoes sem atingir DW proximo de 2,00.\n"
  )

  cat("Adotando modelo em Primeiras Diferencas (Delta).\n")

  preparacao_delta <- preparar_base_modelo(dados, usar_primeira_diferenca = TRUE)

  # Aplica novamente a quebra estrutural, caso o Chow tenha indicado quebra.
  preparacao_delta_chow <- incorporar_quebra_estrutural(
    preparacao = preparacao_delta,
    resultado_chow = resultado_chow
  )

  modelo_final <- lm(preparacao_delta_chow$formula, data = preparacao_delta_chow$base)

  dados_modelo_final <- preparacao_delta_chow$base
  formula_modelo <- preparacao_delta_chow$formula

```

```
nome_modelo_final <- "Modelo em Primeiras Diferencas (Delta) por falta de convergencia  
do Cochrane-Orcutt"
```

```
cat("\nFormula do modelo Delta adotado:\n")  
print(formula_modelo)
```

```
cat("\nResumo do modelo Delta:\n")  
print(summary(modelo_final))  
}
```

```
} else {  
  imprimir_titulo("6 E 7. COCHRANE-ORCUTT NAO APLICADO")
```

```
  cat("Como a estatistica DW esta proxima de 2,00, o modelo MQO inicial foi mantido.\n")  
}
```

```
# =====  
# 14. PASSO 9 - INFERENCIA FINAL  
# =====
```

```
imprimir_inferencia_final(  
  modelo = modelo_final,  
  nome_modelo = nome_modelo_final,  
  alpha = alpha  
)
```

```
# =====  
# 15. TESTES FINAIS DE DIAGNOSTICO  
# =====
```

```
resultado_jb <- executar_jarque_bera(  
  modelo = modelo_final,  
  alpha = alpha  
)
```

```
resultado_bp <- executar_breusch_pagan(  
  modelo = modelo_final,  
  alpha = alpha  
)
```

```
data_quebra_para_eg <- as.Date(NA)
```

```

if (isTRUE(resultado_chow$quebra)) {
  data_quebra_para_eg <- resultado_chow$data_quebra
}

resultado_eg <- executar_engle_granger(
  dados = dados,
  alpha = alpha,
  data_quebra_chow = data_quebra_para_eg
)

# =====
# 16. RESUMO FINAL DA ANALISE
# =====

imprimir_titulo("RESUMO FINAL DA ANALISE")

cat("Modelo final:", nome_modelo_final, "\n")

cat("\nFormula final:\n")
print(formula(modelo_final))

dw_final <- obter_dw(modelo_final)

if (dw_final$executado) {
  cat("\nDurbin-Watson final:", round(dw_final$estatistica, 6), "\n")

  cat(
    "DW final proximo de 2,00?",
    ifelse(
      dw_proximo_de_2(
        dw_final$estatistica,
        dw_limite_inferior,
        dw_limite_superior
      ),
      "Sim",
      "Nao"
    ),
    "\n"
  )
}

cat("\nResumo metodologico:\n")

```

```

if (usar_primeira_diferenca) {
  cat("Como ao menos uma serie nao foi estacionaria em nivel, a analise principal foi conduzida
em primeiras diferencas.\n")
  cat("Nesse caso, os coeficientes devem ser interpretados como relacoes entre variacoes
logaritmicas, nao como elasticidades de nivel de longo prazo.\n")
} else {
  cat("Como as series foram classificadas como estacionarias em nivel, a analise foi conduzida
em nivel.\n")
}

if (isTRUE(resultado_chow$quebra)) {
  cat("\nO teste de Chow indicou quebra estrutural com  $p < 0,05$ .\n")
  cat("A quebra foi incorporada ao modelo por meio de dummy de intercepto e dummies de
inclinacao.\n")
  cat("Data aproximada da quebra:", format(resultado_chow$data_quebra, "%Y-%m"), "\n")
} else {
  cat("\nO teste de Chow nao indicou quebra estrutural estatisticamente significativa ao nivel
de 5%.\n")
  cat("Portanto, o modelo foi mantido sem variavel dummy de quebra estrutural.\n")
}

cat("\nCriterios dos testes finais:\n")
cat("- Jarque-Bera:  $p > 0,05$  indica normalidade dos residuos.\n")
cat("- Breusch-Pagan:  $p > 0,05$  indica homocedasticidade dos residuos.\n")
cat("- Engle-Granger:  $p < 0,05$  indica existencia de relacao de longo prazo entre as
variaveis.\n")

cat("\nAnalise concluida.\n")

```