



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
BACHARELADO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

ELTON VENANCIO DE LIMA

**DINÂMICA HISTÓRICA E DETERMINANTES DAS EXPORTAÇÕES DE
PERNAMBUCO:** Diagnóstico de competitividade, análise de sensibilidade e
respostas a choques externos (1997–2024)

Recife
2026

ELTON VENANCIO DE LIMA

**DINÂMICA HISTÓRICA E DETERMINANTES DAS EXPORTAÇÕES DE
PERNAMBUCO:** Diagnóstico de competitividade, análise de sensibilidade e
respostas a choques externos (1997–2024)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Ciências Econômicas da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Econômicas.

Orientadora: Profa. Dra. ANA
PAULA AMAZONAS SOARES

Recife

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Suely Manzi – CRB-4 809

- L732d Lima, Elton Venancio de.
Dinâmica histórica e determinantes das exportações de Pernambuco: diagnóstico de competitividade, análise de sensibilidade e respostas a choques externos (1997-2024) / Elton Venancio de Lima. – Recife, 2026.
147 f.; il.
- Orientador(a): Ana Paula Amazonas Soares.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Ciências Econômicas, Recife, BR-PE, 2026.
- Inclui referências e apêndice(s).
1. Exportação - Pernambuco. 2. Comércio Internacional. 3. Modelos econométricos. 4. Modelo em séries temporais 5. Elasticidade. I. Soares, Ana Paula Amazonas, orient. II. Título

CDD 330

ELTON VENANCIO DE LIMA

**DINÂMICA HISTÓRICA E DETERMINANTES DAS EXPORTAÇÕES DE
PERNAMBUCO:** Diagnóstico de competitividade, análise de sensibilidade e
respostas a choques externos (1997–2024)

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado em
Ciências Econômicas da Universidade
Federal Rural de Pernambuco, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Ciências Econômicas.

Aprovado em: XX/XX/20XX

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. ANA PAULA AMAZONAS SOARES (Orientadora)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. ELIANE APARECIDA PEREIRA DE ABREU (Examinadora Interna)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Profa. Dra. ISABEL CRISTINA PEREIRA DE OLIVEIRA (Examinadora Interna)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho representa mais do que o encerramento de uma etapa, a conclusão deste trabalho representa a realização de um sonho construído ao longo de anos de dedicação, esforço e superação. Mais do que uma conquista acadêmica, este momento simboliza o resultado do apoio, do amor e do incentivo de pessoas fundamentais na minha trajetória, às quais expresso minha mais sincera gratidão.

À minha mãe, **Maria do Socorro Venâncio de Lima**, que, embora tenha partido antes do início da minha graduação, foi o maior pilar da minha vida. Sua força, resiliência, coragem e espírito inovador moldaram quem sou hoje. Seus ensinamentos e seu amor permanecem vivos em mim e foram essenciais para que eu tivesse determinação para seguir em frente e alcançar este objetivo.

Ao meu pai, **Edvaldo Costa de Lima**, que esteve ao meu lado durante parte desta jornada e que, mesmo tendo partido durante o processo da graduação, foi um suporte emocional imensurável. Seu incentivo constante, suas palavras de encorajamento e sua confiança em minha capacidade foram fundamentais para que eu mantivesse o foco e a perseverança nos momentos mais difíceis.

Aos meus irmãos, **Elker Venancio de Lima** e **Myllena Figueiredo Firmino**, agradeço pelo companheirismo, pela compreensão e pelo apoio constante ao longo dessa caminhada. A presença e o incentivo de vocês tornaram essa jornada mais leve e significativa.

Aos meus amigos, que contribuíram de maneiras únicas e valiosas, registro minha profunda gratidão. **Johannisberg Farias de Albuquerque Junior**, pela importante ajuda intelectual e pelas trocas de conhecimento que enriqueceram minha formação. **Mariana Jacob Torrão**, pelo incentivo constante e pelas palavras de motivação nos momentos de desafio. **Denia Maria Affonso Ferreira**, pelo carinho, apoio emocional e amizade sincera, que foram fundamentais durante essa trajetória.

A todos vocês, deixo meu mais profundo agradecimento. Esta conquista também pertence a cada um que, de alguma forma, contribuiu para que este sonho se tornasse realidade.

RESUMO

Este trabalho analisa a trajetória das exportações do Brasil e de Pernambuco entre 1997 e 2024, com ênfase nas transformações recentes de seus destinos e produtos no contexto de mudanças no comércio internacional. O estudo aborda o impacto das tarifas impostas pelos Estados Unidos e a ascensão da China como principal parceiro comercial. O objetivo é examinar como os principais segmentos da pauta pernambucana se reorganizaram e de que forma respondem às novas dinâmicas globais. A metodologia evolui de uma análise histórica descritiva para uma modelagem de séries temporais baseada no método de Defasagens Distribuídas Autorregressivas (ARDL), com desagregação temporal via técnica de Chow-Lin, aplicação de Testes de Fronteira (Bounds Test) e do Mecanismo de Correção de Erros (ECM). Os resultados indicam dois momentos distintos: até 2015, a predominância de produtos tradicionais; e após 2016, a ascensão de bens de maior valor agregado, como combustíveis e veículos. O estudo evidencia que a diversificação e a agilidade de resposta dos polos regionais oferecem resiliência contra o protecionismo e subsídios à formulação de estratégias de fortalecimento setorial.

Palavras-chave: Exportações; Comércio Internacional; Pernambuco; Estados Unidos; China; Modelo ARDL; Elasticidades; Competitividade Regional.

Classificação JEL: C22, F10, F13, F14, R10, R11, R15.

ABSTRACT

This study analyzes the trajectory of Brazilian and Pernambuco's exports between 1997 and 2024, with emphasis on the recent transformations in their destinations and products within the context of changes in international trade. The study addresses the impact of tariffs imposed by the United States and the rise of China as Brazil's main trading partner. The objective is to examine how the main segments of Pernambuco's export basket have been reorganized and how they respond to the new global dynamics. The methodology progresses from a descriptive historical analysis to time series modeling based on the Autoregressive Distributed Lag (ARDL) method, with temporal disaggregation via the Chow-Lin technique, application of Bounds Tests, and the Error Correction Mechanism (ECM). The results indicate two distinct moments: up to 2015, the predominance of traditional products; and after 2016, the rise of higher value-added goods, such as fuels and vehicles. The study shows that the diversification and responsiveness of regional industrial hubs provide resilience against protectionism and offer inputs for the design of sectoral strengthening strategies.

Keywords: Exports; International Trade; Pernambuco; United States; China; ARDL Model; Elasticities; Regional Competitiveness.

JEL Classification: C22, F10, F13, F14, R10, R11, R15.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADF	Augmented Dickey-Fuller (teste de raiz unitária)
AIC	Akaike Information Criterion (Critério de Informação de Akaike)
API	Application Programming Interface (Interface de Programação de Aplicações)
ARCH-LM	Autoregressive Conditional Heteroscedasticity – Lagrange Multiplier (teste de heterocedasticidade condicional autorregressiva)
ARDL	Autoregressive Distributed Lag (Modelo de Defasagens Distribuídas Autorregressivas)
BCB	Banco Central do Brasil
BIC	Bayesian Information Criterion (Critério de Informação Bayesiano, ou de Schwarz)
BR	Brasil
BRL	Brazilian Real (real brasileiro – código ISO 4217)
CPI	Consumer Price Index (Índice de Preços ao Consumidor estrangeiro)
CUSUM	Cumulative Sum of Recursive Residuals (Soma Cumulativa dos Resíduos Recursivos)
CUSUMSQ	Cumulative Sum of Squared Residuals (Soma Cumulativa dos Quadrados dos Resíduos Recursivos)
ECM	Error Correction Mechanism (Mecanismo de Correção de Erros)
ECT	Error Correction Term (Termo de Correção de Erros)
EUA	Estados Unidos da América
FOB	Free on Board (modalidade de exportação em que o valor não inclui frete nem seguro internacional)
FRED	Federal Reserve Economic Data (base de dados econômicos do Federal Reserve dos EUA)
INDEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos (Argentina)
IPCA	Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (Brasil)
LOESS	Locally Estimated Scatterplot Smoothing (Regressão Local Ponderada)
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços
MQO	Mínimos Quadrados Ordinários
NER	Nominal Exchange Rate (Taxa de Câmbio Nominal)
NS	Não Significativo (em testes de hipóteses)
PE	Pernambuco
PIB	Produto Interno Bruto
PR	Preço Relativo (razão entre o preço unitário de Pernambuco e o preço médio brasileiro para o mesmo setor)
PTAX	Taxa de Câmbio Referencial do Banco Central do Brasil
RNEST	Refinaria Abreu e Lima
SH	Sistema Harmonizado (de Designação e Codificação de Mercadorias)
SH2	Sistema Harmonizado a dois dígitos (nível de capítulo)

SH4	Sistema Harmonizado a quatro dígitos (nível de posição)
SingStat	Singapore Department of Statistics (Autoridade Estatística de Singapura)
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TCR	Taxa de Câmbio Real bilateral
TRQ	Tariff-Rate Quota (Cota Tarifária Preferencial)
UECM	Unrestricted Error Correction Model (Modelo de Correção de Erros Irrestrito)
USD	United States Dollar (dólar dos Estados Unidos – código ISO 4217)
VOL	Volatilidade Cambial (desvio-padrão móvel de 12 meses da primeira diferença do logaritmo do câmbio real)
ZA	Zivot-Andrews (teste de raiz unitária com quebra estrutural endógena)

LISTA DE SÍMBOLOS

Variáveis do modelo econométrico

X_t	Volume exportado no mês t - variável dependente (kg)
$\ln X_t$	Logaritmo natural do volume exportado
Y_t	Produto Interno Bruto real do país de destino no mês t (moeda local)
Y^*	Taxa de crescimento da renda dos parceiros comerciais (Lei de Thirlwall, %)
PR_t	Preço relativo de Pernambuco frente ao Brasil no mês t (adimensional)
TCR_t	Taxa de câmbio real bilateral no mês t (BRL por moeda do parceiro)
NER_t	Taxa de câmbio nominal bilateral no mês t (BRL por moeda do parceiro)
VOL_t	Volatilidade cambial no mês t (desvio-padrão móvel de 12 meses)
ε_t	Termo de erro estocástico (ruído branco)

Parâmetros do modelo

α_0	Intercepto da regressão
α_i	Coeficiente da defasagem i da variável dependente
β_0	Constante da equação de longo prazo
β_1, β_2	Coeficientes de longo prazo das variáveis explicativas (elasticidades)
β_{tm}, β_{tr}	Coeficientes do PIB (renda) e do preço relativo na demanda de exportação
β_Y	Elasticidade-renda das exportações (Lei de Thirlwall)
β_{pr}	Elasticidade-preço da demanda de exportação
$\beta_{t^c r}$	Elasticidade da taxa de câmbio real
β_{vol}	Coeficiente da volatilidade cambial
β_{lp}	Elasticidade de longo prazo (resultado da razão λ_2 / λ_1)
φ_i	Coeficiente de curto prazo da variável dependente (ECM)
θ_j	Coeficiente de curto prazo das variáveis explicativas (ECM)
λ_1, λ_2	Coeficientes dos termos em nível defasados (UECM)
φ (phi)	Coeficiente de velocidade de ajuste do ECM (esperado: $-1 < \varphi < 0$)

Estatísticas e operadores

Δ	Operador de primeira diferença ($\Delta x_t = x_t - x_{t-1}$)
∂	Operador de derivada parcial
$E(\cdot)$	Esperança matemática
$Var(\cdot)$	Variância
$Cov(\cdot, \cdot)$	Covariância
$E_{k,x}$	Elasticidade de Y em relação a X - caso geral
E_p	Elasticidade-preço da demanda
E_Y	Elasticidade-renda da demanda
E_{xy}	Elasticidade-preço cruzada
g	Taxa de crescimento doméstico compatível com equilíbrio do balanço de pagamentos (%)

g*	Taxa de crescimento dos parceiros comerciais (%)
R²	Coeficiente de determinação do modelo ($0 \leq R^2 \leq 1$)

Ordens de integração e índices

I(0)	Série estacionária em nível
I(1)	Série integrada de ordem 1 (estacionária na primeira diferença)
I(2)	Série integrada de ordem 2 (excluída do ARDL)
p, q	Ordens de defasagem do ARDL - dependente e explicativas
t	Índice temporal (mês)
k	Índice de setor SH
j	Índice de país de destino
d	Ordem de integração de uma série temporal

Indicadores de significância estatística

***	Significativo a 1% ($p < 0,01$)
**	Significativo a 5% ($p < 0,05$)
*	Significativo a 10% ($p < 0,10$)
H₀, H₁	Hipótese nula e hipótese alternativa
p-valor	Probabilidade associada à estatística do teste sob H ₀

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Evolução das Exportações Brasileiras (1997–2024)
Gráfico 2	Exportações Brasileiras destinadas aos Estados Unidos
Gráfico 3	Participação Relativa dos Estados Unidos na Pauta Brasileira
Gráfico 4	Evolução das Exportações de Pernambuco (1997–2024)
Gráfico 5	Exportações de Pernambuco para os Estados Unidos
Gráfico 6	Participação dos Estados Unidos nas Exportações de Pernambuco
Gráfico 7	Destinos Relevantes das Exportações Brasileiras
Gráfico 8	Brasil: Disparidade entre China e Estados Unidos
Gráfico 9	Principais Destinos das Exportações de Pernambuco
Gráfico 10	Evolução dos Destinos das Exportações de Pernambuco
Gráfico 11	Momentos da Participação dos Segmentos SH2
Gráfico 12	Principais Segmentos SH2 da Pauta (1997–2024)
Gráfico 13	Comportamento dos Segmentos Estratégicos Selecionados
Gráfico 14	Cruzamento dos Segmentos SH2 com os Destinos
Gráfico 15	Evolução da Participação dos Principais Polos Exportadores
Gráfico 16	Mudança Estrutural na Participação Média (SH2)
Gráfico 17	Evolução de Combustíveis e Veículos na Pauta de Pernambuco

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1	Elasticidade: definição geral
Equação 2	Elasticidade-arco
Equação 3	Elasticidade-ponto
Equação 4	Forma funcional log-log
Equação 5	Elasticidade-preço da demanda
Equação 6	Elasticidade-renda da demanda
Equação 7	Elasticidade-preço cruzada
Equação 8	Lei de Thirlwall
Equação 9	Função de demanda de exportação
Equação 10	Preço relativo
Equação 11	Taxa de câmbio real
Equação 12	Volatilidade cambial
Equação 13	Condições de estacionariedade
Equação 14	Modelo ARDL (forma geral)
Equação 15	UECM / Teste de Limites (Bounds Test)
Equação 16	Hipótese nula (ausência de cointegração)
Equação 17	Hipótese alternativa (cointegração)
Equação 18	Mecanismo de Correção de Erros (ECM)
Equação 19	Termo de Correção de Erro (ECT)
Equação 20	Meia-vida do ajuste
Equação 21	Elasticidade de longo prazo
Equação 22	Modelo aplicado de longo prazo
Equação 23	UECM aplicado

SUMÁRIO

Sumário

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DA LITERATURA	5
2.1 ORIGENS HISTÓRICAS DO CONCEITO	5
2.2 DEFINIÇÃO FORMAL DE ELASTICIDADE.....	6
2.3 TIPOS DE ELASTICIDADE RELEVANTES PARA O ESTUDO	7
2.3.1 Elasticidade-preço da demanda.....	7
2.3.2 Elasticidade-renda da demanda	8
2.3.3 Elasticidade-preço cruzada	8
2.4 DA MICROECONOMIA AO COMÉRCIO INTERNACIONAL	9
2.5 APLICAÇÃO AO CASO PERNAMBUCANO	10
2.6 DA DESCRIÇÃO À QUANTIFICAÇÃO	10
2.7 JUSTIFICATIVA E CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DOS 12 SETORES	11
2.8 SELEÇÃO DOS PARCEIROS COMERCIAIS E INTERAÇÃO ESTRATÉGICA	12
2.9 MOTIVAÇÕES ANALÍTICAS POR AGRUPAMENTO	13
3 METODOLOGIA.....	14
3.1 FONTE DE DADOS	14
3.2 CONSTRUÇÃO DAS VARIÁVEIS DO MODELO	15
3.2.1 Variável Dependente: Volume de Exportações	15
3.2.2 Renda Externa	16
3.2.3 Preço Relativo	16
3.2.4 Taxa de Câmbio Real.....	17
3.2.5 Volatilidade Cambial	17
3.3 ANÁLISE DE TENDÊNCIA.....	18
3.4 MODELAGEM ECONOMETRICA DAS ELASTICIDADES	18
3.5 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO MODELO ARDL.....	19
3.6 O MODELO DE DEFASAGENS DISTRIBUÍDAS AUTORREGRESSIVAS (ARDL)	21
3.6.1 Ordens de Integração e Estacionariedade	21
3.6.2 A Equação Geral do Modelo	22
3.7 O TESTE DE COINTEGRAÇÃO (BOUNDS TEST)	22
3.7.1 O Modelo de Correção de Erros Irrestrito (UECM)	22
3.7.2 Hipóteses e Limites Críticos.....	23
3.8 O MECANISMO DE CORREÇÃO DE ERROS (ECM)	23
3.8.1 Estrutura Matemática.....	23

3.8.2 O Coeficiente de Velocidade de Ajuste (ϕ).....	24
3.8.3 Cálculo das Elasticidades de Longo Prazo.....	24
3.9 ESPECIFICAÇÃO DO MODELO ESTIMADO.....	25
3.10 DINÂMICA DE CURTO PRAZO E O ECM APLICADO.....	26
3.11 ESTRATÉGIA DE COMPARAÇÃO: PERNAMBUCO VERSUS BRASIL.....	27
3.12 TESTES DE DIAGNÓSTICO E VALIDAÇÃO.....	28
3.12.1 Etapa 1: Ordem de Integração.....	28
3.12.2 Etapa 2: Normalidade dos Resíduos.....	29
3.12.3 Etapa 3: Independência e Homocedasticidade dos Resíduos.....	29
3.12.4 Etapa 4: Estabilidade dos Parâmetros.....	30
4 ANÁLISE DOS DADOS HISTÓRICOS.....	31
4.1 CENÁRIO NACIONAL E PERNAMBUCANO.....	31
4.1.1 Brasil.....	31
4.1.2 Pernambuco.....	34
4.2 DESTINO DAS EXPORTAÇÕES.....	37
4.2.1 Brasil.....	37
4.2.2 Pernambuco.....	39
4.3 PERNAMBUCO - PRINCIPAIS SEGMENTOS SH2 E PAÍSES DE DESTINO.....	41
4.3.1 Momentos da Série e seus Principais Produtos.....	41
4.3.2 Segmentos Relevantes - Série Completa.....	42
4.3.3 Segmentos SH2 e Países de Destino - Matriz de Interação.....	44
4.4 A DIMENSÃO TERRITORIAL DA MUDANÇA ESTRUTURAL.....	46
4.5 SÍNTESE DA DINÂMICA HISTÓRICA E DIAGNÓSTICO DA PAUTA EXPORTADORA.....	49
5 RESULTADOS EMPÍRICOS.....	52
5.1 AGRUPAMENTO AGROALIMENTAR.....	52
5.1.1 Frutas (SH 08) - Países Baixos.....	52
5.1.2 Frutas (SH 08) - Estados Unidos.....	53
5.1.3 Açúcares (SH 17) - Estados Unidos.....	53
5.1.4 Frutos do Mar (SH 03) - Estados Unidos.....	54
5.2 AGRUPAMENTO INDUSTRIAL E EXTRATIVO.....	54
5.2.1 Combustíveis (SH 27) - Singapura.....	54
5.2.2 Plásticos (SH 39) - Argentina.....	55
5.2.3 Obras de Pedra e Gesso (SH 68) - Estados Unidos e China.....	55
5.2.4 Alumínio (SH 76) - Argentina.....	55
5.3 AGRUPAMENTO DE BENS DE CAPITAL E TECNOLOGIA.....	56
5.3.1 Veículos (SH 87) - Argentina.....	56
5.3.2 Máquinas e Instrumentos Mecânicos (SH 84) - Argentina.....	57

5.3.3 Materiais Elétricos (SH 85) - Estados Unidos	57
5.4 DIAGNÓSTICO ESTATÍSTICO CONSOLIDADO	57
5.4.1 Raízes Unitárias.....	57
5.4.2 Normalidade dos Resíduos.....	58
5.4.3 Autocorrelação Serial.....	58
5.4.4 Heterocedasticidade	58
5.4.5 Estabilidade (CUSUM)	59
5.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES TRANSVERSAIS.....	59
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS.....	65
APÊNDICE A - VALIDAÇÃO DO MODELO CHOW-LIN	68
APÊNDICE B - TABELAS CONSOLIDADAS DE LONGO PRAZO (PE × BR)	74
APÊNDICE C - TABELAS CONSOLIDADAS DE CURTO PRAZO (PE × BR)	76
APÊNDICE D - TABELAS COMPLETAS DE LONGO PRAZO	78
APÊNDICE E - TABELAS COMPLETAS DE CURTO PRAZO	82
APÊNDICE F - TESTES DE RAIZ UNITÁRIA	86
APÊNDICE G - DIAGNÓSTICO ESTATÍSTICO DOS RESÍDUOS ARDL	95
APÊNDICE H - HEATMAPS DAS ELASTICIDADES DE LONGO PRAZO	98
APÊNDICE I - GRÁFICOS CUSUM DE ESTABILIDADE	100
APÊNDICE J - PIPELINE METODOLÓGICO COMPLETO	111
J.1 FASE DE ANÁLISE HISTÓRICA.....	111
J.1.1 Ingestão e Padronização da Base (Script 001)	111
J.1.2 Evolução Agregada das Exportações (Script 002).....	112
J.1.3 Análise da Geografia dos Destinos (Script 003)	112
J.1.4 Portfólio Setorial de Pernambuco (Script 004).....	112
J.1.5 Análise Territorial (Script 005).....	113
J.1.6 Quebra Estrutural de 2016 (Script 006).....	113
J.2 FASE DE ANÁLISE ECONOMETRICA.....	113
J.2.1 Preparação da Estrutura e da Base (Scripts 00, 01).....	113
J.2.2 Variáveis Cambiais e de Preço (Scripts 02, 03).....	114
J.2.3 Coleta Macroeconômica e Mensalização do PIB (Scripts 04_01, 04_02 e 04_03)	114
J.2.4 Volatilidade Cambial (Script 05).....	114
J.2.5 Integração dos Painéis (Scripts 06 e 07)	115
J.2.6 Estimação dos Modelos ARDL de Longo Prazo (Scripts 08a–08e e 09a–09e)	115

<i>J.2.7 Estimação dos Modelos ECM de Curto Prazo (Scripts 10a–10e e 11a–11e)</i>	115
<i>J.2.8 Diagnóstico dos Resíduos (Scripts 12, 13 e 14)</i>	115
<i>J.2.9 Testes de Raiz Unitária (Scripts 15 e 16)</i>	116
J.3 CONSOLIDAÇÃO DOS RESULTADOS	116
J.4 REPRODUTIBILIDADE	117
APÊNDICE K - PACOTES R UTILIZADOS NO PROJETO	118
K.1 PACOTES UTILIZADOS NA ANÁLISE HISTÓRICA.....	118
K.2 PACOTES UTILIZADOS NA ANÁLISE ECONOMETRICA E NA GERAÇÃO DOS APÊNDICES	119
K.3 OBSERVAÇÕES SOBRE AS VERSÕES DOS PACOTES E O AMBIENTE DE EXECUÇÃO	121
APÊNDICE L - GLOSSÁRIO	122

1 INTRODUÇÃO

Em abril de 2025, o governo dos Estados Unidos anunciou um conjunto de elevações tarifárias batizado de *Liberty Day*, episódio que reavivou o debate sobre um efeito já consolidado na literatura: o impacto das barreiras tarifárias sobre os fluxos de comércio e o desempenho exportador (AMITI; REDDING; WEINSTEIN, 2019; FAJGELBAUM; KHANDELWAL, 2022). O movimento ocorre num contexto em que a China se firmou como o principal parceiro comercial do Brasil, redesenhando há quase duas décadas a geografia das exportações nacionais (HIRATUKA; SARTI, 2017).

Pernambuco oferece um recorte particular dessa história. Trabalhos clássicos sobre o estado já haviam diagnosticado uma pauta exportadora concentrada em poucos produtos primários e com baixa diversificação de destinos (BARRANTES HIDALGO; DA MATA, 2004), e análises mais recentes sobre o Nordeste indicam que essa estrutura, ancorada em *commodities*, mudou pouco no agregado regional (SANTOS; DAS ALMAS, 2018). O caso pernambucano, porém, descola dessa média a partir de 2016. A entrada em operação da Refinaria Abreu e Lima (RNEST), em Ipojuca, e a instalação do polo automotivo da Stellantis, em Goiana, alteraram tanto o que o estado vende quanto para quem vende: combustíveis derivados de petróleo e veículos passaram a figurar entre os principais itens da pauta, e Singapura, Argentina e Países Baixos consolidaram-se como destinos relevantes ao lado dos Estados Unidos. O valor médio anual exportado, que era de cerca de US\$ 685 milhões até 2015, saltou para aproximadamente US\$ 2,2 bilhões no período seguinte.

Essa transição estrutural é o ponto de partida do trabalho. A pergunta que orienta a investigação pode ser formulada de modo direto: como a demanda externa pelos produtos pernambucanos responde a oscilações na renda dos parceiros comerciais e a variações nos preços relativos? Ou, dito de outro jeito, com que intensidade os diferentes setores exportadores do estado reagem a choques macroeconômicos vindos de fora?

Para responder, recorro à estimação de elasticidades-renda e elasticidades-preço como instrumento analítico central. O conceito de elasticidade vem da microeconomia da demanda (VARIAN, 2015; PINDYCK; RUBINFELD, 2018) e mede a sensibilidade percentual de uma variável em resposta a uma variação percentual em outra. Trazido para o comércio exterior, ele responde a perguntas concretas:

quanto o volume exportado de frutas do Vale do São Francisco se altera quando o Produto Interno Bruto (PIB) dos Países Baixos cresce 1%? Quanto as exportações de gesso para os Estados Unidos recuam diante de uma alta nos preços relativos?

A base empírica cobre o período de 1997 a 2024. Numa primeira etapa, descritiva, reconstruo a trajetória das exportações do Brasil e de Pernambuco a partir dos registros do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), em valores *Free on Board* (FOB). Para captar tendências de longo prazo e identificar inflexões, aplico regressão local ponderada nos termos de Cleveland (1979).

Na etapa econométrica, estimo modelos de Defasagens Distribuídas Autorregressivas (ARDL), seguindo a formulação de Pesaran, Shin e Smith (2001), no marco consolidado da análise de séries temporais aplicada à economia (SOARES, 2020). A escolha tem motivações práticas: o ARDL convive bem com séries que apresentam ordens de integração distintas e estima, num mesmo passo, as relações de equilíbrio de longo prazo e a dinâmica de ajuste de curto prazo via Mecanismo de Correção de Erros (ECM), abordagem recentemente aplicada à análise de comércio bilateral em nível de SH2 por Soliman (2024). Em séries de comércio exterior, marcadas por quebras estruturais e choques externos (GUJARATI, 2019), essa flexibilidade não é cosmética, é necessária.

Os modelos cobrem 12 setores do Sistema Harmonizado a dois dígitos (SH2), selecionados por sua relevância histórica na pauta estadual, cruzados com cinco parceiros estratégicos: Estados Unidos, Argentina, China, Países Baixos e Singapura. As variáveis incluem o volume exportado em peso líquido (kg), o PIB real dos países de destino, o preço relativo de Pernambuco frente ao Brasil, a taxa de câmbio real bilateral e uma medida de volatilidade cambial. Todas entram em logaritmo natural, de modo que os coeficientes possam ser lidos diretamente como elasticidades (ROSSI; NEVIS, 2014). O tratamento dos dados e as estimações foram conduzidos integralmente em R (*R CORE TEAM*, 2022).

Um eixo central do trabalho é a comparação sistemática entre Pernambuco e Brasil. Para cada interação setor-destino, estimo o mesmo modelo nas duas escalas geográficas. Isso torna possível verificar se o estado responde à renda externa, ao preço relativo e a choques cambiais de modo distinto da média nacional, informação

que tem implicações diretas para estratégias de diversificação de mercados e para o entendimento da inserção pernambucana no comércio global.

O objetivo geral do trabalho é analisar a trajetória das exportações de Pernambuco entre 1997 e 2024, estimando as elasticidades-renda e elasticidades-preço que governam a relação entre a demanda externa e os principais setores exportadores do estado. A análise busca mensurar a sensibilidade da pauta pernambucana a variações no PIB dos parceiros comerciais e nos preços relativos praticados, confrontando os resultados estaduais com os obtidos para o agregado nacional.

Esse propósito se desdobra em quatro objetivos específicos:

O primeiro é **reconstruir a evolução histórica das exportações**, comparando as séries temporais do Brasil e de Pernambuco no período 1997 - 2024 para identificar padrões de crescimento, períodos de retração e alterações na participação relativa do estado no comércio exterior nacional.

O segundo é **identificar mudanças estruturais na pauta exportadora**, mapeando as transformações nos principais fluxos de produtos e destinos, com atenção particular à transição observada a partir de 2016, quando a inclusão de combustíveis e veículos alterou a composição setorial e geográfica das exportações pernambucanas.

O terceiro é **estimar elasticidades de curto e longo prazo** para os 12 setores selecionados do Sistema Harmonizado (SH2) em relação aos cinco parceiros comerciais estratégicos (Estados Unidos, Argentina, China, Países Baixos e Singapura), aplicando o modelo ARDL. Os mesmos modelos são estimados para o Brasil, viabilizando a comparação de desempenho.

O quarto é **avaliar a velocidade de ajuste e a resiliência setorial**, examinando, via Mecanismo de Correção de Erros (ECM), com que rapidez os setores de Pernambuco retornam ao equilíbrio após choques externos. A comparação dessa dinâmica com a do agregado brasileiro identifica quais segmentos apresentam maior capacidade de adaptação e quais permanecem mais vulneráveis a oscilações na conjuntura internacional.

O texto está organizado em seis capítulos. Após esta introdução (que já apresenta a questão de pesquisa e os objetivos do trabalho) o capítulo 2 revisa a literatura sobre o conceito de elasticidade e suas aplicações ao comércio internacional; o capítulo 3 detalha a metodologia, das fontes de dados à construção das variáveis e à especificação do modelo ARDL; o capítulo 4 reconstrói a análise histórica da pauta exportadora; o capítulo 5 apresenta e discute os resultados empíricos por agrupamento setorial; e o capítulo 6 reúne as considerações finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Antes de avançar para a modelagem econométrica das exportações pernambucanas, é preciso estabelecer com clareza o suporte teórico que sustenta a análise. Apresento aqui o conceito de elasticidade, em suas raízes históricas e na formulação matemática, partindo da microeconomia da demanda até chegar à aplicação ao comércio internacional. As definições aqui formalizadas são a base sobre a qual se constroem as equações de demanda de exportação estimadas nos capítulos seguintes.

2.1 Origens Históricas do Conceito

A intuição de que variações no preço de um bem provocam alterações na quantidade demandada antecede em muito a formalização do conceito. O primeiro registro quantitativo dessa relação remonta ao final do século XVII, quando Gregory King (1648 - 1712), estatístico inglês vinculado ao Colégio de Armas de Londres, elaborou estimativas detalhadas da produção e dos preços do trigo na Inglaterra. Em 1699, Charles Davenant (1656 - 1714), político e economista, publicou a tabela que ficou conhecida como Lei de Davenant-King, baseada nos dados de King. Segundo essa tabela, uma redução de 10% na colheita elevaria o preço do trigo em 30%, e uma redução de 50% resultaria em aumento de 500% no preço (DAVENANT, 1699; EVANS, 1967). Embora não tenham empregado o termo elasticidade, King e Davenant produziram a primeira tabela preço-quantidade documentada na história do pensamento econômico.

No século XIX, o tratamento matemático da relação entre preço e quantidade avançou com Antoine Augustin Cournot (1801 - 1877). Em sua *Recherches sur les Principes Mathématiques de la Théorie des Richesses* (1838), Cournot formalizou pela primeira vez a curva de demanda como função matemática contínua, expressando a quantidade demandada como função decrescente do preço: $D = F(p)$ (COURNOT, 1838). A formulação introduziu o cálculo diferencial na análise econômica e permitiu representar a sensibilidade da demanda de forma analítica, embora Cournot, como King e Davenant, também não tenha usado o termo elasticidade.

A formalização definitiva do conceito é atribuída a Alfred Marshall (1842 - 1924). No Livro III, capítulo 4, dos *Principles of Economics* (1890), Marshall definiu a elasticidade da demanda como a medida em que a quantidade demandada responde a variações no preço, fornecendo nas notas de rodapé a expressão matemática que permitiu quantificar essa resposta em termos percentuais (MARSHALL, 1920). A contribuição de Marshall não está na descoberta da relação inversa entre preço e quantidade, essa já era conhecida, mas na transformação dessa intuição em instrumento analítico formalizável e mensurável. Depois de Marshall, a elasticidade deixou de ser observação qualitativa para se tornar coeficiente com valor numérico preciso, passível de estimação empírica e de comparação entre mercados.

2.2 Definição Formal de Elasticidade

Em termos gerais, a elasticidade mede a sensibilidade percentual de uma variável dependente em resposta a uma variação percentual em uma variável independente. Formalmente, a elasticidade de uma variável Y em relação a uma variável X é definida como (VARIAN, 2015):

$$E_{Y,X} = \frac{\partial Y}{\partial X} \times \frac{X}{Y} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (1)$$

O resultado da equação (1) é um número adimensional, o que torna possível comparar a sensibilidade de variáveis medidas em unidades diferentes. Se $|E| > 1$, a resposta percentual de Y é proporcionalmente maior que a variação em X, a relação é classificada como elástica. Se $|E| < 1$, a resposta é proporcionalmente menor, e a relação é inelástica. Quando $|E| = 1$, a variação é proporcional, configurando elasticidade unitária (PINDYCK; RUBINFELD, 2018).

A formulação da equação (1) admite duas versões operacionais. A primeira, conhecida como elasticidade-arco, utiliza variações discretas e calcula a sensibilidade média entre dois pontos:

$$E_{arco} = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \times \frac{X_0}{Y_0} \quad (2)$$

A segunda, a elasticidade-ponto, utiliza derivadas parciais e mede a sensibilidade num ponto específico da curva:

$$E_{\text{ponto}} = \frac{\partial Y}{\partial X} \times \frac{X}{Y} \quad (3)$$

Em modelos econométricos log-lineares, como os usados neste estudo, a transformação logarítmica elimina a necessidade de calcular a razão X/Y separadamente. Quando as variáveis estão expressas em logaritmo natural, o coeficiente estimado na regressão corresponde diretamente à elasticidade. Considere-se a relação:

$$\ln Y = \beta_0 + \beta_1 \ln X + \varepsilon \quad (4)$$

Diferenciando a equação (4) em relação a $\ln X$, obtém-se que $\beta_1 = \frac{\partial \ln Y}{\partial \ln X}$. Como $d \ln Y = \frac{dY}{Y}$ e $d \ln X = \frac{dX}{X}$, o coeficiente β_1 é, por definição, a elasticidade de Y em relação a X . Essa propriedade, demonstrada em Gujarati (2019), fundamenta a especificação log-log adotada nos modelos ARDL deste trabalho: todos os coeficientes de longo prazo estimados representam elasticidades diretas.

2.3 Tipos de Elasticidade Relevantes para o Estudo

O conceito geral de elasticidade desdobra-se em diversas aplicações, segundo a natureza da variável independente. Para o estudo do comércio exterior, três tipos são particularmente relevantes.

2.3.1 Elasticidade-preço da demanda

A elasticidade-preço da demanda, formalizada por Marshall (1920), mede a sensibilidade da quantidade demandada de um bem em relação ao seu próprio preço:

$$E_p = \frac{\partial Q}{\partial P} \times \frac{P}{Q} \quad (5)$$

Onde Q é a quantidade demandada e P é o preço do bem. Espera-se que E_p seja negativo, dada a relação inversa entre preço e quantidade estabelecida pela lei da demanda. No contexto deste estudo, a elasticidade-preço mensura como o volume exportado por Pernambuco para um destino específico varia quando o preço relativo do produto pernambucano se altera em relação ao preço médio brasileiro.

2.3.2 Elasticidade-renda da demanda

A elasticidade-renda mede a sensibilidade da quantidade demandada em relação à renda do consumidor, ou, no caso do comércio internacional, à renda do país importador:

$$E_Y = \frac{\partial Q}{\partial Y} \times \frac{Y}{Q} \quad (6)$$

Onde Y representa a renda (PIB real do país de destino). Quando $E_Y > 0$, o bem é classificado como normal e a demanda cresce quando a renda do parceiro aumenta. Se $E_Y > 1$, o bem é considerado de luxo ou superior, com demanda que cresce proporcionalmente mais que a renda. Para $0 < E_Y < 1$, o bem é uma necessidade. E quando $E_Y < 0$, o bem é inferior, com demanda que se reduz quando a renda cresce (MANKIW, 2019; VARIAN, 2015). Essa classificação tem implicações diretas para a política comercial: setores com elasticidade-renda elevada tendem a se beneficiar do crescimento econômico dos parceiros, enquanto setores com elasticidade-renda baixa ou negativa perdem competitividade relativa em períodos de expansão.

2.3.3 Elasticidade-preço cruzada

A elasticidade cruzada mede como a demanda por um bem reage a variações no preço de outro bem:

$$E_{XY} = \frac{\partial Q_X}{\partial P_Y} \times \frac{P_Y}{Q_X} \quad (7)$$

Quando $E_{XY} > 0$, os bens X e Y são substitutos; se $E_{XY} < 0$, são complementares (PINDYCK; RUBINFELD, 2018). No comércio exterior, esse conceito é capturado implicitamente pela variável de preço relativo, que nesse estudo, compara o preço unitário de Pernambuco com o do Brasil para o mesmo setor. Uma elasticidade-preço relativo negativa indica que, quando o preço de Pernambuco sobe em relação ao do Brasil, a demanda pelo produto pernambucano cai, o que equivale a dizer que o produto nacional funciona como substituto.

2.4 Da Microeconomia ao Comércio Internacional

A transposição do conceito de elasticidade para a análise do comércio exterior foi sistematizada por Houthakker e Magee (1969), em artigo seminal publicado na *Review of Economics and Statistics*. Os autores estimaram elasticidades-renda e elasticidades-preço das importações e exportações para um conjunto de países, mostrando que as assimetrias entre essas elasticidades explicam padrões persistentes de superávit ou déficit na balança comercial. Países com elasticidade-renda de exportações superior à de importações, como era o caso do Japão nos anos 1960, tendiam a acumular superávits estruturais, ao passo que países na situação inversa, como o Reino Unido, enfrentavam déficits recorrentes.

A partir dessa constatação, Thirlwall (1979) formulou a proposição de que a taxa de crescimento de longo prazo de um país compatível com o equilíbrio do balanço de pagamentos pode ser expressa como:

$$g = \frac{E_X}{E_M} \times g^* \quad (8)$$

Onde g é a taxa de crescimento do país doméstico, g^* é a taxa de crescimento dos parceiros comerciais, E_x é a elasticidade-renda das exportações e E_m é a elasticidade-renda das importações. A equação (8), conhecida como Lei de Thirlwall, estabelece que países cuja pauta exportadora é composta por bens de alta elasticidade-renda dispõem de maior espaço para crescer sem incorrer em desequilíbrios externos.

Goldstein e Khan (1985), no *Handbook of International Economics*, consolidaram a função de demanda de exportação como o referencial empírico padrão para a estimação de elasticidades no comércio exterior. Nessa função, o volume exportado é modelado como função da renda do país importador e dos preços relativos:

$$\ln X_t = \beta_1 \ln Y_t + \beta_2 \ln P R_t + \epsilon_t \quad (9)$$

Onde X é o volume exportado, Y é o PIB real do parceiro e PR é o preço relativo. Os coeficientes β_1 e β_2 representam, respectivamente, a elasticidade-renda e a elasticidade-preço das exportações. A equação (9) é a forma reduzida que será

expandida nos capítulos seguintes com a inclusão do câmbio real e da volatilidade cambial, dentro da estrutura dinâmica do modelo ARDL.

2.5 Aplicação ao Caso Pernambucano

No contexto deste estudo, a estimação de elasticidades cumpre dois papéis, alinhando-se a estudos recentes que estimam elasticidades dinâmicas das exportações brasileiras (SILVA; ARRUDA; BRITO, 2024). Primeiro, classifica os setores exportadores de Pernambuco segundo sua sensibilidade à renda dos parceiros e aos preços relativos: setores com elasticidade-renda elevada indicam produtos percebidos como de qualidade superior ou de maior valor agregado; setores com elasticidade-preço elevada (em módulo) sinalizam forte pressão competitiva e substituíbilidade. Segundo a comparação sistemática das elasticidades de Pernambuco com as do Brasil para os mesmos setores e destinos torna possível avaliar se o estado tem vantagens ou desvantagens competitivas específicas, independentes da escala nacional.

A diversidade da pauta pernambucana (que vai de frutas tropicais e açúcar até derivados de petróleo e veículos) torna a análise de elasticidades particularmente informativa. Espera-se que setores agroalimentares de nicho, como frutas do Vale do São Francisco, apresentem elasticidades-renda distintas das observadas para combustíveis ou veículos, refletindo a heterogeneidade da matriz produtiva identificada na análise histórica. A formalização desenvolvida acima (equações (1) a (9)) é a base conceitual sobre a qual se apoiam os modelos ARDL especificados nos capítulos seguintes.

2.6 Da Descrição à Quantificação

A análise histórica conduzida nos capítulos anteriores mostrou o que Pernambuco exporta, para quais destinos e desde quando. A síntese revelou uma pauta em transformação, marcada pela emergência de dois vetores industriais (combustíveis e veículos) e pela reconfiguração dos parceiros comerciais. O capítulo precedente introduziu a elasticidade como instrumento de mensuração da sensibilidade entre variáveis econômicas.

Este capítulo faz a ponte entre esses dois planos. A pergunta que orienta a etapa econométrica já não é descritiva, mas quantitativa: com que intensidade cada setor exportador reage a variações na renda dos parceiros e nos preços relativos? Para respondê-la, é necessário justificar a seleção dos setores e destinos, organizar as interações em uma estrutura analítica coerente e fundamentar a escolha do modelo econométrico.

2.7 Justificativa e Critérios de Seleção dos 12 Setores

A escolha dos 12 capítulos do Sistema Harmonizado (SH) apoia-se em três critérios convergentes, todos extraídos da análise histórica.

O primeiro é a **prevalência na pauta**. A seleção dos segmentos SH2 que atingiram pelo menos 2% de participação no valor total das exportações pernambucanas em algum ano da série 1997 - 2024. Esse limiar, aplicado no capítulo 4, identificou segmentos com presença recorrente ao longo do tempo, excluindo produtos que apareceram de forma isolada em um único ano.

O segundo é a **representação da ruptura de 2016**. A inclusão de Combustíveis (SH 27) e Veículos (SH 87) é indispensável: esses segmentos respondem pela mudança estrutural documentada nos Gráficos 16 e 17, passando de participação residual para cerca de 30% da pauta no período pós-2016. Excluí-los seria ignorar o fenômeno central da transformação produtiva do estado.

O terceiro é a **especialização geográfica**. A análise cruzada do Gráfico 14 mostrou que diferentes setores têm destinos primários distintos, refletindo a natureza da demanda externa. Essa heterogeneidade exige que os setores selecionados cubram toda a extensão da matriz produtiva, de produtos agrícolas destinados à Europa a bens industriais exportados para a América do Sul.

Os 12 setores resultantes organizam-se em três agrupamentos que refletem a heterogeneidade da economia pernambucana. O primeiro, agroalimentar e tradicional, reúne Frutos do Mar (SH 03), Hortaliças (SH 07), Frutas (SH 08), Açúcares (SH 17) e Bebidas (SH 22), a base histórica das exportações estaduais, com raízes na produção do interior, da fruticultura irrigada do Vale do São Francisco ao setor sucroalcooleiro. O segundo, industrial e extrativo, agrega Combustíveis (SH 27), Plásticos (SH 39),

Obras de Pedra e Gesso (SH 68) e Alumínio (SH 76), setores de capital intensivo, concentrados no Complexo de Suape e no Polo Gesseiro do Araripe. O terceiro, de bens de capital e tecnologia, inclui Máquinas e Instrumentos Mecânicos (SH 84), Máquinas e Materiais Elétricos (SH 85) e Veículos (SH 87), representando a industrialização recente do estado, com destaque para o polo automotivo de Goiana.

2.8 Seleção dos Parceiros Comerciais e Interação Estratégica

Os cinco parceiros estratégicos (Estados Unidos, Argentina, Países Baixos, Singapura e China) foram selecionados a partir dos critérios de significância aplicados no capítulo 4 (limiar de 5% de participação para Pernambuco) e da análise de constância ao longo do tempo. Cada um deles cumpre um papel distinto na configuração da demanda externa por produtos pernambucanos.

Os Estados Unidos são o parceiro com a pauta mais diversificada, presentes como destino em praticamente todos os segmentos ao longo da série. A Argentina firmou-se como receptor de bens industriais, sobretudo veículos e plásticos, em uma relação comercial cuja sensibilidade aos ciclos econômicos do parceiro é uma das questões centrais deste estudo. Os Países Baixos funcionam como porta de entrada para o mercado europeu, concentrando a recepção de frutas e hortaliças via porto de Roterdã. Singapura emergiu como principal destino de derivados de petróleo a partir de 2016, com a operação da RNEST.

A inclusão da China responde a um interesse analítico específico. Embora a presença chinesa na pauta pernambucana seja menos expressiva do que na pauta nacional, há uma questão legítima sobre o potencial de expansão desse mercado para a produção do estado. Estimar elasticidades para a China ajuda a verificar se os fluxos existentes apontam para uma fronteira comercial em construção ou se se limitam a transações pontuais sem ancoragem estrutural.

O cruzamento dos 12 setores com os 5 parceiros gera, em princípio, 60 combinações para cada escala geográfica (Pernambuco e Brasil), totalizando 120 modelos. A modelagem foi estimada para todas essas combinações, mas a discussão dos resultados se concentra nas interações primárias e secundárias identificadas no Gráfico 14, segundo a hierarquia de relevância estabelecida no capítulo 4. As combinações sem fluxo histórico relevante, mas com resultados econométricos

significativos aparecem como indicativos de potencial competitivo para políticas públicas.

2.9 Motivações Analíticas por Agrupamento

Cada agrupamento setorial suscita questões analíticas próprias, que motivam a escolha do modelo e a interpretação dos coeficientes.

No agrupamento agroalimentar, o interesse recai sobre a elasticidade-renda das frutas e frutos do mar destinados aos Países Baixos e aos Estados Unidos. Se a elasticidade-renda for elevada, isso indicará que esses produtos são percebidos como bens de qualidade superior nos mercados de destino, beneficiando-se do crescimento econômico dos parceiros. Para os Açúcares exportados aos EUA, a questão é diferente: como parte desse comércio opera sob regime de cotas diplomáticas, espera-se que o volume não siga as regras convencionais de mercado, o que se refletiria em coeficientes estatisticamente não significativos.

No agrupamento industrial, o foco está na elasticidade-preço dos Combustíveis para Singapura e na sensibilidade dos Plásticos e do Alumínio à conjuntura argentina. Para os Combustíveis, a variável de interesse é o preço relativo: se a RNEST conseguir manter seus volumes mesmo diante de oscilações nos preços do petróleo, isso indicará resiliência competitiva. Para a Argentina, o interesse está em avaliar a vulnerabilidade dos setores industriais pernambucanos às crises recorrentes do parceiro, mensurada pela elasticidade-renda e pela velocidade de ajuste.

No agrupamento de bens de capital, a questão central é a maturidade do polo automotivo. Veículos (SH 87) exportados para a Argentina constituem o segmento mais recente da pauta, com dados disponíveis apenas a partir de 2016. A estimação de elasticidades vai indicar se essa relação comercial já atingiu estabilidade de longo prazo ou se ainda opera predominantemente por meio de ajustes de curto prazo, o que se manifestaria em um termo de correção de erros estatisticamente não significativo.

3 METODOLOGIA

O trabalho se organiza em duas etapas. A primeira, descritiva, reconstrói a trajetória das exportações do Brasil e de Pernambuco entre 1997 e 2024 a partir de indicadores de valor, volume e participação percentual. A segunda, econométrica, estima as elasticidades-renda e elasticidades-preço das exportações pernambucanas via modelo de Defasagens Distribuídas Autorregressivas (ARDL), seguindo Pesaran, Shin e Smith (2001). A combinação das duas etapas é proposital: os padrões identificados na análise histórica orientam a seleção dos setores e parceiros que alimentam a modelagem quantitativa.

Todo o tratamento dos dados, da coleta às estimações, foi conduzido em R (*R CORE TEAM*, 2022), com RStudio (*RSTUDIO TEAM*, 2020) como interface. Os procedimentos foram organizados em uma sequência de *scripts* modulares, cada um responsável por uma etapa do *pipeline*, garantindo a reprodutibilidade integral dos resultados.

As seções anteriores apresentaram a estrutura formal do modelo ARDL e os testes de diagnóstico que validam sua aplicação. Aqui eu traduzo essa formulação geral nas escolhas operacionais específicas adotadas para o estudo das exportações pernambucanas: como cada variável foi construída a partir das fontes de dados, qual a especificação completa do modelo estimado, como interpreto a dinâmica de curto prazo via ECM e, por fim, como organizei a comparação sistemática entre Pernambuco e Brasil.

3.1 Fonte de Dados

A base primária de comércio exterior provém do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), extraída em agosto de 2025 e cobrindo o período de janeiro de 1997 a dezembro de 2024. Os registros estão organizados por município de domicílio fiscal do exportador, em periodicidade mensal. Como o domicílio fiscal nem sempre coincide com o local físico de produção, assumo, com base em Barrantes Hidalgo e Da Mata (2004), que a probabilidade de o bem ser produzido na mesma região do declarante é suficientemente elevada para aproximar a análise da realidade produtiva local.

Os dados originais estão detalhados no nível SH4 (Sistema Harmonizado a quatro dígitos), unidade que oferece o melhor equilíbrio entre especificidade setorial e disponibilidade de registros municipais. A partir desse nível, agreguei as informações para SH2 (dois dígitos), somando os valores FOB (US\$) e os pesos líquidos (kg) de todos os códigos SH4 pertencentes a cada capítulo SH2. A agregação foi feita a partir do mapeamento dos dois primeiros dígitos do código SH4, complementado por tabela de referência quando necessário. As variáveis resultantes são o valor FOB em dólares nominais, o peso líquido em quilogramas e o país de destino.

Optei por valores nominais na etapa descritiva para preservar a magnitude direta das transações em cada período, o que permite comparações de escala ao longo do tempo. Já na etapa econométrica, todas as variáveis monetárias e de volume foram convertidas em logaritmo natural, de modo que os coeficientes estimados representassem elasticidades diretas (GUJARATI, 2019).

3.2 Construção das Variáveis do Modelo

Cada uma das cinco variáveis que entram na especificação econométrica exigiu decisões metodológicas particulares, sobre fonte, periodicidade, deflator, base de comparação e tratamento de dados ausentes. Apresento cada uma a seguir, na ordem em que aparecem na equação.

3.2.1 Variável Dependente: Volume de Exportações

A variável dependente é o peso líquido exportado mensalmente, em quilogramas, agregado por capítulo do Sistema Harmonizado a dois dígitos (SH 2) e diferenciado por origem (Pernambuco ou Brasil) e destino (cada um dos cinco parceiros). A escolha do peso líquido em vez do valor monetário tem motivação econômica: o objetivo é mensurar a demanda física dos parceiros pelos produtos exportados, isolada das flutuações de preço internacional. Em períodos de alta volatilidade dos preços de *commodities*, o valor exportado pode crescer mesmo com volume estável, contaminando a estimação da elasticidade-renda.

A série passa por transformação logarítmica (logaritmo natural), o que cumpre dois propósitos: estabiliza a variância (frequentemente crescente em séries de

comércio exterior) e permite que os coeficientes estimados sejam lidos diretamente como elasticidades, como mostrei no capítulo 2. Quando a série apresentou meses com valor zero (ausência de exportações em determinado mês), apliquei a substituição $\log(0) \rightarrow \log(1) = 0$, prática usual na literatura empírica.

3.2.2 Renda Externa

A renda do parceiro comercial é representada pelo PIB real, em moeda local de cada país. Optei por manter as séries nas moedas originais para evitar distorções decorrentes de conversão por taxa de câmbio variável, que poderia introduzir uma fonte espúria de variação na variável explicativa. A interpretação do coeficiente permanece válida: como ambas as variáveis (volume exportado e PIB) entram em logaritmo, o coeficiente representa a elasticidade-renda independentemente da unidade monetária.

A periodicidade dos dados originais é trimestral, mas o modelo opera em base mensal. Para reconciliar essa diferença, apliquei a técnica de desagregação temporal de Chow e Lin (1971), que estima valores mensais consistentes com os totais trimestrais a partir de indicadores mensais de alta frequência, chamados de séries auxiliares. Para os Estados Unidos, usei produção industrial, vendas no varejo e exportações de bens e serviços, todos extraídos via API do *Federal Reserve Economic Data* (FRED). Para Argentina, China, Países Baixos e Singapura, apliquei o mesmo procedimento com indicadores equivalentes obtidos junto às respectivas autoridades estatísticas (SingStat para Singapura, INDEC para Argentina). A consistência entre os dados mensais desagregados e os trimestrais originais foi verificada *a posteriori* por agregação inversa.

3.2.3 Preço Relativo

O preço relativo é a variável que captura a posição competitiva de Pernambuco frente ao Brasil para cada combinação de setor e destino. É calculado como a razão entre o preço unitário praticado por Pernambuco em uma exportação específica e o preço médio praticado pelo Brasil para o mesmo produto no mercado global:

$$PR_t = \frac{Valor_{PE,k,j,t}/Peso_{PE,k,j,t}}{Valor_{BR,k,t}/Peso_{BR,k,t}} \quad (10)$$

Onde k indexa o setor SH 2, j o país de destino e t o mês. O numerador é o preço unitário (valor FOB dividido pelo peso líquido) cobrado por Pernambuco no destino j ; o denominador é o preço unitário médio praticado pelo Brasil para o setor k em todos os mercados. Quando $PR > 1$, Pernambuco pratica preço acima da média nacional para aquele produto; quando $PR < 1$, está abaixo. A elasticidade-preço estimada para essa variável mede como o volume exportado responde a alterações nessa posição competitiva relativa.

3.2.4 Taxa de Câmbio Real

A taxa de câmbio real bilateral entre o Brasil e cada parceiro foi calculada como:

$$TCR_t = NER_t \times \frac{CPI_t^*}{IPCA_t} \quad (11)$$

Onde NER_t é a taxa de câmbio nominal (BRL por unidade da moeda do parceiro), CPI_t^* é o índice de preços ao consumidor do país de destino, nesse caso tomamos o Dólar como base para as transações cambiais, e $IPCA_t$ é o índice nacional de preços ao consumidor brasileiro. A taxa nominal foi obtida do Banco Central do Brasil (PTAX), e os índices de preços, das respectivas autoridades estatísticas. Uma elevação de TCR indica desvalorização real do real frente à moeda do parceiro, o que em princípio, melhora a competitividade-preço das exportações brasileiras.

3.2.5 Volatilidade Cambial

A volatilidade cambial entra como variável explicativa adicional para captar o efeito da incerteza sobre as decisões de exportação. Foi medida pelo desvio-padrão móvel de 12 meses da primeira diferença do logaritmo da taxa de câmbio real:

$$VOL_t = sd_{12}(\Delta \ln TCR_t) \quad (12)$$

Essa especificação, proposta por Rossi e Nevis (2014), tem a vantagem de capturar a volatilidade efetivamente experimentada pelos exportadores ao longo de um ano completo, suavizando picos isolados e refletindo a percepção de risco que afeta decisões de longo prazo. A literatura empírica sugere que aumentos na volatilidade cambial tendem a reduzir o volume exportado, sobretudo em setores com

maior intensidade de capital, uma hipótese que pode ser testada diretamente nos resultados deste estudo.

3.3 Análise de Tendência

Para descrever a trajetória histórica das exportações, apliquei duas técnicas complementares de estimação de tendência. A primeira é a regressão linear simples por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), com o tempo como variável independente, útil para identificar a direção e a intensidade médias do crescimento de longo prazo.

A segunda é a metodologia LOESS (*Locally Estimated Scatterplot Smoothing*), proposta por Cleveland (1979). Trata-se de uma regressão local ponderada que se ajusta a diferentes segmentos da série e capta inflexões e acelerações que o ajuste linear global não revela. Ambas as técnicas geram intervalos de confiança que ajudam a identificar observações atípicas e possíveis rupturas estruturais. A apresentação simultânea das duas estimativas confronta o comportamento médio de longo prazo com as oscilações de média frequência.

3.4 Modelagem Econométrica das Elasticidades

Após a etapa descritiva, avanço para a estimação das elasticidades-renda e elasticidades-preço. Adoto o modelo ARDL, fundamentado em Pesaran e Shin (1999) e Pesaran, Shin e Smith (2001). A escolha tem duas justificativas principais. A primeira é técnica: o ARDL acomoda variáveis com diferentes ordens de integração (séries estacionárias em nível, $I(0)$, e séries integradas de ordem 1, $I(1)$) sem incorrer em regressão espúria (GUJARATI, 2019). A segunda é prática: o modelo estima, num mesmo passo, as relações de equilíbrio de longo prazo e a dinâmica de ajuste de curto prazo via Mecanismo de Correção de Erros (ECM).

A variável dependente é o peso líquido exportado (kg), em logaritmo natural, diferenciando origem (Pernambuco ou Brasil) e destino (cada um dos cinco parceiros). Optei pelo peso líquido em vez do valor monetário para isolar a demanda física e evitar que oscilações nos preços internacionais de *commodities* contaminem a mensuração do volume efetivamente transacionado.

As variáveis explicativas são quatro: o PIB real dos países de destino, que atua como *proxy* para a renda externa; o preço relativo, calculado como a razão entre o preço unitário praticado por Pernambuco para um destino específico e o preço médio brasileiro para o mercado global no mesmo setor; a taxa de câmbio real bilateral (BRL/USD ajustada pelo diferencial de inflação CPI/IPCA); e uma medida de volatilidade cambial, definida como o desvio-padrão móvel de 12 meses da primeira diferença do logaritmo do câmbio real (ROSSI; NEVIS, 2014).

A série do PIB, originalmente trimestral, foi desagregada para periodicidade mensal pela técnica de Chow e Lin (1971), usando indicadores mensais de alta frequência como regressores auxiliares. Para os Estados Unidos, esses indicadores são produção industrial, vendas no varejo e exportações de bens e serviços, todos obtidos via API do *Federal Reserve Economic Data* (FRED). Para os demais países, utilizei indicadores equivalentes disponíveis nas mesmas bases ou em fontes estatísticas nacionais (SingStat, no caso de Singapura). Mantive as séries de PIB nas moedas originais de cada país, evitando distorções decorrentes de conversão prematura.

A seleção das defasagens ótimas do ARDL segue os critérios de informação de Akaike (AIC) e de Schwarz (BIC) (AKAIKE, 1974; SCHWARZ, 1978). A existência de cointegração é verificada pelo *Bounds Test* de Pesaran, Shin e Smith (2001). Os modelos passam ainda por uma bateria de testes de diagnóstico: o Augmented Dickey-Fuller (ADF) e o Zivot-Andrews para raízes unitárias e quebras estruturais (DICKEY; FULLER, 1979; ZIVOT; ANDREWS, 1992); o Shapiro-Wilk para normalidade dos resíduos; o Ljung-Box e o Breusch-Godfrey para autocorrelação serial (BREUSCH, 1978; GODFREY, 1978); o Breusch-Pagan e o ARCH-LM para heterocedasticidade (ENGLE, 1982); e o CUSUM para estabilidade dos parâmetros (BROWN; DURBIN; EVANS, 1975). Os pormenores formais de cada teste, bem como a especificação completa do modelo, estão nos capítulos seguintes.

3.5 Justificativa da Escolha do Modelo ARDL

A diversidade de setores e parceiros analisados, somada às propriedades estatísticas heterogêneas das séries de comércio exterior, exige um modelo

econométrico capaz de acomodar essa complexidade. O modelo ARDL, formalizado por Pesaran, Shin e Smith (2001), atende a esse requisito por três razões.

A primeira é a flexibilidade quanto à ordem de integração. A análise de raízes unitárias, conduzida por meio dos testes Augmented Dickey-Fuller e Zivot-Andrews, mostrou que as séries do painel incluem tantas variáveis estacionárias em nível, $I(0)$, quanto variáveis integradas de primeira ordem, $I(1)$. Modelos que exigem estacionariedade uniforme seriam inadequados nesse contexto. O ARDL evita o risco de regressão espúria sem impor a restrição de que todas as variáveis tenham a mesma ordem de integração, desde que nenhuma seja $I(2)$ (GUJARATI, 2019; PESARAN; SHIN; SMITH, 2001).

A segunda é o desempenho em amostras pequenas. Ao segmentar a análise por setor e por destino, o número de observações disponíveis varia entre 21 e 108 meses, dependendo da combinação. Para setores como Veículos (SH 87), que só apresentam fluxo a partir de 2016, a amostra é particularmente curta. Diferentemente de métodos que dependem de propriedades assintóticas para amostras grandes, o ARDL preserva a validade dos estimadores nessas condições (PESARAN; SHIN; SMITH, 2001).

A terceira é a integração entre longo e curto prazo. O ARDL une a estimação de equilíbrio de longo prazo à dinâmica de curto prazo via Mecanismo de Correção de Erros (ECM). Essa decomposição é central para o estudo: responde a duas perguntas distintas para cada interação setor-destino: qual é o nível de equilíbrio da relação entre exportações e seus determinantes (elasticidades de longo prazo), e com que velocidade o sistema retorna a esse equilíbrio após um choque externo (coeficiente de ajuste). A comparação dessa velocidade entre Pernambuco e Brasil é um dos resultados mais informativos da análise.

A seleção automática das defasagens ótimas é feita pelo critério de informação de Akaike (AIC), com ordem máxima de 4 defasagens, o equivalente a um pouco mais de um trimestre de memória nas séries mensais. A existência de cointegração é verificada pelo *Bounds Test* de Pesaran, Shin e Smith (2001). A bateria completa de testes de diagnóstico (raiz unitária, normalidade, autocorrelação, heterocedasticidade e estabilidade) é detalhada adiante, neste capítulo, junto com a formalização matemática do modelo.

Este capítulo formaliza o ferramental econométrico que sustenta a estimação das elasticidades. Apresento a equação geral do modelo ARDL, derivo o Modelo de Correção de Erros Irrestrito (UECM) que dá base ao *Bounds Test* de cointegração, detalho o Mecanismo de Correção de Erros (ECM) e organizo a bateria de testes de diagnóstico em quatro etapas. A formulação aqui apresentada segue a estrutura proposta por Pesaran e Shin (1999) e Pesaran, Shin e Smith (2001), com os ajustes operacionais necessários para o tratamento das séries de comércio exterior.

3.6 O Modelo de Defasagens Distribuídas Autorregressivas (ARDL)

3.6.1 Ordens de Integração e Estacionariedade

Antes de especificar o modelo, é necessário compreender as propriedades estatísticas das séries envolvidas. Uma série temporal Y_t é estacionária quando suas características distribucionais (média, variância e autocovariâncias) não dependem do tempo. Formalmente, Y_t é estacionária em sentido amplo se:

$$E(Y_t) = \mu, \quad Var(Y_t) = \sigma^2, \quad Cov(Y_t, Y_{t-k}) = \gamma_k \quad (13)$$

Para todo t e k (GUJARATI, 2019). Quando essa condição não se verifica, a série é não estacionária e a aplicação de regressão por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO) pode produzir resultados espúrios, relações estatisticamente significativas entre variáveis sem qualquer conexão econômica real (GRANGER; NEWBOLD, 1974).

A solução usual é diferenciar a série até alcançar estacionariedade. Diz-se que Y_t é integrada de ordem d , denotada $I(d)$, quando precisa ser diferenciada d vezes para se tornar estacionária. Séries econômicas raramente exibem ordem de integração superior a 1 a maior parte é $I(0)$ (estacionária em nível) ou $I(1)$ (estacionária na primeira diferença). Em modelos tradicionais de cointegração, como o de Johansen, todas as variáveis precisam ter a mesma ordem. O ARDL relaxa essa restrição e admite a combinação de $I(0)$ e $I(1)$, desde que nenhuma seja $I(2)$ (PESARAN; SHIN; SMITH, 2001).

3.6.2 A Equação Geral do Modelo

A forma geral de um modelo ARDL(p, q) com uma variável dependente Y_t e um vetor de variáveis explicativas X_t pode ser escrita como:

$$Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{j=0}^q \beta_j X_{t-j} + \epsilon_t \quad (14)$$

Onde p é o número de defasagens da variável dependente, q é o número de defasagens das variáveis explicativas, α_0 é o intercepto, α_i e β_j são os coeficientes a serem estimados, e ϵ_t é o termo de erro estocástico, assumido ruído branco. A equação (14) capta tanto a inércia da própria série dependente (via defasagens autorregressivas) quanto a influência das variáveis explicativas em períodos passados, configurando uma estrutura dinâmica que generaliza modelos puramente estáticos.

A ordem ótima das defasagens (p, q) é determinada por critérios de informação, com destaque para Akaike (AIC) e Schwarz (BIC). O AIC tende a selecionar modelos com mais defasagens, o que beneficia a captura da dinâmica de curto prazo (PESARAN; SHIN; SMITH, 2001).

3.7 O Teste de Cointegração (Bounds Test)

A existência de uma relação de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis é verificada pelo *Bounds Test*, proposto por Pesaran, Shin e Smith (2001). O teste tem como ponto de partida uma reformulação da equação ARDL na forma do Modelo de Correção de Erros Irrestrito (UECM), que combina as variáveis em nível com suas primeiras diferenças.

3.7.1 O Modelo de Correção de Erros Irrestrito (UECM)

A reformulação do ARDL na forma UECM é obtida a partir da subtração de Y_{t-1} dos dois lados da equação (14), seguida de manipulações algébricas que reorganizam os termos. O resultado é:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p-1} \phi_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=0}^{q-1} \theta_j \Delta X_{t-j} + \lambda_1 Y_{t-1} + \lambda_2 X_{t-1} + \epsilon_t \quad (15)$$

Onde Δ indica a primeira diferença, φ_i e θ_j são os coeficientes de curto prazo associados às variações, e λ_1 e λ_2 são os coeficientes de longo prazo associados aos níveis defasados. A presença simultânea de variáveis em nível e em diferença é o que torna o UECM informativo: se λ_1 e λ_2 forem conjuntamente significativos, isso indica que há uma relação de cointegração entre Y_t e X_t , ou seja, as variáveis se movem juntas no longo prazo, mesmo que individualmente sejam não estacionárias.

3.7.2 Hipóteses e Limites Críticos

O *Bounds Test* avalia conjuntamente os coeficientes dos termos em nível por meio de um teste F. As hipóteses são:

$$H_0: \lambda_1 = \lambda_2 = 0 \quad (\text{não há cointegração}) \quad (16)$$

$$H_1: \lambda_1 \neq 0 \text{ ou } \lambda_2 \neq 0 \quad (\text{há cointegração}) \quad (17)$$

A novidade metodológica está nos limites críticos. Pesaran, Shin e Smith (2001) tabulam dois conjuntos de valores: o limite inferior, calculado sob a hipótese de que todas as variáveis são $I(0)$, e o limite superior, calculado sob a hipótese de que todas são $I(1)$. A regra de decisão é direta: se o F calculado superar o limite superior, rejeita-se H_0 e conclui-se que há cointegração; se ficar abaixo do limite inferior, não se rejeita H_0 ; se cair entre os dois limites, o teste é inconclusivo. Essa estrutura de bandas é o que torna o ARDL aplicável a sistemas com ordens de integração mistas, sem necessidade de conhecimento prévio sobre a estacionariedade exata de cada série.

3.8 O Mecanismo de Correção de Erros (ECM)

Constatada a cointegração, o passo seguinte é estimar a dinâmica de curto prazo e calcular o termo de correção de erros, que mede a velocidade com que a variável dependente retorna ao equilíbrio de longo prazo após um choque.

3.8.1 Estrutura Matemática

O ECM é obtido a partir do UECM, com a substituição dos termos em nível pela combinação linear que define o equilíbrio de longo prazo. Formalmente:

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^{p-1} \phi_i \Delta Y_{t-i} + \sum_{j=0}^{q-1} \theta_j \Delta X_{t-j} + \phi ECT_{t-1} + \epsilon_t \quad (18)$$

Onde ECT_{t-1} é o termo de correção de erros, definido como o resíduo defasado da equação de equilíbrio de longo prazo:

$$ECT_{t-1} = Y_{t-1} - (\beta_0 + \beta_1 X_{t-1}) \quad (19)$$

E ϕ é o coeficiente de velocidade de ajuste, que mede a fração do desequilíbrio do período anterior corrigida no período corrente.

3.8.2 O Coeficiente de Velocidade de Ajuste (ϕ)

O coeficiente ϕ tem três propriedades que orientam a interpretação dos resultados. Primeiro, espera-se que ϕ seja negativo: um desvio positivo do equilíbrio (variável acima do nível de longo prazo) deve ser corrigido por uma variação negativa no período seguinte. Segundo, o módulo de ϕ deve estar entre 0 e 1: valores próximos de 0 indicam ajuste lento (a relação demora a retornar ao equilíbrio), enquanto valores próximos de 1 indicam ajuste rápido. Valores fora desse intervalo sinalizam instabilidade do sistema. Terceiro, ϕ precisa ser estatisticamente significativo: se não o for, isso indica ausência de mecanismo de correção, o que coloca em dúvida a própria existência de cointegração e exige reavaliação da especificação.

A meia-vida do ajuste, o tempo necessário para que metade do desequilíbrio seja corrigida, pode ser calculada como:

$$\text{Meia-vida} = \frac{\ln(0,5)}{\ln(1+\phi)} \quad (20)$$

Para $\phi = -0,3$, por exemplo, a meia-vida é de aproximadamente 2 meses; para $\phi = -0,1$, sobe para cerca de 7 meses. Essa medida torna interpretáveis as comparações de velocidade de ajuste entre setores e escalas geográficas.

3.8.3 Cálculo das Elasticidades de Longo Prazo

As elasticidades de longo prazo são extraídas dos coeficientes λ da equação (15), por meio da relação:

$$\beta_{LP} = -\frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (21)$$

Onde β_{LP} é a elasticidade de longo prazo da variável explicativa X sobre a variável dependente Y . Quando todas as variáveis estão expressas em logaritmo natural, como adotado neste trabalho, β_{LP} é diretamente interpretável como elasticidade. Os intervalos de confiança das elasticidades de longo prazo são calculados pelo método delta, que aproxima a distribuição da razão de coeficientes via expansão de Taylor de primeira ordem (CASELLA; BERGER, 2002).

3.9 Especificação do Modelo Estimado

Reunindo as cinco variáveis construídas na seção anterior, a forma reduzida do modelo estimado para cada combinação setor-destino é:

$$\ln X_t = \beta_Y \ln Y_t + \beta_{pr} \ln PR_t + \beta_T CR \ln TCR_t + \beta_V OL VOL_t + \varepsilon_t \quad (22)$$

Onde X_t é o peso líquido exportado, Y_t é o PIB real do parceiro, PR_t é o preço relativo, TCR_t é a taxa de câmbio real e VOL_t é a volatilidade cambial. Note que VOL_t não entra em logaritmo, pois já é uma medida de variabilidade percentual.

A equação (22) representa apenas a relação de equilíbrio de longo prazo. Na implementação ARDL, essa especificação é expandida para incluir defasagens autorregressivas da variável dependente e das explicativas, retomando a equação (14) deste capítulo.

Diferentemente da forma geral apresentada na equação (14), o modelo aplicado foi estimado sem intercepto. Essa escolha tem duas motivações. Do ponto de vista teórico, em uma especificação log-log o termo constante captura apenas um nível de escala das exportações, invariavelmente muito maior para o Brasil do que para Pernambuco, que não é o objeto da comparação. Retira-lo equivale a adotar o Caso I do procedimento de Pesaran, Shin e Smith (2001), sem intercepto nem tendência irrestritos, concentrando a análise na intensidade da resposta marginal (as elasticidades), que é a grandeza comparável entre as duas escalas geográficas.

A forma estimada efetivamente, na representação UECM (que é a base do *Bounds Test*), assume a estrutura:

$$\Delta \ln X_t = \sum \phi_i \Delta \ln X_{t-i} + \sum \theta_j \Delta Z_{t-j} + \lambda_1 \ln X_{t-1} + \lambda_Z Z_{t-1} + \epsilon_t \quad (23)$$

Onde Z_t representa o vetor das quatro variáveis explicativas ($\ln Y$, $\ln PR$, $\ln TCR$, VOL), e λ_Z é o vetor de coeficientes de longo prazo associados aos níveis defasados. As elasticidades de longo prazo são extraídas pela razão $-\frac{\lambda_Z}{\lambda_1}$, conforme equação (21) deste capítulo.

A ordem ótima das defasagens (p, q) é selecionada pelo critério AIC, com limite máximo de 4 períodos. Para cada uma das 120 estimações (12 setores $\times$ 5 destinos $\times$ 2 escalas geográficas), o algoritmo testa todas as combinações dentro desse limite e retém a especificação com menor AIC. As variáveis *dummy* que se mostraram necessárias para tratar quebras estruturais ou *outliers* específicos foram incluídas após inspeção dos resíduos, conforme protocolo descrito neste capítulo.

3.10 Dinâmica de Curto Prazo e o ECM Aplicado

Quando o *Bounds Test* indica cointegração, a especificação se completa com a estimação do ECM, que decompõe a relação em dois componentes interpretáveis: a dinâmica de curto prazo, capturada pelos coeficientes das primeiras diferenças, e a velocidade de retorno ao equilíbrio de longo prazo, dada pelo coeficiente ϕ do termo de correção de erros.

Os coeficientes de curto prazo (ϕ_i e θ_j) indicam como variações instantâneas em uma das variáveis explicativas se propagam sobre o volume exportado no mesmo mês ou nos meses seguintes. Para o caso pernambucano, são particularmente informativos os coeficientes associados a $\Delta \ln TCR$ (resposta imediata a desvalorizações cambiais) e a $\Delta \ln Y$ (resposta imediata a oscilações na renda do parceiro). Esses coeficientes não são elasticidades de longo prazo, mas sim respostas dinâmicas que se acumulam até atingir o efeito permanente.

O coeficiente ϕ do termo de correção de erros é o que distingue setores resilientes de setores vulneráveis. Setores com ϕ significativo e próximo de -1 retornam rapidamente ao equilíbrio após um choque externo (uma crise no país parceiro, uma alta súbita do câmbio); setores com ϕ próximo de zero permanecem desalinhados por períodos prolongados, sinalizando rigidez estrutural ou pouca

capacidade de adaptação. A meia-vida do ajuste, calculada pela equação (20) deste capítulo, traduz esse coeficiente em tempo (meses), facilitando comparações.

3.11 Estratégia de Comparação: Pernambuco versus Brasil

A comparação sistemática entre Pernambuco e Brasil é o eixo metodológico central do estudo. Para cada uma das 60 combinações setor-destino, estimei o mesmo modelo ARDL nas duas escalas geográficas, com idêntica especificação de variáveis e idênticos critérios de seleção de defasagens. Isso permite que os coeficientes estimados sejam comparáveis ponto a ponto.

A comparação se desdobra em três dimensões. A primeira é a **direção do efeito**, se o sinal do coeficiente é o mesmo nas duas escalas. Um setor pernambucano que apresenta elasticidade-renda positiva enquanto a brasileira é negativa, ou vice-versa, sinaliza um padrão de inserção qualitativamente distinto, exigindo investigação setorial específica.

A segunda é a **magnitude do efeito**. Quando os sinais coincidem, a comparação dos coeficientes em módulo indica se Pernambuco é mais ou menos sensível a choques do que o agregado nacional. Coeficientes pernambucanos sistematicamente maiores em módulo apontam para maior dependência da conjuntura externa, característica esperada para economias regionais especializadas. Coeficientes menores sugerem ancoragem em mercados estáveis ou em produtos com demanda menos cíclica.

A terceira é a **velocidade de ajuste**, mensurada pela diferença entre os coeficientes ϕ das duas escalas. Se a meia-vida do ajuste pernambucano for sistematicamente maior que a brasileira, isso indica que choques externos têm efeitos mais persistentes sobre o estado, informação relevante para o desenho de políticas de mitigação, sobretudo em setores com alto valor exportado (combustíveis, veículos) ou com forte impacto na cadeia produtiva regional (frutas, açúcares).

A discussão dos resultados, no capítulo 5, organiza a apresentação por agrupamento setorial (agroalimentar, industrial, bens de capital), priorizando as interações primárias identificadas no capítulo 4 e usando a comparação com o Brasil

como referência interpretativa. Os modelos completos, com diagnósticos individuais, estão disponíveis nos apêndices.

3.12 Testes de Diagnóstico e Validação

A validade do modelo ARDL depende de uma sequência de testes que verificam as propriedades estatísticas das séries e dos resíduos. Organizei esses testes em quatro etapas, executadas na ordem apresentada.

3.12.1 Etapa 1: Ordem de Integração

A primeira etapa verifica a estacionariedade de cada série e identifica a presença de quebras estruturais. Aplico dois testes complementares.

O Augmented Dickey-Fuller (ADF), formalizado por Dickey e Fuller (1979), testa a hipótese nula de presença de raiz unitária. A estatística é calculada a partir da regressão da primeira diferença sobre o nível defasado e suas defasagens, com os valores críticos tabulados em MacKinnon (2010). Um p -valor inferior a 0,05 leva à rejeição da hipótese nula e à conclusão de que a série é estacionária no nível considerado.

O teste de Zivot-Andrews, proposto por Zivot e Andrews (1992), generaliza o ADF ao permitir uma quebra estrutural endógena na série, ou seja, identificada pelo próprio teste, sem necessidade de especificação prévia da data. Esse teste é particularmente relevante para Pernambuco, onde as séries de Combustíveis e Veículos apresentam quebra estrutural clara em 2016, decorrente da entrada em operação da RNEST e da Stellantis. O Zivot-Andrews avalia a estacionariedade considerando essa quebra, evitando o viés do ADF tradicional, que tende a aceitar a hipótese de raiz unitária quando há mudança de regime na série.

A regra operacional adotada foi a seguinte: se o ADF ou o Zivot-Andrews indicar estacionariedade, a série é classificada como $I(0)$; caso contrário, é diferenciada e os testes são reaplicados. Se a primeira diferença for estacionária, a série é $I(1)$ e pode entrar no modelo ARDL. Séries $I(2)$ (improváveis no contexto do estudo) seriam excluídas.

3.12.2 Etapa 2: Normalidade dos Resíduos

A normalidade dos resíduos é desejável para a validade dos testes de hipótese baseados na distribuição t e F . Apliquei o teste de Shapiro-Wilk, recomendado para amostras de tamanho moderado, com hipótese nula de que os resíduos seguem distribuição normal. Em casos de violação, o procedimento padrão foi inspecionar visualmente os resíduos via gráficos Q-Q e histogramas, identificar *outliers* e, quando justificado, incluir variáveis *dummy* para choques específicos (como os meses iniciais da pandemia). Em amostras maiores que 30 observações, o teorema do limite central oferece robustez assintótica suficiente para que pequenas violações de normalidade não comprometam a inferência (GUJARATI, 2019).

3.12.3 Etapa 3: Independência e Homocedasticidade dos Resíduos

A terceira etapa verifica duas propriedades dos resíduos: a ausência de autocorrelação serial e a homocedasticidade.

Para autocorrelação, apliquei dois testes. O Ljung-Box examina conjuntamente as autocorrelações até uma ordem definida (no estudo, 12 defasagens, em correspondência com a periodicidade mensal). O Breusch-Godfrey, mais confiável na presença de variáveis dependentes defasadas, como ocorre no ARDL, testa a hipótese nula de ausência de autocorrelação até a ordem especificada. A rejeição em qualquer um dos dois indica que o modelo precisa de mais defasagens para captar a estrutura dinâmica residual.

Para homocedasticidade, apliquei o teste de Breusch-Pagan, que verifica se a variância dos resíduos se mantém constante ao longo do tempo, e o ARCH-LM (Engle, 1982), específico para séries financeiras e econômicas, que testa a presença de efeitos autorregressivos na variância condicional. Em séries de comércio exterior, é comum encontrar volatilidade não constante associada a períodos de crise. Quando detectada heterocedasticidade, a inferência foi corrigida por meio de erros-padrão robustos a heterocedasticidade do tipo Newey-West (NEWHEY; WEST, 1987).

3.12.4 Etapa 4: Estabilidade dos Parâmetros

A última etapa avalia se os parâmetros estimados se mantêm estáveis ao longo do tempo. Apliquei o teste CUSUM (*Cumulative Sum of Recursive Residuals*) e sua variante CUSUMSQ, propostos por Brown, Durbin e Evans (1975). O CUSUM acumula os resíduos recursivos do modelo e os compara com bandas de confiança de 5%, se a soma cumulativa atravessa as bandas em algum ponto, há evidência de quebra estrutural não captada pela especificação. O CUSUMSQ aplica o mesmo princípio à soma cumulativa dos quadrados dos resíduos, sendo mais sensível a alterações na variância.

A interpretação foi a seguinte: trajetórias contidas nas bandas indicam estabilidade dos parâmetros e validam a especificação adotada. Trajetórias que cruzam as bandas exigem reavaliação, normalmente por meio da inclusão de variáveis *dummy* para datas de quebra ou da reespecificação do modelo com diferentes ordens de defasagem.

A combinação dessas quatro etapas garante que cada uma das 120 estimações realizadas (60 setor-destino para Pernambuco e 60 para Brasil) atenda aos requisitos estatísticos para a interpretação econômica dos coeficientes. Apenas modelos que passem por todos os filtros têm seus resultados discutidos no capítulo 5. As especificações que falharem em uma ou mais etapas são reportadas como tal, com indicação dos motivos da exclusão. O capítulo 5 detalha a aplicação dessa metodologia ao caso pernambucano e a estratégia de comparação com o Brasil.

4 ANÁLISE DOS DADOS HISTÓRICOS

Como antecipei na metodologia, a análise descritiva avança em quatro frentes. Primeiro, examino os valores nominais anuais das exportações do Brasil e de Pernambuco, com as respectivas tendências de longo prazo. Em seguida, olho para as participações percentuais dos principais destinos. Depois, cruzo os segmentos SH2 com os destinos estratégicos para definir as interações que vão alimentar a modelagem econométrica. Por fim, incorporo evidências sobre a dimensão territorial da mudança estrutural ocorrida no estado.

4.1 Cenário Nacional e Pernambucano

A exposição dos dados segue dois níveis. No primeiro, apresento os valores anuais exportados e as tendências de longo prazo, estimadas por regressão linear e LOESS. No segundo, analiso as participações percentuais dos Estados Unidos, dada a centralidade desse destino no debate sobre política tarifária.

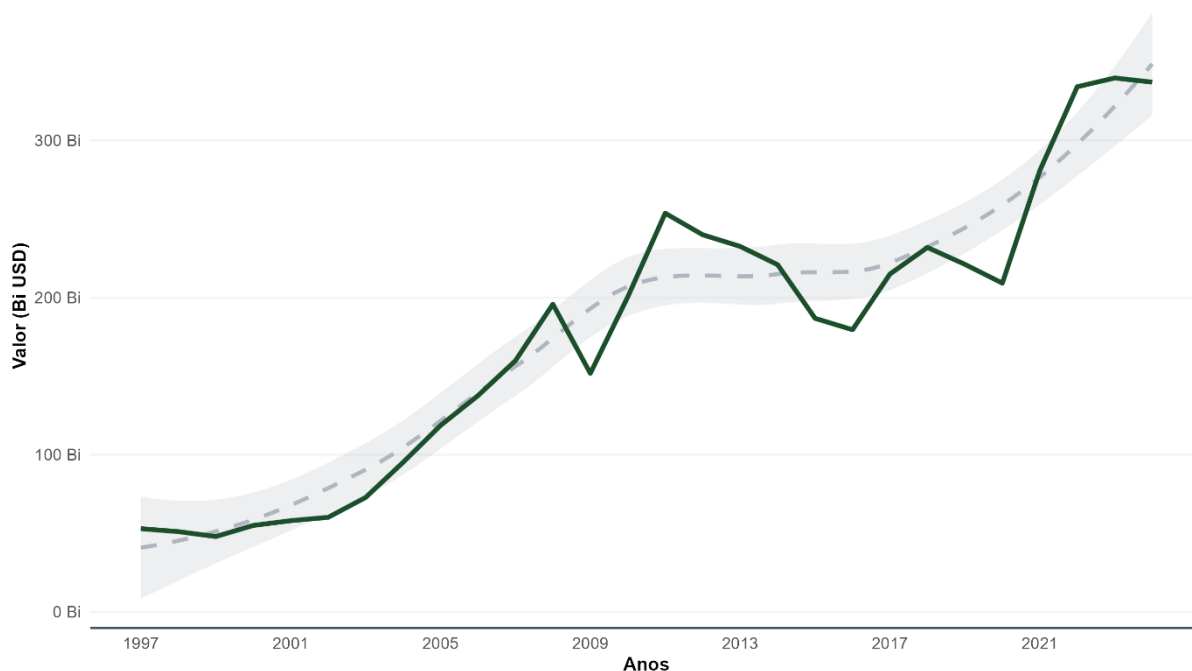
4.1.1 Brasil

A curva LOESS confirma essa leitura. A inclinação do segmento 1997 - 2010 é mais acentuada do que a do segmento 2

017 - 2024, a aceleração recente, embora expressiva em termos absolutos, é inferior à do período pré-crise de 2008. O intervalo de confiança da tendência é mais estreito nos extremos da série e se alarga no período intermediário, refletindo a maior volatilidade dos anos de oscilação.

Gráfico 1: Evolução das Exportações Brasileiras (1997-2024)

Valores nominais em bilhões de dólares (FOB) com intervalo de confiança da tendência.

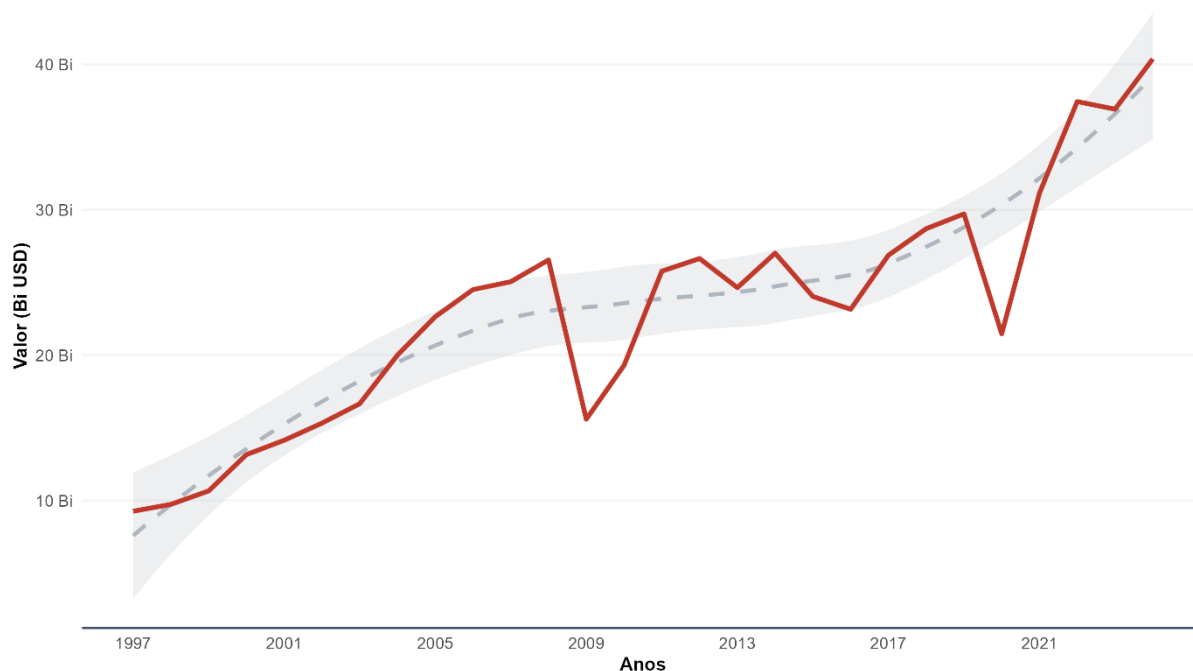


Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do MDIC (2025).

As exportações brasileiras para os Estados Unidos (Gráfico 2) partem de US\$ 9 bilhões em 1997 e alcançam US\$ 40 bilhões em 2024. O crescimento é contínuo, com recuos pontuais em 2009 (crise financeira global) e 2020 (pandemia). O padrão geral acompanha o do total nacional, embora com menor amplitude.

Gráfico 2: Exportações Brasileiras destinadas aos EUA

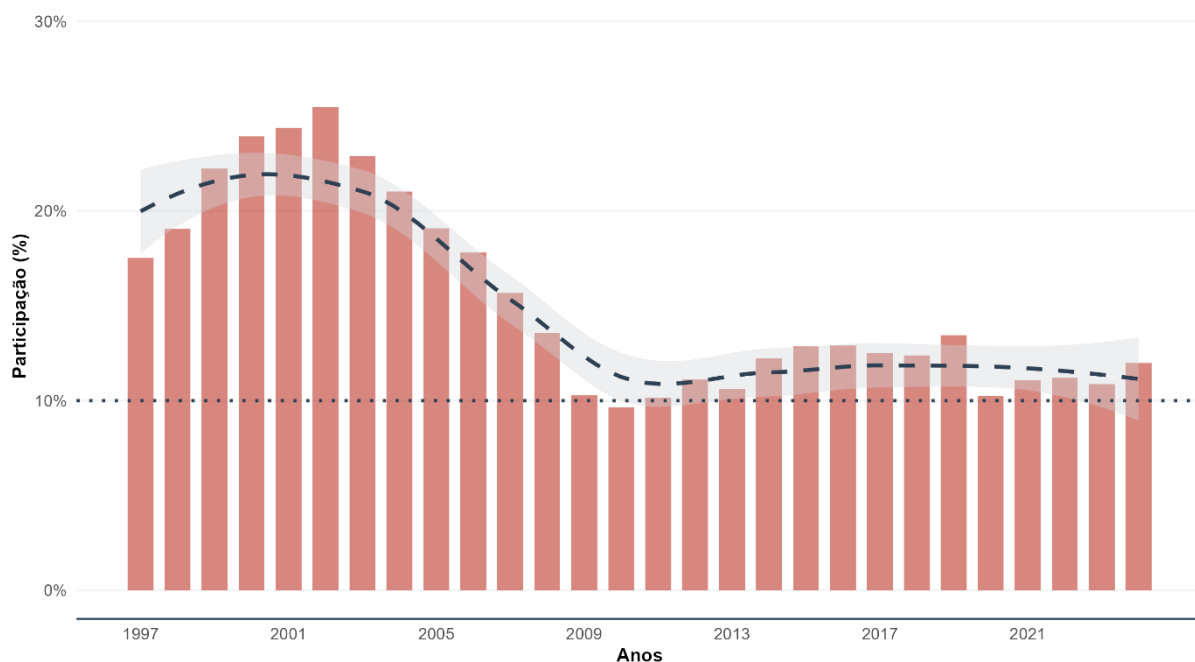
Trajetória do valor exportado para o mercado americano (Bilhões USD).



A participação dos Estados Unidos no total exportado pelo Brasil (Gráfico 3), no entanto, tem trajetória de declínio. O pico ocorre em 2002, seguido de queda até 2011, quando se estabiliza entre 11% e 12%. A tendência LOESS, com seu intervalo de confiança, mostra que essa estabilização é consistente ao longo da última década. Importante: a redução relativa não decorre de queda no valor absoluto, que quadruplicou no período, mas da expansão mais acelerada de outros destinos na pauta nacional, sobretudo a China.

Gráfico 3: Participação Relativa dos EUA na Pauta Brasileira

Percentual do valor exportado pelo Brasil destinado aos EUA com linha de tendência LOESS.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do MDIC (2025).

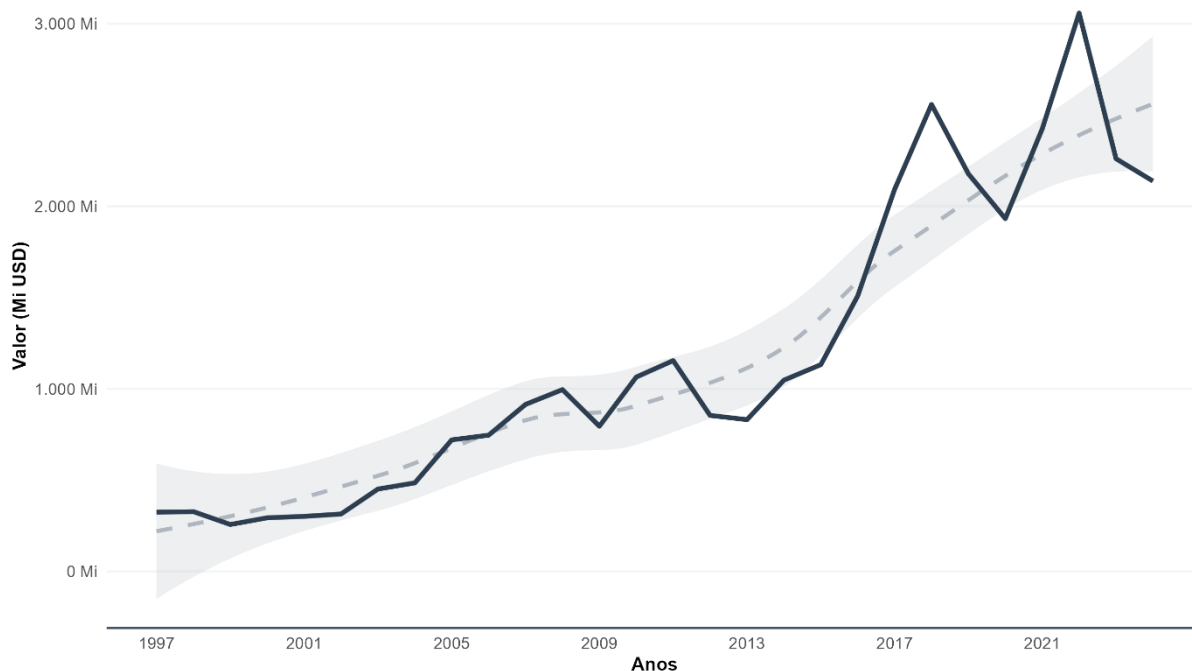
Nota: A linha tracejada representa a tendência suavizada; a área cinza o intervalo de confiança.

4.1.2 Pernambuco

As exportações de Pernambuco (Gráfico 4) seguem dinâmica distinta da nacional. A tendência suavizada cresce ao longo de todo o período, sem o platô que marca os dados do Brasil entre 2011 e 2016. A mudança de patamar fica mais nítida a partir de 2015. Dois anos destoam para cima da tendência, fora do intervalo de confiança: 2020 e 2022.

Gráfico 4: Evolução das Exportações de Pernambuco (1997-2024)

Valores nominais em milhões de dólares (FOB) com tendência suavizada.

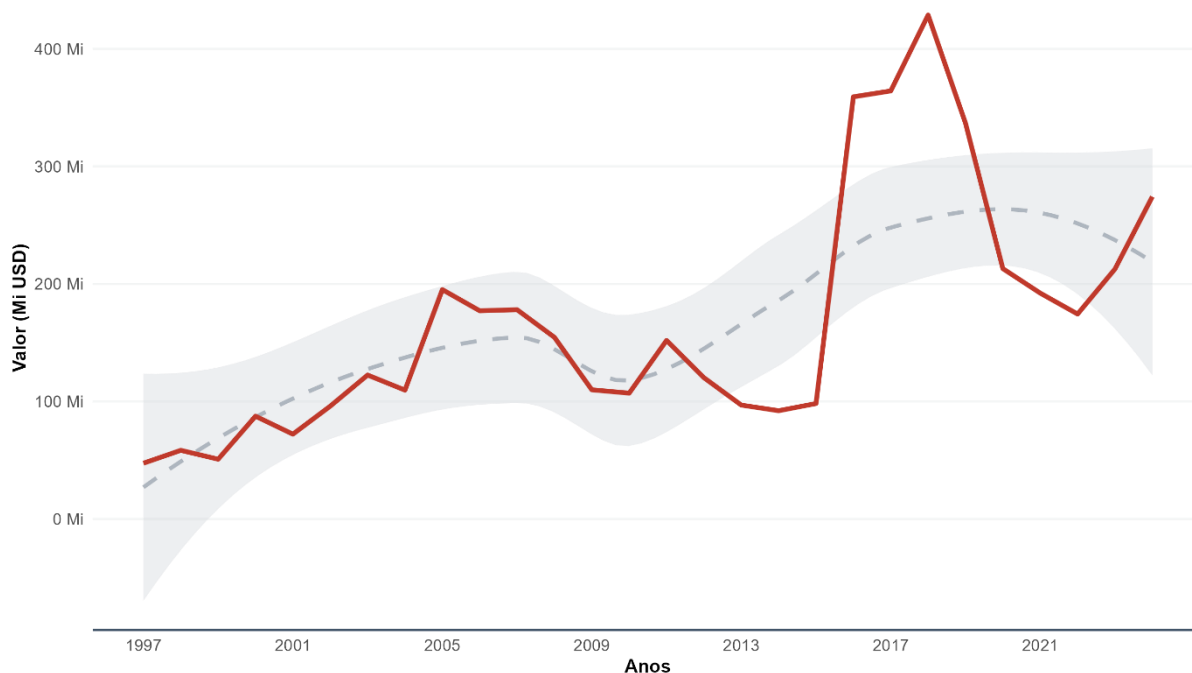


Dividindo a série em dois momentos, a diferença de escala salta aos olhos. No primeiro período (até 2015), a média anual era de US\$ 685 milhões; no segundo (2016 - 2024), sobe para US\$ 2.238 milhões. O estado partiu de US\$ 324 milhões em 1997, atingiu o pico de US\$ 3.058 milhões em 2022 e recuou para US\$ 2.137 milhões em 2024. A tendência LOESS aponta um ponto de inflexão por volta de 2011, com crescimento mais lento antes e mais acelerado depois.

As exportações pernambucanas para os Estados Unidos (Gráfico 5) refletem essa mudança. Até 2015, a média anual era de US\$ 111 milhões; no período seguinte, sobe para US\$ 284 milhões. O gráfico evidencia um pico acentuado entre 2016 e 2019, seguido de quedas em 2020 e 2021 que ultrapassam o limite inferior do intervalo de confiança. Essas quedas estão associadas às incertezas sobre a continuidade das operações da RNEST, que enfrentou risco de interrupção durante processo de leilão. Com a decisão da Petrobras de manter a produção, as exportações retomaram crescimento nos anos seguintes.

Gráfico 5: Exportações de Pernambuco para os EUA

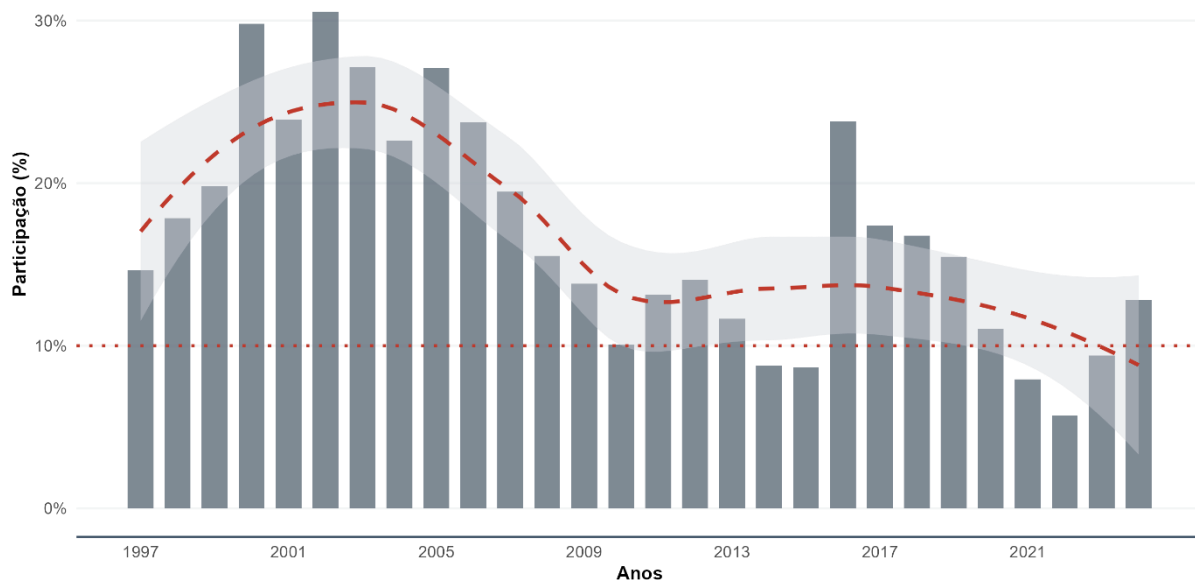
Fluxo nominal em milhões de dólares (FOB) destinado ao mercado americano.



Em termos de participação (Gráfico 6), o padrão é de declínio até 2010, quando a tendência LOESS atinge seu ponto mínimo, seguido de recuperação parcial a partir de 2016. A média anual de participação, que era de 18% no primeiro momento, recua para 13% no segundo. O pico histórico ocorreu em 2002 (30,5%) e o ponto mínimo em 2021 - 2022. A linha pontilhada de referência em 10% mostra que, na maior parte do período recente, a participação americana se mantém acima desse patamar.

Gráfico 6: Participação dos EUA nas Exportações de Pernambuco

Peso percentual do mercado americano com linha de tendência LOESS.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do MDIC (2025).

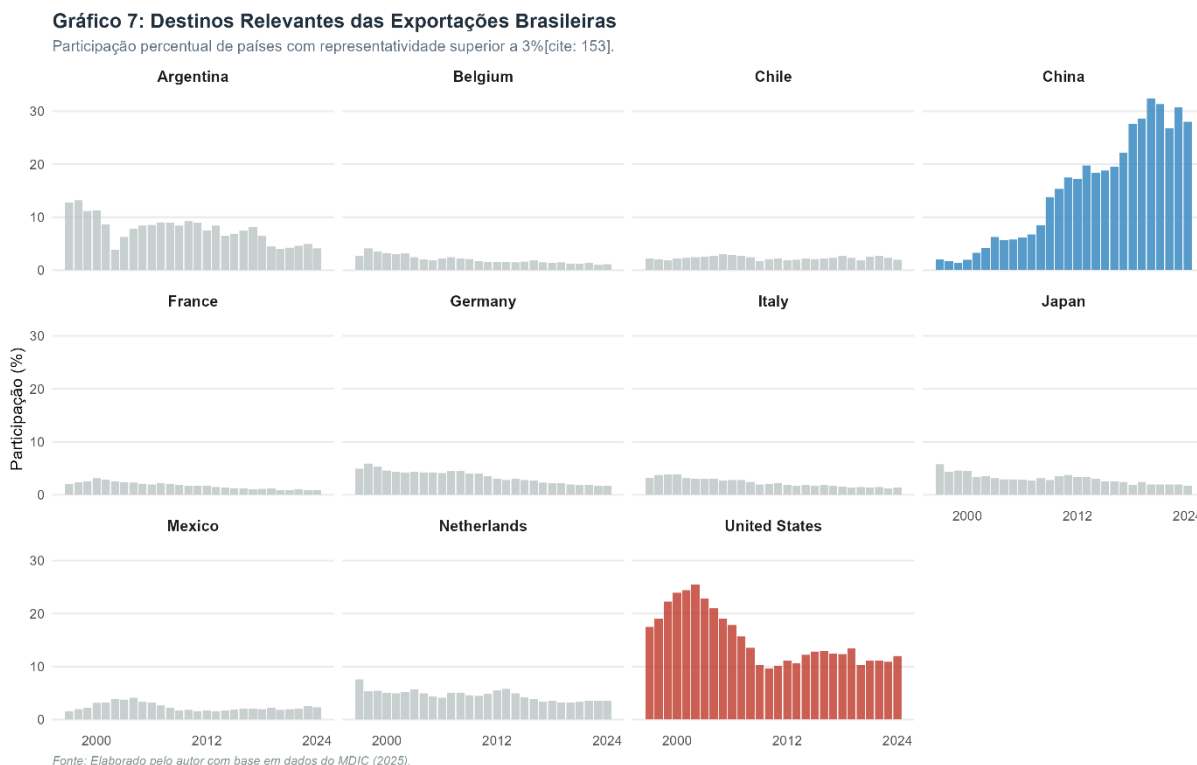
Nota: Linha pontilhada em 10% para comparação regional; área cinza indica confiança da tendência.

4.2 Destino das Exportações

O crescimento no valor total exportado abre uma questão sobre a distribuição geográfica dos fluxos. Para distinguir destinos relevantes de parceiros pontuais, adotei um critério de significância baseado na participação percentual anual: 3% para o Brasil e 5% para Pernambuco. O limiar mais alto para o estado se justifica pelo menor número de destinos e pela necessidade de evidenciar apenas os parceiros com peso efetivo na economia local.

4.2.1 Brasil

O Brasil exportou para 266 países ao longo do período. Com o filtro de 3%, esse número cai para 11. O Gráfico 7 traz, em painéis individuais, a participação de cada destino significativo ao longo da série.

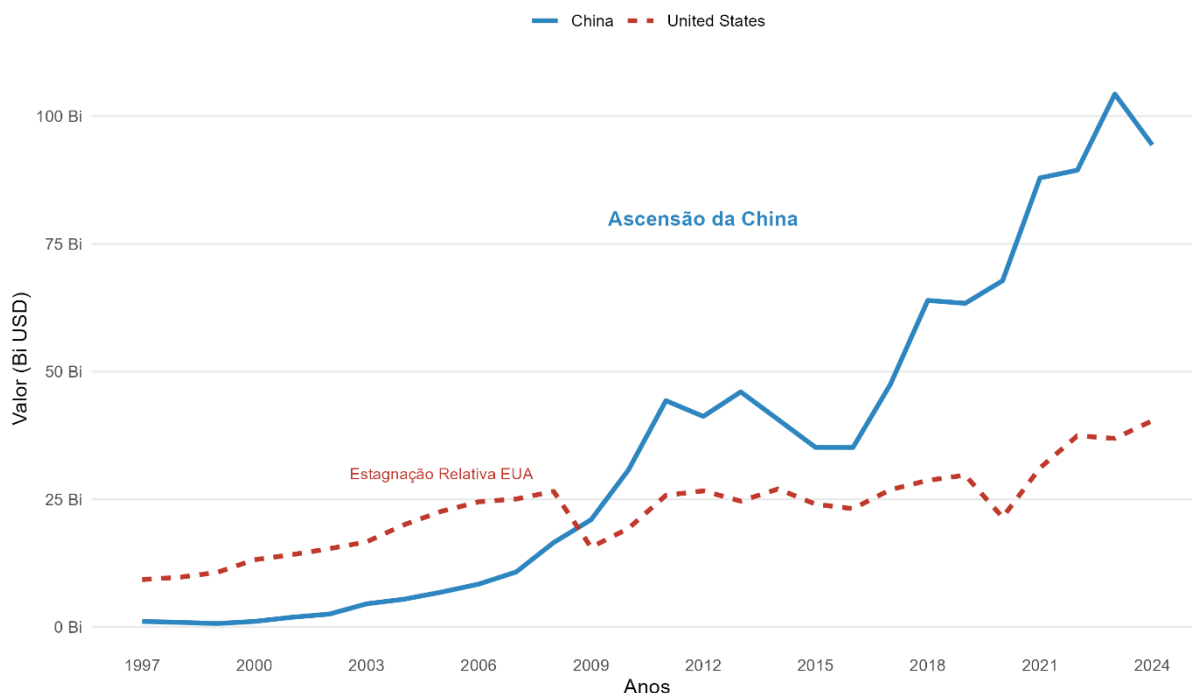


A tendência mais marcante é a inversão entre Estados Unidos e China. Os EUA, em vermelho, perdem participação de forma contínua a partir de 2002. A China, em azul, eleva sua presença gradualmente desde 2010, atingindo picos acima de 30% nos anos mais recentes. Países como Chile e França cruzam o limiar apenas em anos isolados; Bélgica, Itália e México concentram relevância nos anos iniciais; Alemanha e Japão mantêm presença constante, mas frequentemente abaixo do limiar. Os destinos retidos para análise detalhada são Argentina, China, Países Baixos e Estados Unidos.

O Gráfico 8 compara diretamente os valores exportados para China e Estados Unidos. Até 2009, a China apresentava média de US\$ 6 bilhões, contra US\$ 17 bilhões dos EUA. A partir de 2010, o comércio com a China supera o americano. Entre 2011 e 2017, a média chinesa estabiliza-se em US\$ 40 bilhões, enquanto a americana se mantém em US\$ 24 bilhões. No final da série, a disparidade se acentua: a China ultrapassa US\$ 100 bilhões anuais e os EUA ficam em torno de US\$ 35 bilhões. O gráfico anota essa divergência com os rótulos “Ascensão da China” e “Estagnação Relativa EUA”.

Gráfico 8: Brasil - Disparidade entre China e Estados Unidos

Evolução do valor exportado em bilhões de USD (1997-2024).

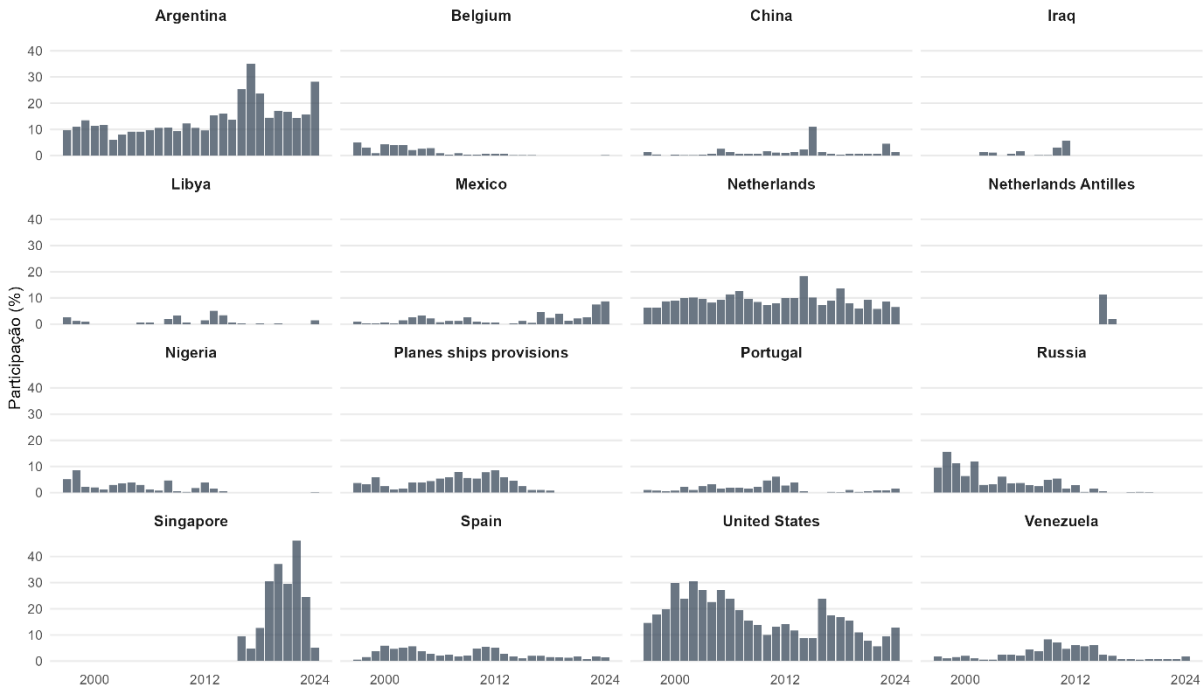


4.2.2 Pernambuco

Pernambuco comercializou com 209 países no período. O Gráfico 9, com filtro de 5%, traz em painéis individuais a participação de cada destino. Argentina e Estados Unidos se destacam pela constância: a Argentina mantém participação entre 10% e 20% ao longo de quase toda a série, com salto expressivo após 2016; os EUA aparecem com participação decrescente, mas persistente. Singapura surge abruptamente a partir de 2016, com picos acima de 40%. Países como Bélgica, China, Iraque, Líbia, Portugal e Venezuela atingem relevância em anos pontuais, predominantemente antes de 2016.

Gráfico 9: Principais Destinos das Exportações de Pernambuco

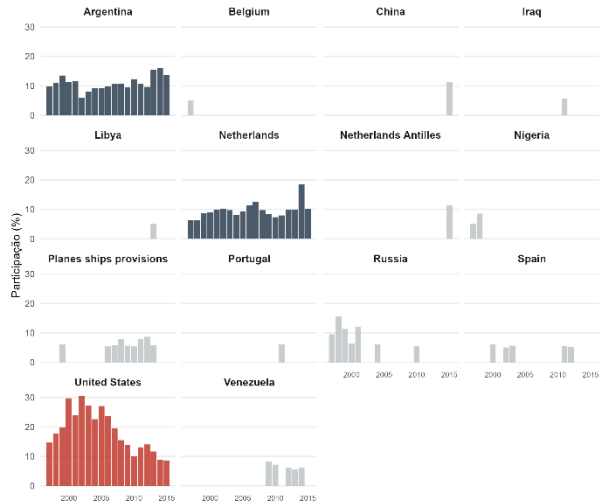
Filtro de relevância histórica superior a 5% de participação.



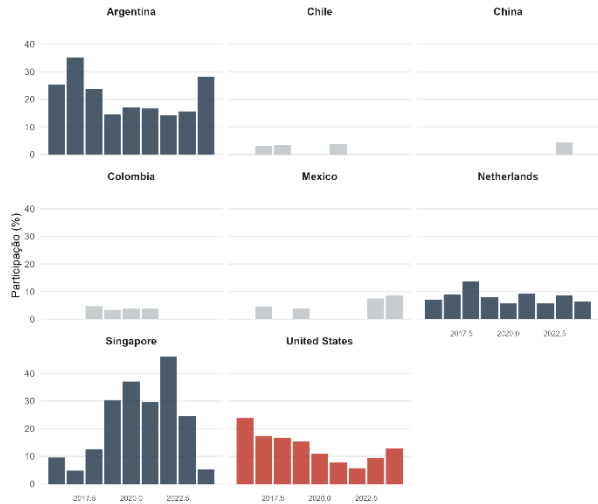
O Gráfico 10 segmenta a série nos dois momentos e aplica filtros distintos de participação, deixando visível a concentração progressiva. No primeiro momento (até 2015, filtro de 5%), os destinos relevantes incluem Argentina, Países Baixos, Estados Unidos, Portugal, Rússia, Espanha, Venezuela e Nigéria. No segundo (2016 - 2024, filtro de 3%), a lista reduz-se a Argentina, Singapura, Estados Unidos, Países Baixos, Colômbia, Chile, México e China. A transição revela uma concentração da pauta em destinos de maior volume individual.

Gráfico 10: Evolução dos Destinos das Exportações de Pernambuco
Comparativo da participação relativa antes e depois da reestruturação produtiva.

(1) Até 2015: Concentração Tradicional
Filtro de participação mínima de 5%.



(2) 2016-2024: Diversificação da Pauta
Filtro de participação mínima de 3%.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do MDIC (2025).

A configuração atual concentra-se em quatro destinos principais: Argentina, Países Baixos, Estados Unidos e Singapura. Singapura entra no mapa com o início das exportações de derivados de petróleo da RNEST. A Argentina ganha peso após 2016, impulsionada pela produção de veículos da Stellantis em Goiana. Os Países Baixos mantêm-se como porta de entrada para o mercado europeu, recebendo produtos agrícolas via Roterdã. A China é incluída como quinto parceiro na modelagem econométrica por interesse analítico próprio, conforme detalhado nos capítulos seguintes.

4.3 Pernambuco - Principais Segmentos SH2 e Países de Destino

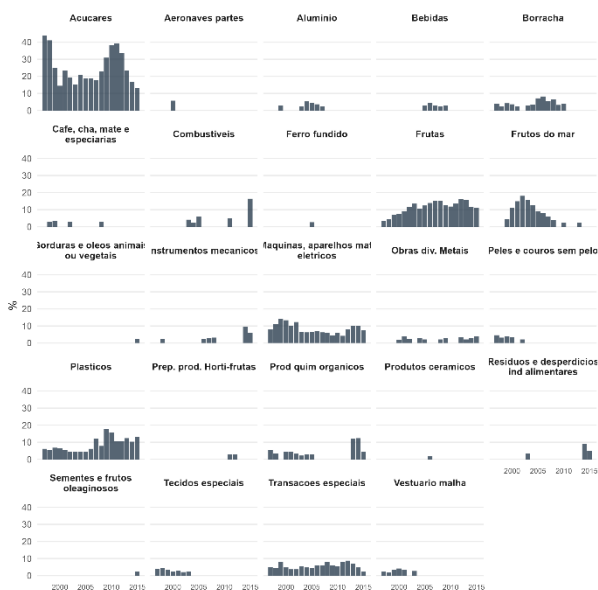
A composição setorial da pauta mudou ao longo do tempo. A introdução de bens de alto valor unitário reduziu a participação relativa dos produtos tradicionais, ainda que estes tenham mantido seus valores absolutos. A classificação aqui usa o Sistema Harmonizado no nível SH2 (dois dígitos).

4.3.1 Momentos da Série e seus Principais Produtos

O Gráfico 11 separa a pauta nos dois momentos. No primeiro (até 2015), com filtro de 2%, ela é diversificada: Açúcares, Frutas, Frutos do Mar, Máquinas e Aparelhos Elétricos, Plásticos, Produtos Químicos e Transações Especiais aparecem de forma recorrente. No segundo momento (2016 - 2024), com filtro reduzido para 1% por causa do aumento do volume total, Combustíveis e Veículos passam a representar, em média, 30% do valor exportado. A pauta concentra-se em Açúcares, Combustíveis, Frutas, Máquinas e Aparelhos Elétricos, Plásticos e Veículos. Perdem representatividade relativa os Produtos Químicos Orgânicos e as Transações Especiais.

Gráfico 11: Estudo dos Momentos da Participação dos Segmentos SH2

(1) Até 2015: Pauta Tradicional
Segmentos com participação mínima de 2%.



(2) 2016-2024: Reestruturação Produtiva
Segmentos com participação mínima de 1%.



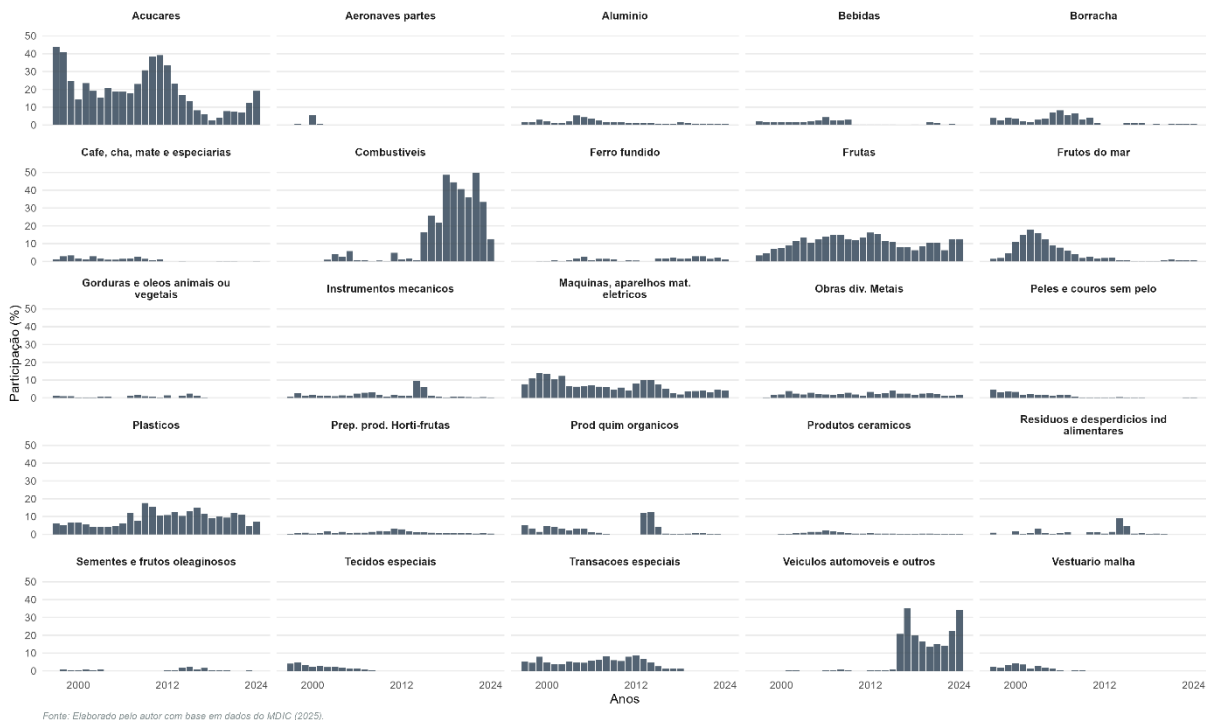
Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do MDIC (2025).

4.3.2 Segmentos Relevantes - Série Completa

O Gráfico 12 traz os segmentos que atingem 2% de participação em pelo menos um ano da série completa. Aeronaves, Bebidas, Gorduras e Óleos e Resíduos Alimentares aparecem em anos isolados. Borracha, Instrumentos Mecânicos, Peles e Couros e Tecidos Especiais concentram-se antes de 2015.

Gráfico 12: Principais Segmentos SH2 da Pauta de Exportação (1997-2024)

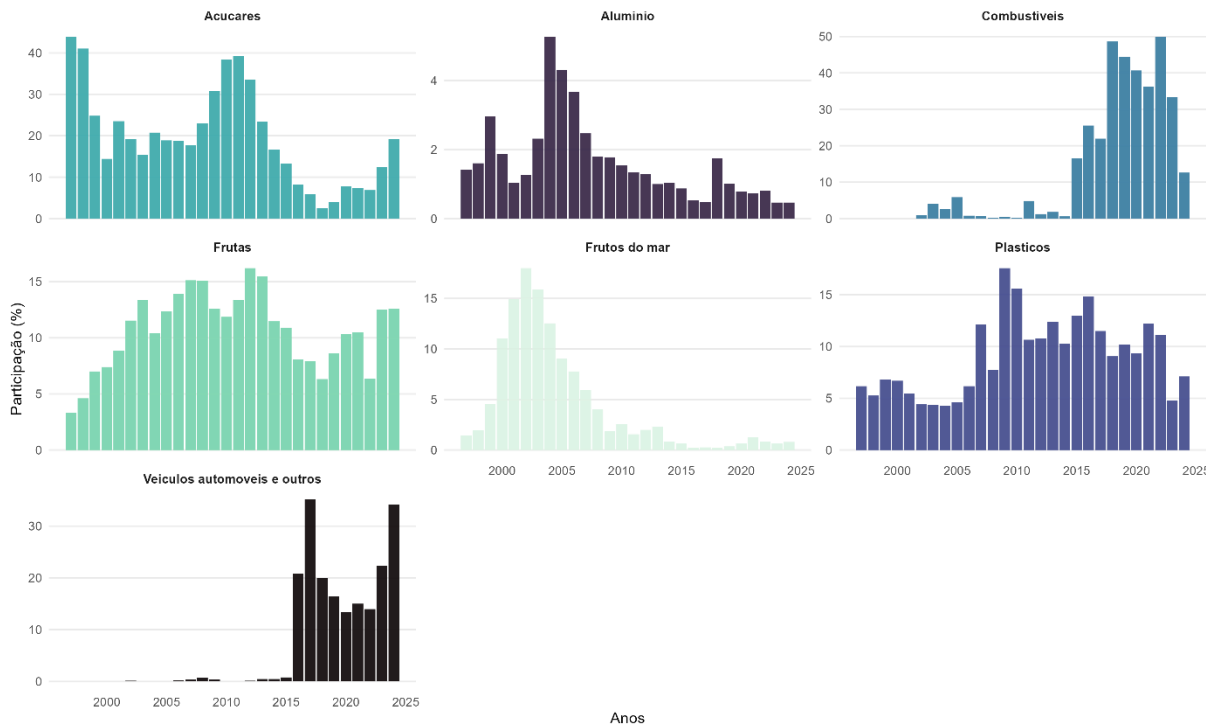
Visão consolidada de produtos com relevância superior a 2%.



O Gráfico 13 sintetiza a participação dos segmentos retidos, com eixos escalonados por produto, confirmando que Açúcares e Frutos do Mar perdem peso relativo de forma acentuada após a reestruturação produtiva.

Gráfico 13: Comportamento dos Segmentos Estratégicos Seleccionados

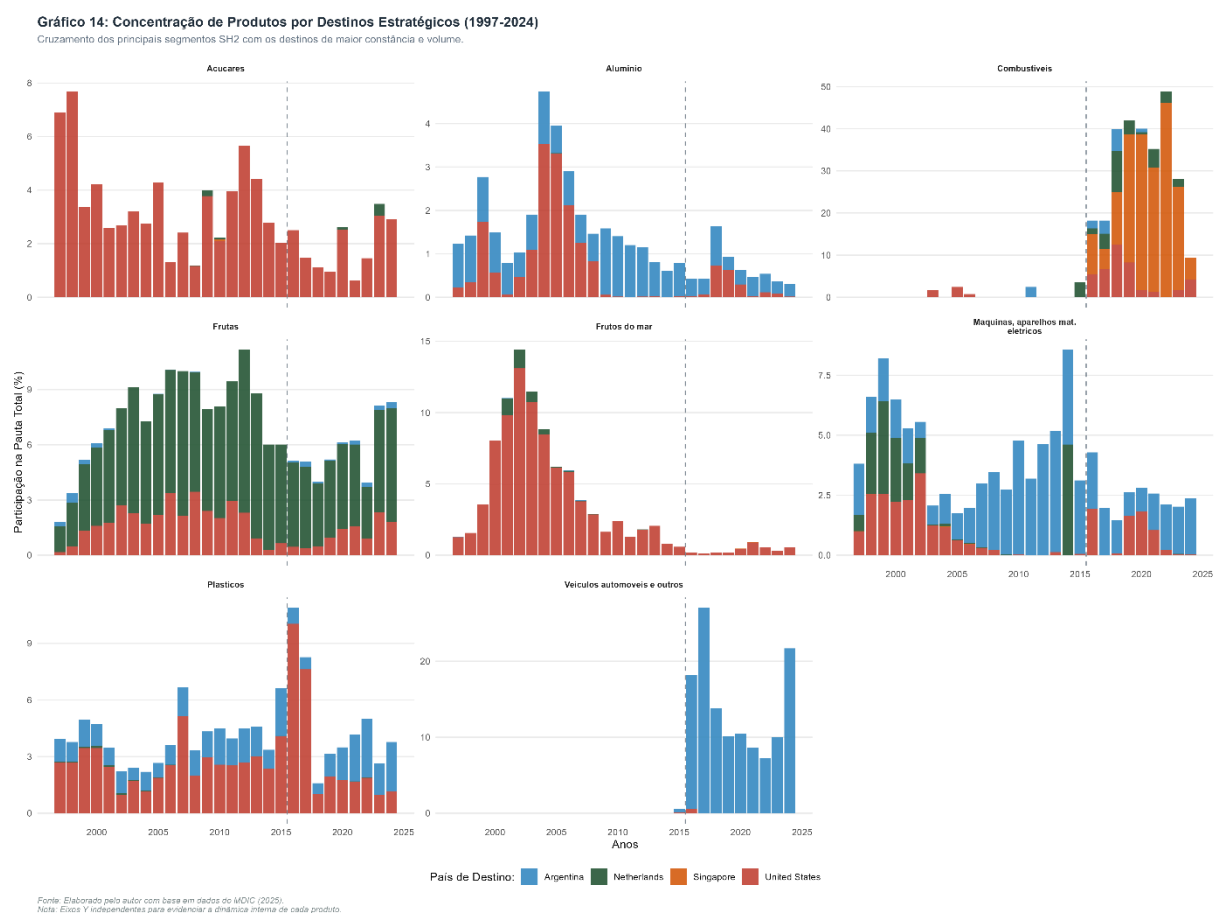
Evolução da participação percentual com eixos escalonados por produto.



Os 12 segmentos retidos para a modelagem são: Frutos do Mar (SH 03), Hortaliças (SH 07), Frutas (SH 08), Açúcares (SH 17), Bebidas (SH 22), Combustíveis (SH 27), Plásticos (SH 39), Obras de Pedra e Gesso (SH 68), Alumínio (SH 76), Máquinas e Instrumentos Mecânicos (SH 84), Máquinas e Materiais Elétricos (SH 85) e Veículos (SH 87).

4.3.3 Segmentos SH2 e Países de Destino - Matriz de Interação

O Gráfico 14 é a peça central para a definição do recorte analítico. Cada painel representa um segmento, e as barras empilhadas indicam a participação de cada destino (azul: Argentina; verde: Países Baixos; laranja: Singapura; vermelho: EUA) ao longo do tempo. Os eixos verticais são independentes entre painéis, para evidenciar a dinâmica interna de cada produto.



A leitura do gráfico permite classificar as interações em dois níveis. As primárias correspondem aos destinos que concentram a parcela dominante do fluxo de forma contínua. As secundárias referem-se a destinos presentes, mas com menor peso ou

regularidade. Essa hierarquia importa porque, embora a modelagem econométrica tenha sido estimada para todas as combinações dos 12 setores com os 5 parceiros (120 modelos para Pernambuco e Brasil), a discussão dos resultados se concentra nas interações de maior relevância histórica. As combinações sem fluxo expressivo, mas com resultados econométricos significativos, aparecem como indicativos de potencial competitivo ainda não explorado, podendo subsidiar políticas públicas de desenvolvimento exportador.

As interações identificadas para cada setor são as seguintes.

Açúcares (SH 17): os Estados Unidos (vermelho) dominam o fluxo ao longo de toda a série, sendo o destino primário. Os Países Baixos (verde) aparecem como secundário, com participação crescente nos anos mais recentes. Singapura aparece pontualmente após 2016.

Alumínio (SH 76): Argentina (azul) e Estados Unidos (vermelho) dividem o fluxo, com predomínio argentino nos anos iniciais. A Argentina é o destino primário e os EUA, o secundário.

Combustíveis (SH 27): praticamente inexistentes antes de 2016. Com a operação da RNEST, Singapura (laranja) domina o painel, com picos superiores a 40% de participação. Estados Unidos (vermelho) e Argentina (azul) aparecem como secundários, com presença menor mas visível nos anos mais recentes.

Frutas (SH 08): Países Baixos (verde escuro) e Estados Unidos (vermelho) dividem o fluxo de forma equilibrada ao longo de toda a série, configurando dois destinos primários. A dupla predominância reflete a orientação da fruticultura do Vale do São Francisco tanto para o mercado europeu quanto para o norte-americano.

Frutos do Mar (SH 03): os Estados Unidos dominam de forma clara, sendo o destino primário. O segmento entra em declínio acentuado depois de 2005, com valores residuais a partir de 2015.

Máquinas e Materiais Elétricos (SH 85): o painel mostra presença de Estados Unidos (vermelho) e Argentina (azul) ao longo da série, com os EUA como destino primário. No segundo momento, a Argentina ganha participação e se torna destino secundário relevante.

Plásticos (SH 39): a Argentina (azul) predomina ao longo de quase toda a série, sendo o destino primário. Os Estados Unidos (vermelho) aparecem de forma mais dispersa como secundário.

Veículos (SH 87): segmento que surge exclusivamente a partir de 2016, com a instalação da Stellantis. A Argentina concentra a quase totalidade do fluxo, sendo o destino primário de forma incontestável.

Dois pontos adicionais merecem registro. Os Estados Unidos são o parceiro com a pauta mais diversificada, com presença em praticamente todos os segmentos. E há uma especialização geográfica clara: a Argentina absorve bens industriais (veículos, plásticos, alumínio), os Países Baixos recebem produtos agrícolas (frutas, hortaliças) e Singapura concentra os derivados de petróleo.

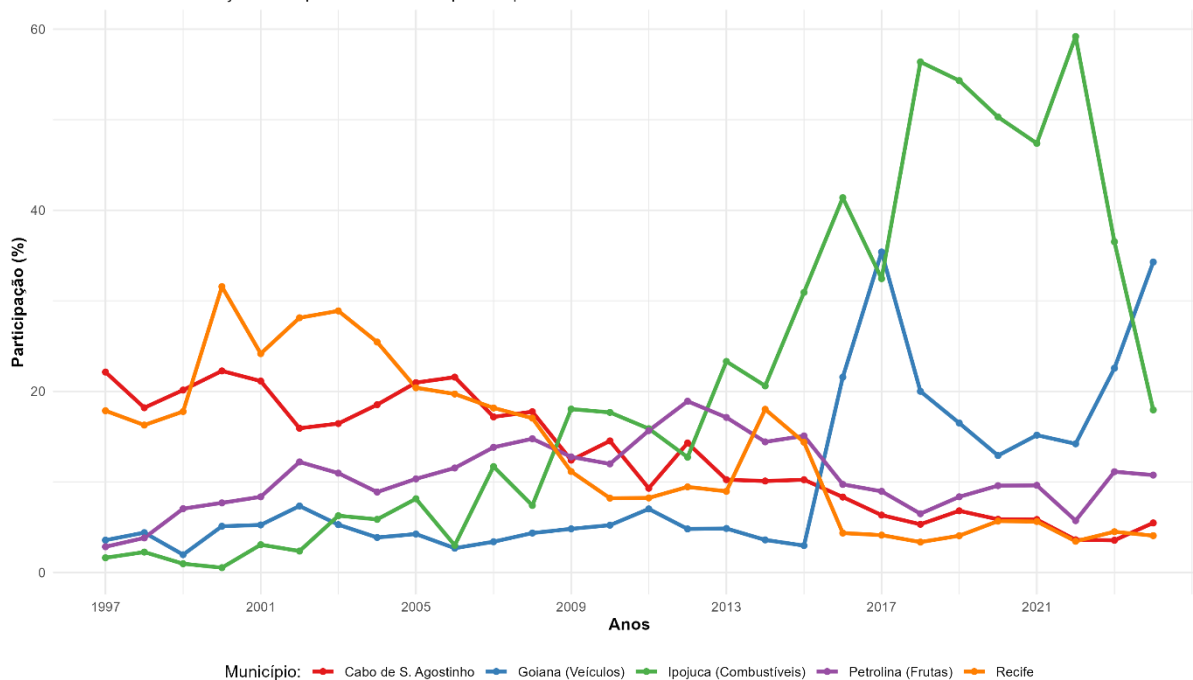
Essa matriz de interações é o recorte analítico que orienta toda a etapa econométrica. A discussão dos resultados prioriza as interações primárias de cada setor, usando as secundárias como complemento comparativo.

4.4 A Dimensão Territorial da Mudança Estrutural

A análise até aqui descreveu a mudança estrutural em termos de produtos, destinos e participação relativa. Trago aqui uma camada complementar com uma perspectiva territorial: a transformação da pauta pernambucana está ancorada em polos municipais específicos.

O Gráfico 15 traz a evolução da participação dos principais municípios exportadores de Pernambuco ao longo do período. Até meados dos anos 2000, a distribuição é relativamente dispersa entre diversos municípios, com destaque para os vinculados à produção tradicional (açúcar, frutas, frutos do mar). A partir de 2013, e de forma mais acentuada após 2016, emergem dois polos que passam a concentrar parcela crescente das exportações estaduais: Ipojuca, sede da Refinaria Abreu e Lima, e Goiana, onde se instalou a planta da Stellantis.

Gráfico 15: Evolução da Participação dos Principais Polos Exportadores
 Percentual de contribuição municipal no valor total exportado por Pernambuco.

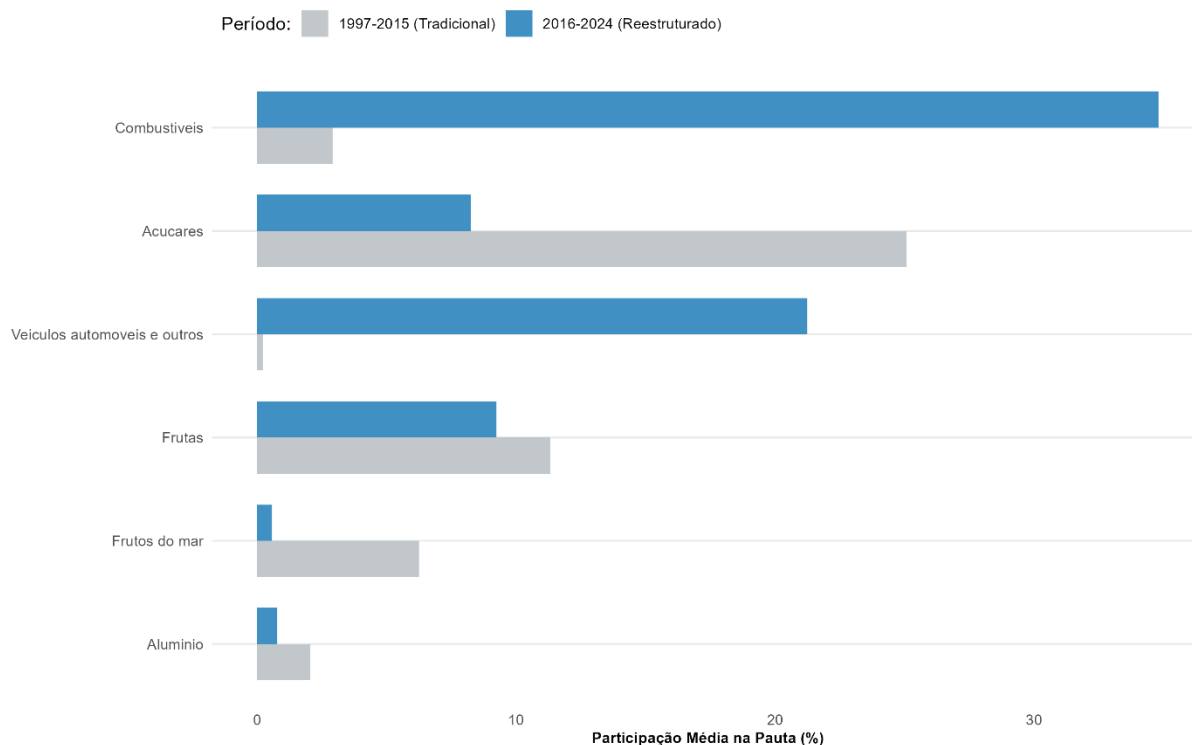


O comparativo entre Ipojuca e Goiana permite dimensionar o peso relativo de cada polo. Ipojuca cresce de forma expressiva a partir de 2014, atingindo picos de exportação superiores a US\$ 1,5 bilhão em anos como 2018 e 2022. Goiana começa a registrar valores relevantes a partir de 2016, com crescimento acelerado nos anos seguintes. Juntos, os dois municípios respondem pela maior parte do salto observado nas exportações estaduais. Essa concentração territorial reforça a natureza industrial da transformação: a mudança de patamar não veio de uma expansão difusa da produção, mas da entrada em operação de duas plantas industriais de grande porte.

O Gráfico 16 quantifica a mudança estrutural com um comparativo direto da participação média de cada segmento antes e depois de 2016. Combustíveis passam de uma participação média inferior a 5% no primeiro período para cerca de 37% no segundo, tornando-se o segmento de maior peso na pauta. Veículos, praticamente inexistentes antes de 2016, atingem participação média próxima a 20% no segundo período. Em contraste, Açúcares recuam de cerca de 25% para menos de 8%, e Frutos do Mar caem de aproximadamente 6% para valores residuais. Frutas e Alumínio mantêm participações relativamente estáveis entre os dois períodos.

Gráfico 16: Mudança Estrutural na Participação Média (SH2)

Comparativo do peso relativo médio antes e depois da reestruturação produtiva de 2016.

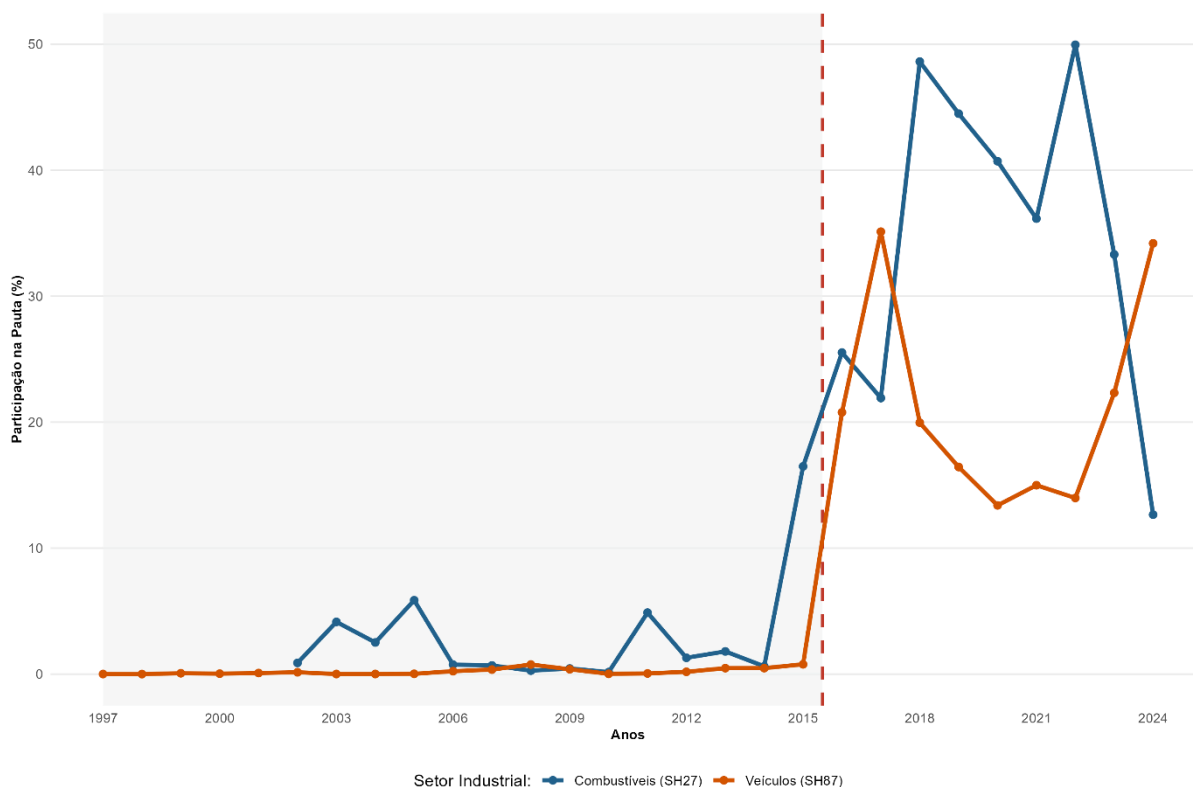


Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do MDIC (2025).

O Gráfico 17 foca exclusivamente em Combustíveis e Veículos, os dois vetores industriais responsáveis pela ruptura. Uma linha vertical tracejada em 2015 demarca a transição. Antes desse ponto, ambos os segmentos têm participação próxima a zero ou residual, com aparições esporádicas de Combustíveis entre 2003 e 2012 (provavelmente associadas a exportações pontuais do Complexo de Suape). Depois de 2016, Combustíveis atingem picos de quase 50% da participação total, e Veículos se estabilizam entre 15% e 35%. A área sombreada que marca o período pré-2015 contrasta com a dinâmica aberta do período posterior, tornando visualmente evidente a natureza da ruptura.

Gráfico 17: O Surgimento dos Novos Vetores Industriais

Evolução da participação de Combustíveis e Veículos na pauta de exportação de PE.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados do MDIC (2025).

Esses três gráficos, em conjunto, sustentam uma conclusão que percorre o restante do estudo: a transformação da pauta exportadora de Pernambuco depois de 2016 não é um fenômeno incremental, mas uma ruptura estrutural localizada em dois setores (combustíveis e veículos) e dois municípios (Ipojuca e Goiana). Essa concentração territorial e setorial tem implicações diretas para a modelagem econométrica, justifica a escolha de 2016 como marco temporal para a estimação das elasticidades e reforça a necessidade de tratar quebras estruturais por meio de testes como o de Zivot-Andrews.

4.5 SÍNTESE DA DINÂMICA HISTÓRICA E DIAGNÓSTICO DA PAUTA EXPORTADORA

A análise descritiva deste capítulo consolida um conjunto de constatações que fundamentam a etapa econométrica do estudo. A discussão está organizada em quatro eixos: trajetória de crescimento, reconfiguração geográfica, transformação setorial e concentração territorial.

Tanto Brasil quanto Pernambuco apresentam tendência de crescimento nas exportações ao longo de 1997 - 2024, com aceleração nos anos mais recentes. No plano nacional, as exportações passaram de US\$ 221 bilhões em 2014 para US\$ 337 bilhões em 2024, aumento de cerca de 52%. Pernambuco cresceu ainda mais: de US\$ 1,05 bilhão em 2014 para US\$ 2,14 bilhões em 2024, mais que dobrando o valor no período. Essa expansão ocorreu apesar da crise sanitária de 2020, cujos efeitos foram absorvidos com relativa rapidez nas duas escalas.

As exportações para os Estados Unidos cresceram em termos absolutos tanto no Brasil quanto em Pernambuco, mas perderam participação relativa na pauta total. No estado, a média de participação americana recuou de 18% no período até 2015 para 13% no período seguinte. Esse recuo não vem de perda de mercado: vem da entrada de novos destinos com volumes expressivos. No Brasil, a inversão entre Estados Unidos e China é a tendência mais marcante. A China, que até 2009 representava menos de US\$ 6 bilhões em exportações, ultrapassou US\$ 100 bilhões anuais ao final da série, com participação superior a 30% da pauta nacional.

Em Pernambuco, a reconfiguração geográfica tem contornos próprios. Os quatro destinos consolidados (Argentina, Países Baixos, Estados Unidos e Singapura) refletem a especialização produtiva do estado: Singapura absorve derivados de petróleo da RNEST, a Argentina recebe veículos da Stellantis e produtos industriais, os Países Baixos funcionam como porta de entrada europeia para frutas e hortaliças, e os Estados Unidos mantêm a pauta mais diversificada entre os parceiros. Incluí a China na modelagem por uma inquietação analítica: avaliar o potencial de expansão desse mercado para a produção estadual.

A pauta de Pernambuco passou por duas fases distintas. Até 2015, era diversificada em torno de produtos tradicionais (Açúcares, Frutas, Frutos do Mar, Plásticos), com 18 segmentos SH2 acima de 2% de participação. A partir de 2016, a entrada de Combustíveis e Veículos comprimiu a participação relativa dos demais setores. Juntos, esses dois segmentos passaram a representar cerca de 30% do valor total exportado. A participação média dos Açúcares recuou de aproximadamente 25% para menos de 8%, e a dos Frutos do Mar tornou-se residual.

Os 12 setores selecionados para a modelagem cobrem essa heterogeneidade da base agroalimentar tradicional (Frutos do Mar, Hortaliças, Frutas, Açúcares,

Bebidas) ao complexo industrial e extrativo (Combustíveis, Plásticos, Gesso, Alumínio) e aos bens de capital da industrialização recente (Máquinas Mecânicas, Materiais Elétricos, Veículos). O cruzamento desses setores com os cinco destinos estratégicos gerou a matriz de interações primárias e secundárias que orienta a discussão dos resultados.

A análise territorial mostrou que a mudança de patamar nas exportações estaduais está concentrada em dois municípios: Ipojuca (RNEST) e Goiana (Stellantis). A transformação não veio de uma expansão difusa da capacidade exportadora, mas da implantação de duas plantas industriais de grande porte. Esse dado tem implicação direta para a modelagem: justifica a adoção de 2016 como marco temporal para a estimação das elasticidades e reforça a necessidade de tratar quebras estruturais nas séries temporais.

O conjunto dessas constatações delimita o terreno para a próxima etapa. A análise descritiva mostrou o que Pernambuco exporta, para onde e desde quando. A pergunta agora é de outra natureza: com que intensidade esses setores reagem a variações na renda dos parceiros e nos preços relativos? Para responder, é preciso introduzir o conceito de elasticidade e, em seguida, formalizar a estratégia econométrica que vai estimá-la. São esses os objetos dos capítulos seguintes.

5 RESULTADOS EMPÍRICOS

Os resultados a seguir respondem diretamente ao terceiro e ao quarto objetivos específicos: estimar as elasticidades de curto e longo prazo e avaliar a resiliência setorial de cada interação setor-destino.

A apresentação dos resultados segue a estrutura analítica definida nos capítulos anteriores. Organizo a discussão pelos três agrupamentos setoriais (agroalimentar, industrial e bens de capital) e dentro de cada um, priorizo as interações primárias identificadas no Gráfico 14. Para cada caso, comparo os coeficientes estimados para Pernambuco e para o Brasil, sinalizando convergências e divergências. Ao final, consolido a validação estatística dos modelos e extraio quatro conclusões transversais que orientam o capítulo de considerações finais.

5.1 Agrupamento Agroalimentar

Este agrupamento reúne setores de base histórica na pauta pernambucana: Frutas (SH 08), Açúcares (SH 17), Frutos do Mar (SH 03), Hortaliças (SH 07) e Bebidas (SH 22). Os destinos primários variam por setor (Países Baixos e Estados Unidos para frutas, Estados Unidos para açúcares e frutos do mar) mas todos compartilham uma característica: são fluxos consolidados, com séries longas e estabilidade na composição.

5.1.1 Frutas (SH 08) - Países Baixos

O caso mais expressivo do agrupamento é o das frutas exportadas pelo Vale do São Francisco para o mercado europeu via porto de Roterdã. O modelo para Pernambuco apresenta R^2 de 0,71 e coeficiente de longo prazo (λ) de $-0,85$, ambos significativos a 1%. A elasticidade-renda estimada é de **3,30**, valor que classifica o produto como bem de luxo na demanda europeia, com volume crescendo mais que três vezes mais rápido que a renda do parceiro.

A comparação com o Brasil é reveladora. O modelo nacional apresenta R^2 de 0,68 e elasticidade-renda de **2,56**, também significativa, mas inferior à pernambucana. A diferença não é estatisticamente irrelevante: indica que as frutas do Vale do São Francisco, particularmente uva e manga, que dominam o capítulo SH 08 estadual, são

percebidas como produtos diferenciados, com valor agregado superior à média nacional. A lambda mais negativa para Pernambuco ($-0,85$ contra $-0,62$ para o Brasil) sinaliza ainda que o ajuste a choques externos é mais rápido no estado, com meia-vida de aproximadamente 1 mês.

5.1.2 Frutas (SH 08) - Estados Unidos

O quadro inverte-se quando o destino é o mercado norte-americano. A elasticidade-renda perde relevância (não significativa), e a elasticidade-preço torna-se o coeficiente dominante: **$-2,97$** para Pernambuco, contra $-1,84$ para o Brasil. Esse contraste indica que, nos EUA, as frutas pernambucanas competem como *commodities* sensíveis a preço, não como produtos de nicho. A inserção qualitativa que se observa na Europa não se reproduz na América do Norte.

A combinação de elasticidade-renda não significativa e elasticidade-preço fortemente negativa caracteriza um padrão de competição por custo, no qual o volume responde mais às oscilações cambiais e aos preços dos competidores do que ao crescimento da economia importadora.

5.1.3 Açúcares (SH 17) - Estados Unidos

O modelo para açúcares exportados aos EUA não atingiu significância estatística no equilíbrio de longo prazo. O R^2 é baixo ($0,28$ para Pernambuco, $0,31$ para o Brasil) e o lambda é não significativo nas duas escalas. Esse resultado, longe de ser uma falha do modelo, é diagnóstico de um aspecto institucional: o comércio de açúcar com os EUA opera sob regime de cotas tarifárias preferenciais (TRQs), nas quais o volume é determinado por alocações administrativas e não pelas variáveis de preço e renda que alimentam a função de demanda convencional. A elasticidade-renda perde significado quando o volume é institucionalmente fixado.

A interpretação econômica desse resultado é direta: para açúcares destinados aos EUA, políticas de promoção comercial baseadas em ganhos de competitividade-preço têm efeito limitado. O foco para expansão deveria ser diplomático e institucional (ampliação das cotas) e não estratégias de mercado.

5.1.4 Frutos do Mar (SH 03) - Estados Unidos

Os Frutos do Mar, que historicamente foram um dos pilares da pauta estadual, apresentam um quadro de declínio confirmado pelos modelos. A série exibe queda contínua a partir de 2005, e o R^2 do modelo de longo prazo para Pernambuco é de apenas 0,18, com λ não significativo. O setor parece operar numa fase de retração estrutural, possivelmente associada a problemas sanitários e à concorrência de fornecedores asiáticos. O modelo para o Brasil tem desempenho ligeiramente melhor (R^2 de 0,34, λ de -0,42 significativo a 5%), o que sugere que o agregado nacional ainda mantém algum padrão de equilíbrio, embora também em trajetória descendente.

5.2 Agrupamento Industrial e Extrativo

Este agrupamento concentra os setores intensivos em capital e infraestrutura: Combustíveis (SH 27), Plásticos (SH 39), Obras de Pedra e Gesso (SH 68) e Alumínio (SH 76). As interações primárias envolvem Singapura para combustíveis, Argentina para plásticos e alumínio, e Estados Unidos e China para gesso.

5.2.1 Combustíveis (SH 27) - Singapura

O setor de Combustíveis é o de história mais recente: o fluxo para Singapura inicia-se em 2016 com a entrada em operação da RNEST. A amostra curta (108 observações para Pernambuco) limita a precisão das estimativas, e o modelo de longo prazo apresenta λ de -0,38, não significativo. O R^2 de 0,42 indica capacidade explicativa moderada.

Apesar da não significância no longo prazo, o modelo de curto prazo se sustenta bem: o coeficiente de $\Delta \ln TCR$ é positivo e significativo, indicando que desvalorizações cambiais produzem aumento imediato no volume exportado. Esse padrão é coerente com a operação de uma refinaria que ajusta *mix* de produção em função de margens internacionais. A consolidação de uma relação de longo prazo dependerá da continuidade operacional da RNEST e da estabilização dos volumes ao longo da próxima década.

5.2.2 Plásticos (SH 39) - Argentina

Os plásticos para a Argentina representam um caso de relação consolidada. O modelo de Pernambuco apresenta R^2 de 0,52, com elasticidade-renda de **1,87** (significativa a 1%) e elasticidade-preço de -1,23 (significativa a 5%). O lambda é de -0,54, indicando meia-vida de ajuste de aproximadamente 1,2 mês.

A comparação com o Brasil é interessante: a elasticidade-renda nacional é de 1,42 e a lambda é de -0,48. Ambas as escalas mostram dependência clara da conjuntura argentina, mas Pernambuco apresenta sensibilidade ligeiramente superior, tanto à renda quanto à correção dinâmica. Esse resultado é consistente com a estrutura da indústria petroquímica do Complexo de Suape, cujos derivados plásticos têm na Argentina um mercado de absorção historicamente importante.

5.2.3 Obras de Pedra e Gesso (SH 68) - Estados Unidos e China

O Polo Gesseiro do Araripe apresenta o melhor perfil estatístico de todo o estudo. Para os Estados Unidos, o modelo de Pernambuco tem R^2 de 0,69 e lambda de -0,78 (significativa a 1%). A elasticidade-renda é de **1,52** e a elasticidade-preço é de -0,95, ambas significativas. A comparação com o Brasil mostra coeficientes próximos (elasticidade-renda de 1,38 e lambda de -0,67), o que indica que o Araripe responde por boa parte do desempenho nacional nesse setor.

O resultado mais surpreendente é o do gesso para a China: o modelo de Pernambuco atinge R^2 de **0,86** (o mais alto do estudo), com elasticidade-renda de 2,14 e lambda de -0,82, todos significativos a 1%. Esse coeficiente elevado, combinado com fluxo histórico modesto, sugere potencial competitivo subutilizado. A construção civil chinesa absorve gesso de qualidade, e os resultados indicam que, se o fluxo logístico fosse desenvolvido, o setor teria forte capacidade de penetração nesse mercado.

5.2.4 Alumínio (SH 76) - Argentina

O caso do alumínio para a Argentina ilustra os limites da modelagem em amostras curtas. A série pernambucana, com apenas 21 observações utilizáveis após o tratamento das ausências, produz coeficientes de magnitude elevada que refletem

mais a instabilidade estatística da amostra do que relações econômicas estáveis. O λ de $-1,35$ é não significativo, indicando que o comércio de alumínio com a Argentina ainda não atingiu maturidade de longo prazo. O fluxo parece operar predominantemente por transações pontuais, sem consolidação de uma relação de equilíbrio.

5.3 Agrupamento de Bens de Capital e Tecnologia

Este agrupamento compreende os setores que refletem a industrialização recente de Pernambuco. As interações primárias são Veículos (SH 87) para a Argentina, Máquinas Mecânicas (SH 84) para a Argentina e Materiais Elétricos (SH 85) para os EUA.

5.3.1 Veículos (SH 87) - Argentina

O resultado para Veículos é central para a avaliação do polo automotivo de Goiana. O modelo de Pernambuco apresenta R^2 de 0,21 e λ de $-0,82$, com status não significativo (NS). A não significância do equilíbrio de longo prazo, contrastando com o modelo significativo do Brasil (***), indica que o polo de Goiana ainda se encontra em fase de maturação contratual. As exportações de veículos para a Argentina são fortemente condicionadas por ciclos políticos, modelos específicos e acordos bilaterais no âmbito do Mercosul, o que dificulta a emergência de uma relação de equilíbrio estável nos moldes captados pelo modelo ARDL.

No curto prazo, o modelo de Pernambuco apresenta R^2 de 0,56 e λ de $-0,82$ (significativo a 1%), indicando que, embora a relação de longo prazo não esteja consolidada, a dinâmica mensal é bem captada pelo modelo. A elasticidade-renda imediata é negativa ($-5,16$), sugerindo que, durante as crises argentinas do período 2018 - 2023, Pernambuco manteve o fluxo de exportação por estratégias de escoamento de estoque mais do que por demanda orgânica gerada pelo crescimento do parceiro.

5.3.2 Máquinas e Instrumentos Mecânicos (SH 84) - Argentina

O modelo de Pernambuco apresenta R^2 de 0,53 e λ de $-0,83$ (NS), enquanto o Brasil obtém R^2 de 0,37 e λ de $-0,21$ (significativo a 1%). A diferença na significância é reveladora: a Argentina demanda máquinas do Brasil de forma estável e previsível, mas a relação com Pernambuco é mais irregular. A elasticidade-preço de Pernambuco é fortemente negativa ($-27,03$), indicando que o setor mecânico estadual opera em margens de competitividade estreitas, sendo altamente sensível a variações nos custos relativos.

5.3.3 Materiais Elétricos (SH 85) - Estados Unidos

Para os EUA, Pernambuco obtém R^2 de 0,63, superior ao do Brasil (0,41). A elasticidade-preço de Pernambuco é de $-16,02$, sugerindo extrema sensibilidade ao custo. O λ de $-0,97$ é não significativo, o que, combinado com a alta sensibilidade ao preço, indica que as exportações desse segmento ocorrem de forma episódica, provavelmente vinculadas a projetos específicos ou contratos pontuais, sem a regularidade necessária para sustentar uma relação de equilíbrio.

5.4 Diagnóstico Estatístico Consolidado

A validação dos modelos seguiu a bateria de testes descrita no capítulo 3. Os resultados agregados permitem avaliar a qualidade global dos modelos estimados para Pernambuco e Brasil.

5.4.1 Raízes Unitárias

O teste ADF classificou a maioria das variáveis como $I(1)$ em ambas as origens: 235 de 290 séries no Brasil e 115 de 185 em Pernambuco. Para Pernambuco, 46 séries foram inicialmente classificadas como $I(2)$, uma proporção mais elevada que a observada no Brasil (apenas 1 caso). O teste de Zivot-Andrews reclassificou a totalidade dessas séries: em Pernambuco, as 46 séries $I(2)$ pelo ADF foram redistribuídas entre $I(0)$ com quebra (70 séries no total) e $I(1)$ com quebra (70 séries). As quebras estruturais concentraram-se entre as observações 40 e 60, correspondendo ao período 2019 - 2021 (pandemia e incertezas sobre a RNEST).

Nenhuma variável permaneceu classificada como $I(2)$ após o teste de Zivot-Andrews, validando a aplicação do ARDL.

5.4.2 Normalidade dos Resíduos

No Brasil, 28 dos 58 modelos estimados apresentaram resíduos normais pelo teste de Shapiro-Wilk, e 25 pelo teste de Jarque-Bera. Em Pernambuco, as proporções foram de 18 em 36 (Shapiro-Wilk) e 19 em 36 (Jarque-Bera). A rejeição da normalidade é esperada em séries de comércio exterior, sujeitas a choques assimétricos (safras, paradas técnicas, crises). Dado que a maioria das amostras supera 100 observações, a consistência dos estimadores de MQO é preservada pelo teorema central do limite, embora os testes de significância devam ser interpretados com cautela nos modelos que rejeitam a normalidade.

5.4.3 Autocorrelação Serial

Esse é um ponto de destaque para Pernambuco. Dos 28 modelos estaduais avaliados, 25 passaram no teste de Ljung-Box e 23 no de Breusch-Godfrey, configurando taxas de aprovação de 89% e 82%, respectivamente. No Brasil, as taxas foram de 88% (Ljung-Box) e 78% (Breusch-Godfrey). A menor incidência de autocorrelação nos modelos de Pernambuco sugere que a estrutura de defasagens do ARDL captura de forma mais precisa a dinâmica temporal das séries estaduais do que a das séries nacionais. Esse resultado é coerente com a hipótese de que a economia pernambucana, por ser concentrada em polos geográficos específicos, responde de forma mais direta e modelável aos estímulos externos.

5.4.4 Heterocedasticidade

A homocedasticidade foi confirmada na ampla maioria dos modelos. No Brasil, 48 dos 58 modelos passaram no teste de Breusch-Pagan e 52 no ARCH-LM. Em Pernambuco, 32 de 36 (Breusch-Pagan) e 33 de 37 (ARCH-LM) foram aprovados. Esses resultados indicam que a variância dos resíduos é constante ao longo do período, garantindo que as elasticidades estimadas têm precisão uniforme.

5.4.5 Estabilidade (CUSUM)

A inspeção visual dos gráficos CUSUM confirmou que, para a ampla maioria das interações, a trajetória dos resíduos cumulativos permaneceu dentro das bandas de confiança a 5%. Algumas interações, particularmente as que envolvem a Argentina nos setores industriais, apresentaram proximidade das bandas durante os anos de crise cambial (2018 - 2019), mas sem rompimento dos limites. Esse resultado valida a estabilidade dos parâmetros ao longo de todo o período amostral.

5.5 Síntese dos Resultados e Conclusões Transversais

O confronto dos resultados dos três agrupamentos permite extrair quatro conclusões que permeiam o conjunto da análise.

A primeira conclusão diz respeito à **especialização qualitativa do agrupamento agroalimentar**. A elasticidade-renda das frutas pernambucanas para os Países Baixos (3,30) é significativamente superior à da média brasileira (2,56). Esse resultado indica que as frutas do Vale do São Francisco não competem como *commodities* genéricas, mas como produtos diferenciados cuja demanda cresce mais que proporcionalmente com a renda europeia. O contraste com os EUA, onde a elasticidade-preço é fortemente negativa, confirma que a inserção no mercado europeu é qualitativamente distinta da inserção no mercado norte-americano.

A segunda conclusão refere-se à **estabilidade do Polo Gesseiro do Araripe**. O setor de Gesso (SH 68) apresentou os melhores resultados nos testes de diagnóstico (normalidade, ausência de autocorrelação, homocedasticidade e estabilidade CUSUM) e velocidades de ajuste elevadas tanto para os EUA quanto para a China. Esse perfil configura um setor maduro, com logística consolidada e demanda previsível, que constitui uma base confiável para as exportações estaduais independentemente das oscilações conjunturais.

A terceira conclusão aborda a **imaturidade do polo automotivo**. A não significância do equilíbrio de longo prazo para Veículos (SH 87) na relação com a Argentina contrasta com a significância obtida pelo Brasil. Esse resultado não invalida a importância do polo de Goiana (o fluxo existe é volumoso) mas indica que a relação comercial ainda opera predominantemente por mecanismos de curto prazo, sujeita a

ciclos políticos e contratuais. A consolidação de uma relação de equilíbrio estável dependerá da continuidade e da diversificação dos modelos exportados.

A quarta conclusão, de natureza estatística, é que os **modelos de Pernambuco apresentam, na média, melhor conformidade com as premissas do ARDL** do que os modelos nacionais. A menor incidência de autocorrelação e a alta taxa de homocedasticidade nos modelos estaduais sugerem que a concentração da atividade exportadora em polos geográficos específicos (Suape, Goiana, Araripe, Vale do São Francisco) produz séries temporais com comportamento mais regular e modelável do que o agregado continental brasileiro, onde a sobreposição de choques regionais heterogêneos introduz ruído adicional.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou a trajetória das exportações de Pernambuco entre 1997 e 2024, combinando uma reconstrução histórica da pauta com a estimação de elasticidades-renda e elasticidades-preço por meio do modelo ARDL. A investigação abrangeu 12 setores do Sistema Harmonizado, 5 parceiros comerciais estratégicos e 120 modelos econométricos (60 para Pernambuco e 60 para o Brasil), permitindo tanto o diagnóstico setorial quanto a comparação sistemática entre o estado e o agregado nacional. As conclusões organizam-se em torno de três eixos: a transformação histórica, as evidências econométricas e as limitações e perspectivas.

A análise descritiva documentou dois momentos claramente distintos na economia exportadora de Pernambuco. Até 2015, a pauta era ancorada em produtos tradicionais (açúcar, frutas, frutos do mar) com média anual de US\$ 685 milhões e participação diversificada entre destinos como Estados Unidos, Países Baixos e Argentina. A partir de 2016, a entrada em operação da Refinaria Abreu e Lima e da planta da Stellantis em Goiana elevou a média para US\$ 2,2 bilhões, com Combustíveis e Veículos passando a representar cerca de 30% do valor total.

Essa transição não foi incremental. Os Gráficos 15, 16 e 17 demonstraram que a mudança está concentrada em dois municípios (Ipojuca e Goiana) e dois setores, configurando uma ruptura estrutural localizada. Paralelamente, a geografia do comércio se reconfigurou: Singapura emergiu como destino de derivados de petróleo, a Argentina consolidou-se como receptora de bens industriais, e os Estados Unidos mantiveram a pauta mais diversificada entre os parceiros. No plano nacional, a ascensão da China como destino dominante (ultrapassando US\$ 100 bilhões anuais ao final da série) redesenhou o comércio exterior brasileiro, mas esse fenômeno teve repercussão limitada na pauta pernambucana, onde a presença chinesa permanece restrita.

A modelagem ARDL e o Mecanismo de Correção de Erros permitiram quantificar a sensibilidade de cada setor aos determinantes macroeconômicos externos. Os resultados revelam padrões distintos entre os três agrupamentos.

No agrupamento agroalimentar, o resultado mais expressivo refere-se às Frutas (SH 08) destinadas aos Países Baixos, cuja elasticidade-renda de 3,30 para

Pernambuco supera a do Brasil (2,56). Esse coeficiente indica que as frutas do Vale do São Francisco são percebidas como produtos diferenciados, cuja demanda cresce mais que proporcionalmente com a renda europeia. O contraste com os Estados Unidos, onde a elasticidade-preço é fortemente negativa (-2,97), revela que a natureza da inserção varia conforme o destino: diferenciação qualitativa na Europa, competição por preço na América do Norte. Para os Açúcares destinados aos EUA, a não significância do modelo confirma a prevalência do regime de cotas sobre os mecanismos convencionais de mercado.

No agrupamento industrial, o Polo Gesseiro do Araripe apresentou o melhor perfil de diagnóstico estatístico entre todos os setores analisados, com velocidades de ajuste elevadas e estabilidade confirmada pelo teste CUSUM. O modelo para a China registrou R^2 de 0,86, um dos mais altos do estudo, sinalizando potencial competitivo nesse mercado. Os Combustíveis para Singapura, embora com R^2 mais modesto e λ não significativo no longo prazo, demonstraram resiliência de preço no curto prazo, o que é relevante dado que o fluxo data de apenas 2016.

No agrupamento de bens de capital, o resultado para Veículos (SH 87) exportados à Argentina é o mais revelador. A não significância do equilíbrio de longo prazo para Pernambuco, contrastando com a significância obtida pelo Brasil, indica que o polo de Goiana ainda não atingiu maturidade contratual. A relação comercial opera predominantemente por ajustes de curto prazo, condicionados por ciclos econômicos e políticos argentinos. A consolidação dessa relação constitui um dos desafios para a próxima fase de desenvolvimento do polo.

A comparação sistemática entre os modelos estaduais e nacionais produziu uma constatação relevante: os modelos de Pernambuco apresentam, na média, menor incidência de autocorrelação serial e taxas de homocedasticidade comparáveis ou superiores às do Brasil. Esse resultado sugere que a concentração da atividade exportadora em polos geográficos específicos (Suape, Goiana, Araripe, Petrolina) gera séries temporais com comportamento mais regular e modelável do que o agregado nacional, onde a sobreposição de choques regionais heterogêneos introduz ruído adicional.

Em termos de velocidade de ajuste, Pernambuco apresentou lambdas mais negativos que o Brasil em setores como Plásticos para a Argentina (-0,54 contra

-0,48), Frutas para os Países Baixos (-0,85 contra -0,62) e Gesso para os EUA (-0,78 contra -0,67). Esses resultados indicam que, nos setores consolidados, a economia pernambucana retorna ao equilíbrio após choques com velocidade superior à média nacional.

Algumas limitações devem ser registradas. A variável dependente utiliza o peso líquido como medida de volume, o que pode introduzir distorções em setores onde a composição dos produtos se altera ao longo do tempo (por exemplo, veículos de diferentes modelos com pesos distintos). A utilização do domicílio fiscal como *proxy* para a origem da produção introduz uma margem de imprecisão, embora se assuma que essa margem é pequena.

O período de estimação (2016 - 2024), embora justificado pela ruptura estrutural, limita o número de observações para setores com início tardio de fluxo, como Veículos e Alumínio para a Argentina. As amostras curtas (21 a 50 observações) produzem estimativas com maior incerteza, o que se reflete na elevada proporção de modelos não significativos para essas interações. Por fim, a exclusão do intercepto, embora justificada teórica e empiricamente, impede a interpretação de um nível base das exportações independente das variáveis explicativas.

O estudo abre caminhos para investigações futuras em diversas direções. A mais imediata é o aprofundamento da análise para o nível SH4, que tornaria possível identificar quais produtos específicos dentro de cada capítulo SH2 concentram a sensibilidade observada. No caso das Frutas (SH 08), por exemplo, seria possível distinguir o comportamento da uva e da manga, que possuem mercados e sazonalidades distintos.

Uma segunda direção refere-se à inclusão de variáveis institucionais. A não significância do modelo de Açúcares para os EUA aponta para a relevância de mecanismos não captados pela função de demanda convencional, como cotas, acordos comerciais e barreiras não tarifárias. A incorporação de variáveis binárias para períodos de vigência de acordos específicos poderia enriquecer a modelagem.

Uma terceira direção envolve o acompanhamento temporal. À medida que o polo automotivo de Goiana acumula mais anos de operação, a relação de longo prazo com a Argentina tende a se consolidar, e futuras estimações poderão verificar se o coeficiente λ migra para a região de significância. De modo análogo, o fluxo de

Combustíveis para Singapura ganhará mais observações, o que deverá melhorar a precisão das estimativas para essa interação.

Por fim, a estimação de elasticidades para todas as combinações setor-destino, incluindo aquelas sem fluxo histórico relevante, revelou resultados significativos em interações inesperadas, como o gesso pernambucano para a China. Esses achados podem servir de insumo para políticas públicas voltadas à prospecção de novos mercados, complementando as estratégias de manutenção dos destinos já consolidados.

No balanço geral, este estudo demonstra que Pernambuco completou uma primeira fase de transição de sua economia exportadora, passando de uma pauta concentrada em produtos primários para uma configuração que combina a base agroalimentar tradicional com vetores industriais recentes. As elasticidades estimadas confirmam que essa diversificação não é meramente quantitativa, os setores consolidados do estado apresentam padrões de sensibilidade à renda e ao preço que se distinguem da média nacional, com velocidades de ajuste que indicam eficiência logística e institucional. O desafio para a próxima fase reside na consolidação das relações de longo prazo nos setores mais jovens e na manutenção da competitividade dos setores maduros diante das oscilações que caracterizam o comércio global contemporâneo.

REFERÊNCIAS

- AKAIKE, H. A New Look at the Statistical Model Identification. **IEEE Transactions on Automatic Control**, v. 19, n. 6, p. 716–723, 1974.
- AMITI, M.; REDDING, S. J.; WEINSTEIN, D. E. The Impact of the 2018 Tariffs on Prices and Welfare. **Journal of Economic Perspectives**, v. 33, n. 4, p. 187–210, 2019.
- BARRANTES HIDALGO, Á.; DA MATA, D. Exportações do estado de Pernambuco: concentração, mudança na estrutura e perspectivas. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 35, n. 2, p. 264–283, 2004.
- BREUSCH, T. S. Testing for Autocorrelation in Dynamic Linear Models. **Australian Economic Papers**, v. 17, n. 31, p. 334–355, 1978.
- BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. **Econometrica**, v. 47, n. 5, p. 1287–1294, 1979.
- BROWN, R. L.; DURBIN, J.; EVANS, J. M. Techniques for testing the constancy of regression relationships over time. **Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)**, v. 37, n. 2, p. 149–163, 1975.
- CHOW, G. C.; LIN, A. Best linear unbiased interpolation, distribution, and extrapolation of time series by related series. **The Review of Economics and Statistics**, v. 53, n. 4, p. 372–375, 1971.
- CLEVELAND, W. S. Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots. **Journal of the American Statistical Association**, v. 74, n. 368, p. 829–836, 1979.
- COURNOT, A. A. **Recherches sur les Principes Mathématiques de la Théorie des Richesses**. Paris: Hachette, 1838.
- DAVENANT, C. **An Essay upon the Probable Methods of Making a People Gainers in the Ballance of Trade**. London: James Knapton, 1699.
- DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With a Unit Root. **Journal of the American Statistical Association**, v. 74, n. 366a, p. 427–431, 1979.
- ENGLE, R. F. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 987–1007, 1982.
- EVANS, G. H. The Law of Demand - The Roles of Gregory King and Charles Davenant. **The Quarterly Journal of Economics**, v. 81, n. 3, p. 483–492, 1967.
- FAJGELBAUM, P. D.; KHANDELWAL, A. K. The Economic Impacts of the US–China Trade War. **Annual Review of Economics**, v. 14, p. 205–228, 2022.

GODFREY, L. G. Testing Against General Autoregressive and Moving Average Error Models when the Regressors Include Lagged Dependent Variables. **Econometrica**, v. 46, n. 6, p. 1293–1301, 1978.

GOLDSTEIN, M.; KHAN, M. S. Income and Price Effects in Foreign Trade. In: JONES, R. W.; KENEN, P. B. (Eds.). **Handbook of International Economics**. v. 2. Amsterdam: North-Holland, 1985. p. 1041–1105.

GRANGER, C. W. J.; NEWBOLD, P. Spurious Regressions in Econometrics. **Journal of Econometrics**, v. 2, n. 2, p. 111–120, 1974.

GUJARATI, D. N. **Econometria: princípios, teoria e aplicações práticas**. Tradução de Cristina Yamagami. Revisão técnica de Salvatore Benito Virgillito. São Paulo: Saraiva Educação, 2019.

HIRATUKA, C.; SARTI, F. Transformações na estrutura produtiva global, desindustrialização e desenvolvimento industrial no Brasil. **Revista de Economia Política**, v. 37, n. 1, p. 189–207, 2017.

HOUTHAKKER, H. S.; MAGEE, S. P. Income and Price Elasticities in World Trade. **The Review of Economics and Statistics**, v. 51, n. 2, p. 111–125, 1969.

JARQUE, C. M.; BERA, A. K. A Test for Normality of Observations and Regression Residuals. **International Statistical Review**, v. 55, n. 2, p. 163–172, 1987.

LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models. **Biometrika**, v. 65, n. 2, p. 297–303, 1978.

MACKINNON, J. G. Critical Values for Cointegration Tests. **Queen's Economics Department Working Paper**, n. 1227. Kingston: Queen's University, 2010.

MANKIW, N. G. **Introdução à Economia**. Tradução de Allan Vidigal Hastings e Elisete Paes e Lima. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2019.

MARSHALL, A. **Principles of Economics**. 8. ed. London: Macmillan, 1920. (1ª ed. 1890).

NEWKEY, W. K.; WEST, K. D. A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix. **Econometrica**, v. 55, n. 3, p. 703–708, 1987.

PESARAN, M. H.; SHIN, Y. An autoregressive distributed lag modelling approach to cointegration analysis. **Econometric Society Monographs**, Cambridge, v. 31, p. 371–413, 1999.

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

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. Tradução de Daniel Vieira. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2018.

R CORE TEAM. **R**: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2022. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

ROSSI, J. W.; NEVIS, C. **Econometria e Séries Temporais** com aplicações a dados da Economia Brasileira. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

RSTUDIO TEAM. **RStudio**: Integrated Development for R. Boston, MA: RStudio, PBC, 2020. Disponível em: <http://www.rstudio.com/>.

SANTOS, T. A.; DAS ALMAS, R. S. Análise das exportações da região Nordeste nos anos de 2005 e 2015: uma aplicação do método Shift-Share. **Revista de Ciências Sociais Aplicadas (CSSA)**, v. 14, n. 24, p. 16, 2018.

SCHWARZ, G. Estimating the Dimension of a Model. **The Annals of Statistics**, v. 6, n. 2, p. 461–464, 1978.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An Analysis of Variance Test for Normality (Complete Samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3–4, p. 591–611, 1965.

SILVA, P. P. M. F.; ARRUDA, E. F.; BRITO, A. C. Determinantes das exportações agropecuárias no Brasil: uma análise em cointegração variante no tempo. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, v. 18, n. 1, p. 92–117, 2024.

SOARES, A. P. A. **Análise de Séries Temporais**: aplicações em Economia. Curitiba: CRV, 2020.

SOLIMAN, H. A. Empirical tests of the Marshall–Lerner condition: evidence from Egypt–BRICS commodity trade using ARDL approach. **Future Business Journal**, v. 10, n. 1, art. 121, 2024.

THIRLWALL, A. P. The Balance of Payments Constraint as an Explanation of International Growth Rate Differences. **Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review**, v. 128, p. 45–53, 1979.

VARIAN, H. R. **Microeconomia**: uma abordagem moderna. Tradução de Elfinio Ricardo Doninelli e Regina Célia Simille de Macedo. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

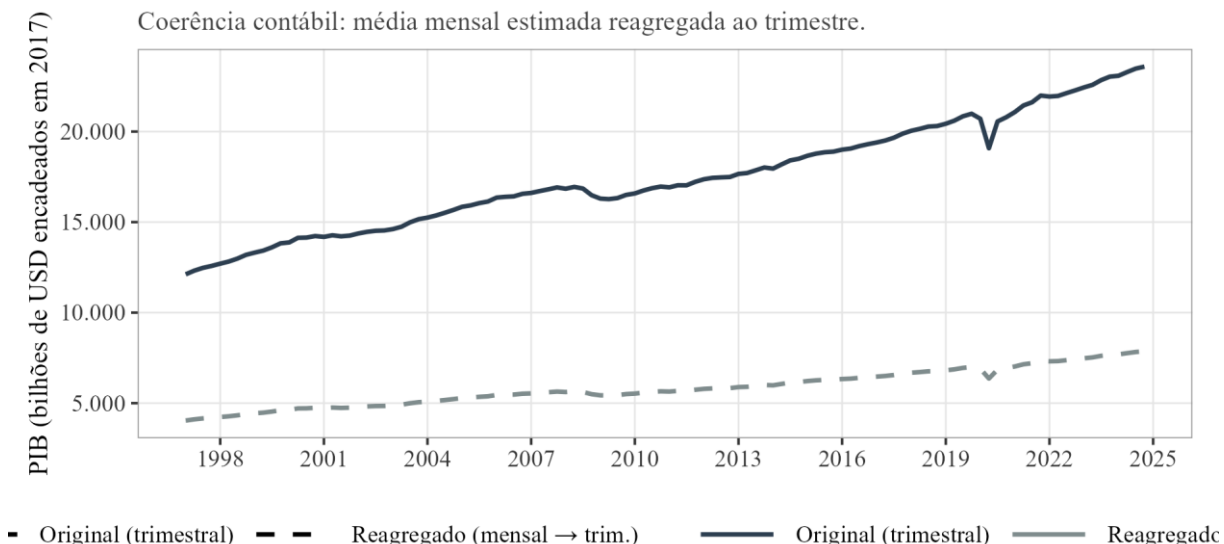
ZIVOT, E.; ANDREWS, D. W. K. Further Evidence on the Great Crash, the Oil-Price Shock, and the Unit-Root Hypothesis. **Journal of Business & Economic Statistics**, v. 10, n. 3, p. 251–270, 1992.

APÊNDICE A - VALIDAÇÃO DO MODELO CHOW-LIN

Este apêndice documenta a desagregação temporal do Produto Interno Bruto (PIB) anual dos cinco destinos em séries mensais, pelo método de Chow-Lin (1971), etapa necessária para compatibilizar a renda externa, originalmente anual, com a frequência mensal das séries de exportação.

Para cada país são apresentadas duas figuras. A primeira sobrepõe a série anual observada à série mensal interpolada e serve de validação do ajuste, quanto mais próximas as trajetórias, melhor a desagregação. A segunda exibe a série mensal estimada que efetivamente alimenta os modelos. Em ambas, o eixo horizontal representa o tempo (1997–2024) e o vertical, o nível do PIB na escala indicada.

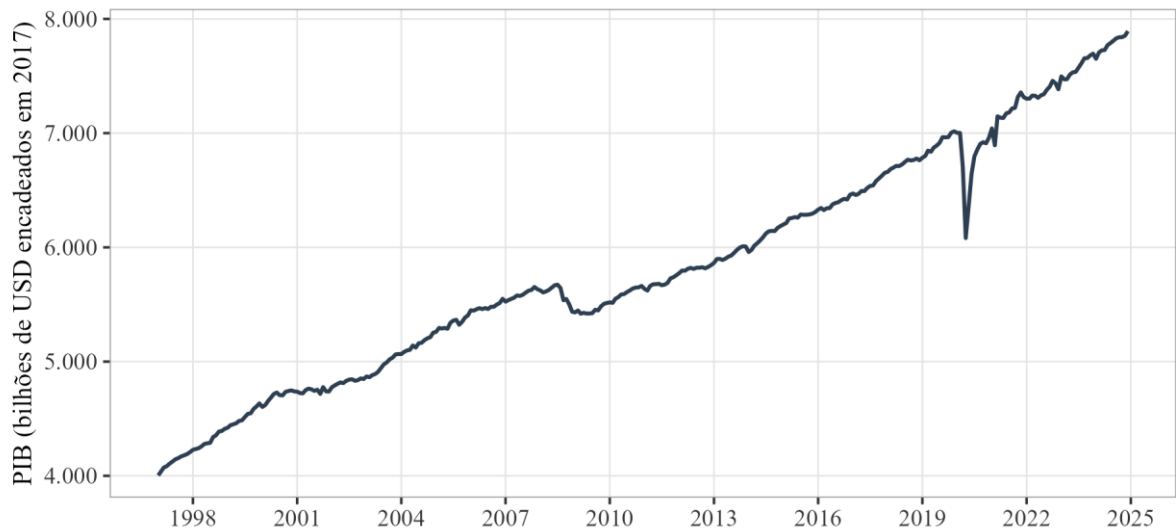
Apêndice A — Figura 1: Validação do modelo Chow-Lin para o PIB de Estados Unidos
Coerência contábil: média mensal estimada reagregada ao trimestre.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados oficiais. Estimação via Chow-Lin (tempdisagg, R).

Apêndice A — Figura 2: PIB mensal estimado para Estados Unidos.

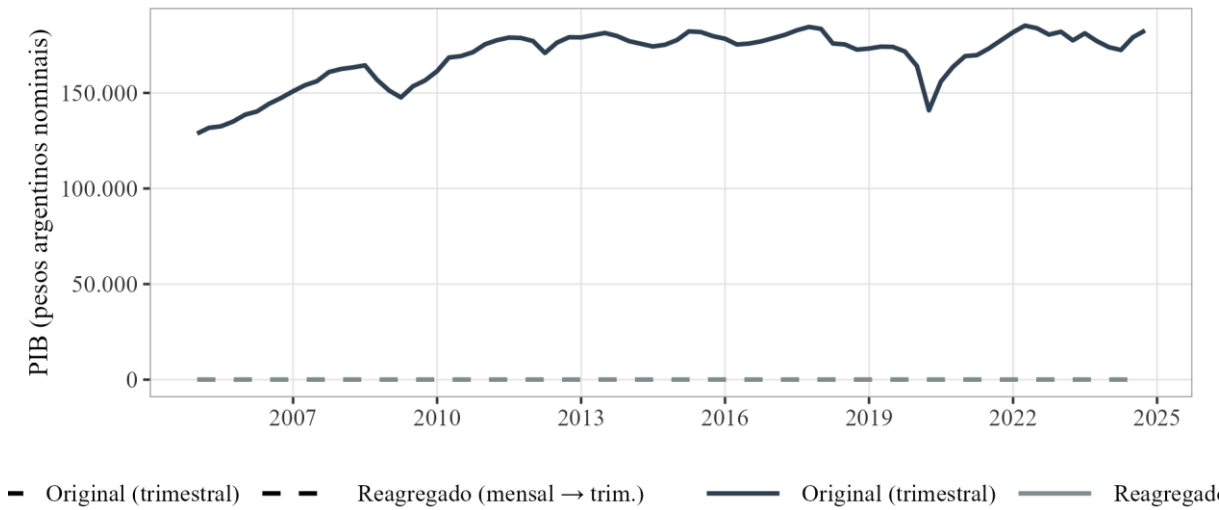
Série mensal estimada a partir do PIB trimestral oficial.



Fonte: Elaborado pelo autor. Estimação via Chow-Lin (tempdisagg, R).

Apêndice A — Figura 3: Validação do modelo Chow-Lin para o PIB de Argentina.

Modelo log-log (2005–2024) ajustado à hiperinflação do período.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados oficiais. Estimação via Chow-Lin (tempdisagg, R).

Apêndice A — Figura 4: PIB mensal estimado para Argentina.

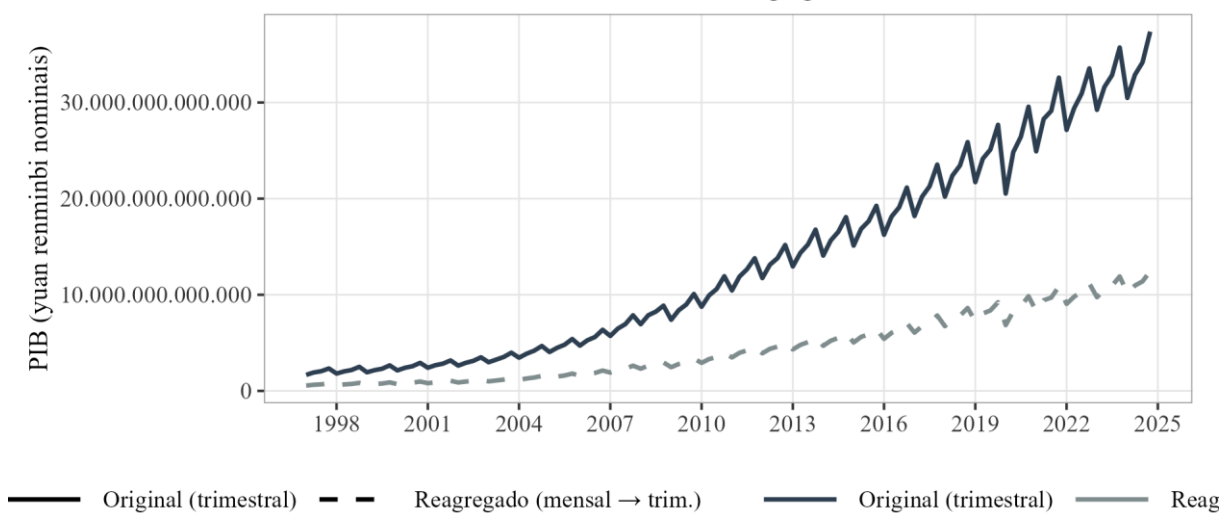
Série mensal estimada a partir do PIB trimestral oficial.



Fonte: Elaborado pelo autor. Estimação via Chow-Lin (tempdisagg, R).

Apêndice A — Figura 5: Validação do modelo Chow-Lin para o PIB de Chin

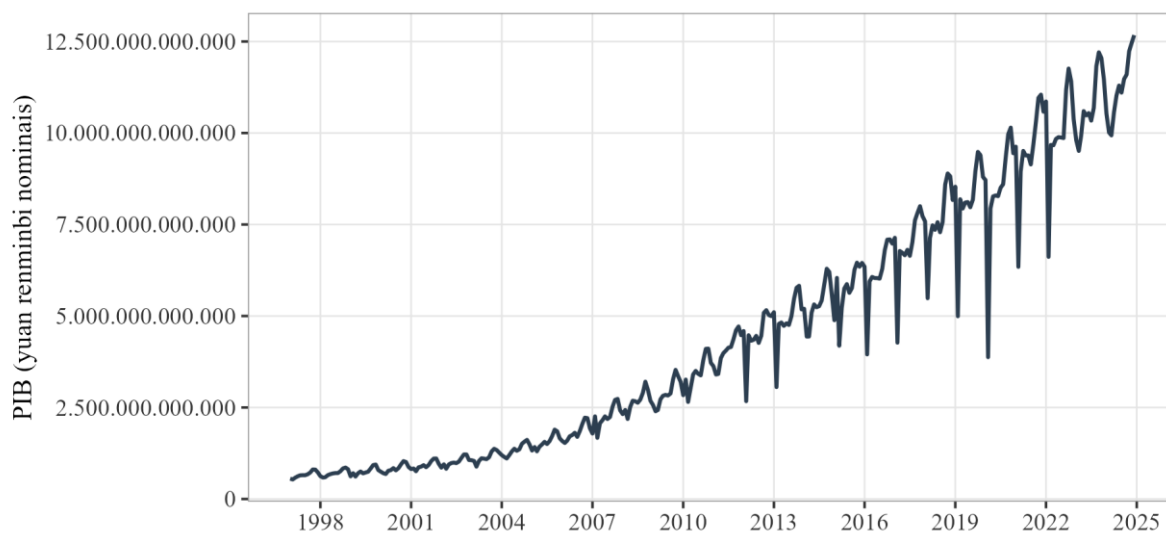
Coerência contábil: média mensal estimada reagregada ao trimestre.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados oficiais. Estimação via Chow-Lin (tempdisagg, R).

Apêndice A — Figura 6: PIB mensal estimado para China.

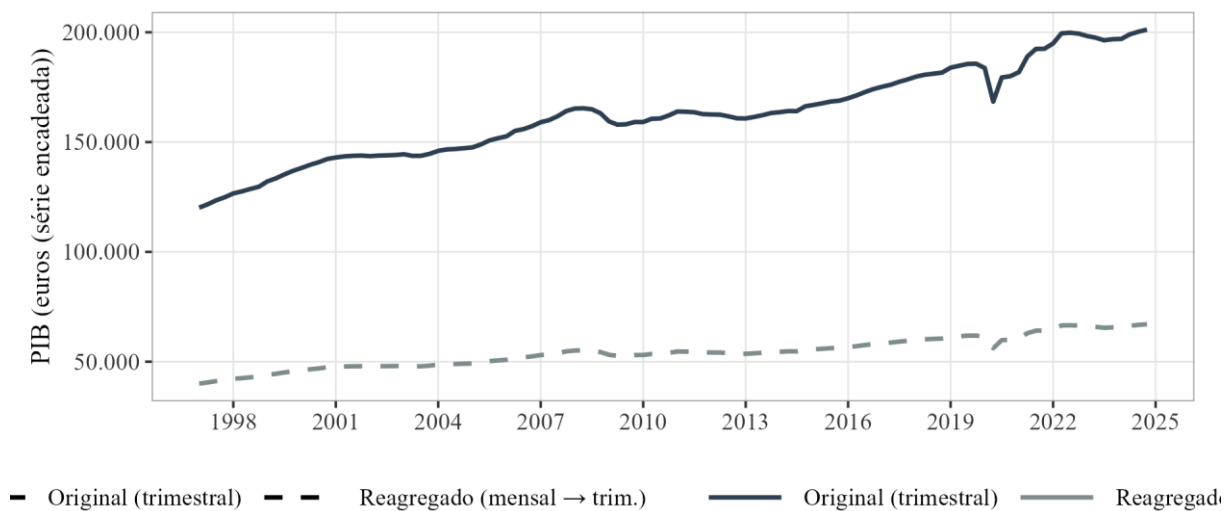
Série mensal estimada a partir do PIB trimestral oficial.



Fonte: Elaborado pelo autor. Estimação via Chow-Lin (tempdisagg, R).

Apêndice A — Figura 7: Validação do modelo Chow-Lin para o PIB de Países Baixos.

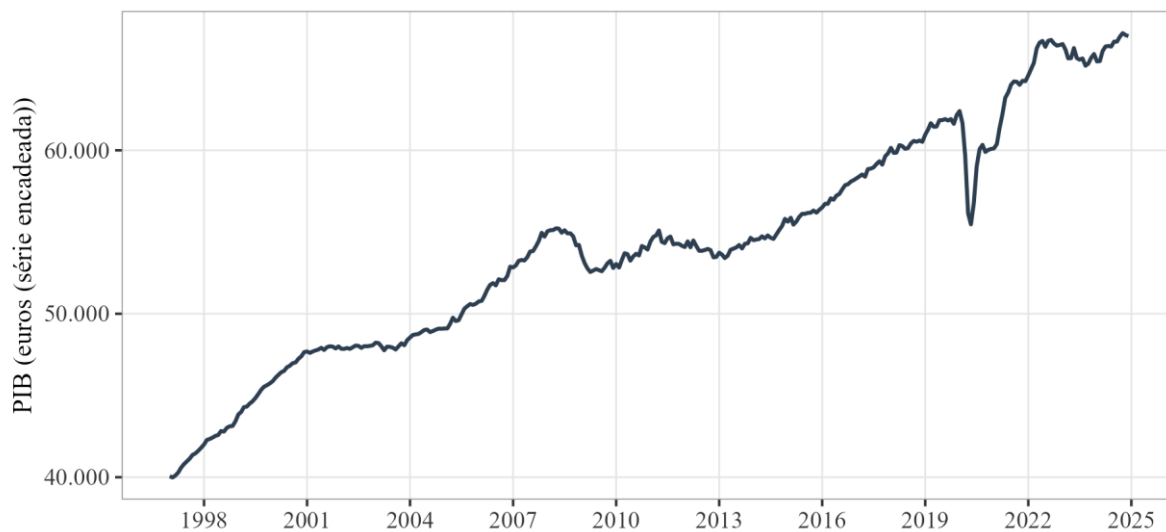
Coerência contábil: média mensal estimada reagregada ao trimestre.



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados oficiais. Estimação via Chow-Lin (tempdisagg, R).

Apêndice A — Figura 8: PIB mensal estimado para Países Baixos.

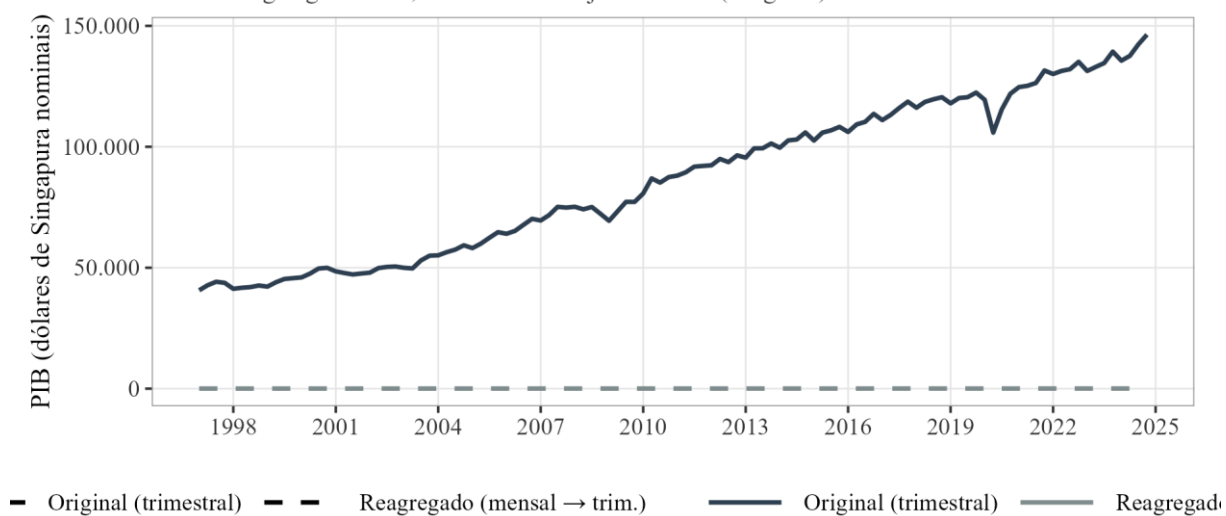
Série mensal estimada a partir do PIB trimestral oficial.



Fonte: Elaborado pelo autor. Estimação via Chow-Lin (tempdisagg, R).

Apêndice A — Figura 9: Validação do modelo Chow-Lin para o PIB de Singapura.

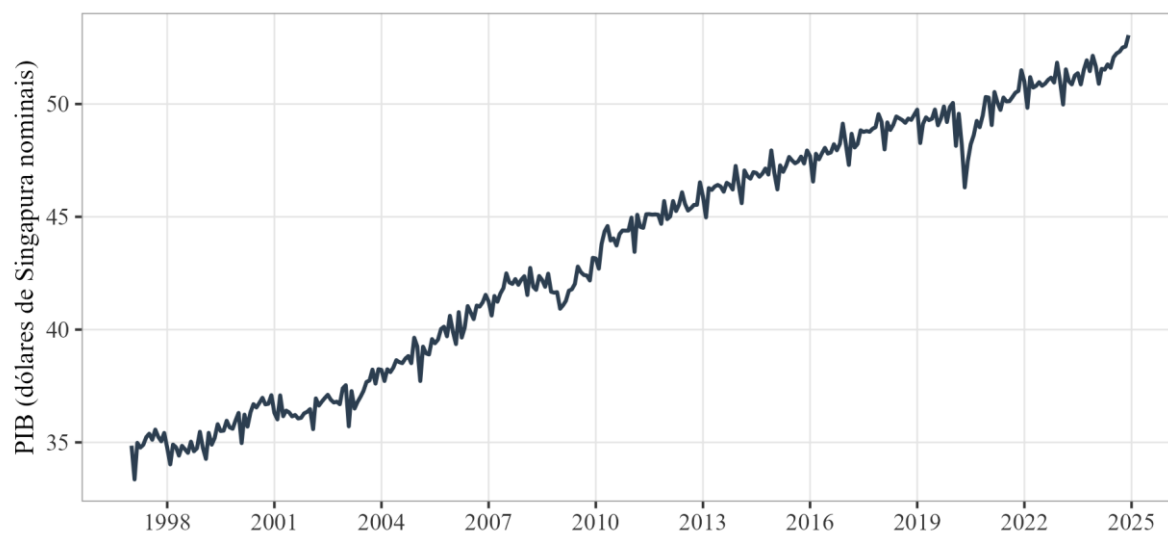
Modelo log-log com IPI, Vendas no Varejo e NODX (SingStat).



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados oficiais. Estimação via Chow-Lin (tempdisagg, R).

Apêndice A — Figura 10: PIB mensal estimado para Singapura.

Série mensal estimada a partir do PIB trimestral oficial.



Fonte: Elaborado pelo autor. Estimação via Chow-Lin (tempdisagg, R).

APÊNDICE B - TABELAS CONSOLIDADAS DE LONGO PRAZO (PE × BR)

Reúne, lado a lado, as elasticidades de longo prazo (renda, preço, câmbio e volatilidade) estimadas para Pernambuco e para o Brasil, permitindo a comparação direta por destino.

Cada quadro corresponde a um destino e traz, por setor SH2, os coeficientes de longo prazo (LP_Renda, LP_Preço, LP_Câmbio, LP_Vol), o R² do ajuste e a coluna Sig (significância). Por se tratar de especificação log-log, os coeficientes são lidos como elasticidades, a variação percentual na quantidade exportada associada a uma variação de 1% no regressor. As interações primárias (setor-destino de maior peso na pauta) aparecem sombreadas em azul-claro; as secundárias, em cinza.

Apêndice B — Tabela 1 : Elasticidades de longo prazo (ARDL) — Pernambuco vs. Brasil → Estados Unidos													
Comparativo por setor SH2 Período: 2016-2024													
	PERNAMBUCO						BRASIL						
	R ²	Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ Sig	R ²	Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ Sig	
03 - Pescados	0.704	0.642	-0.726	2.085	-0.613	-0.470 ***	0.759	-0.138	4.720	0.616	0.173	-0.438 ***	
07 - Hortaliças	0.418	-0.224	0.653	1.781	0.034	-0.650 ***	0.631	-0.242	2.527	1.960	-0.198	-0.864 ***	
08 - Frutas	0.369	-2.969	2.503	4.813	0.597	-0.829 ***	0.736	-1.544	1.203	1.540	0.112	-0.589 ***	
17 - Açúcares	0.169	4.230	-1.730	-2.941	0.781	-1.173 NS	0.473	-1.996	3.100	1.716	-0.274	-0.760 ***	
22 - Bebidas	0.336	-0.078	-41.917	9.067	-3.575	-1.169 NS	0.272	-0.042	-2.647	-1.947	0.105	-0.610 NS	
27 - Combustíveis	0.685	-1.006	-13.142	-7.657	-3.429	-0.676 NS	0.230	-0.107	5.952	-1.469	0.011	-0.840 NS	
39 - Plásticos	0.852	-2.256	-1.559	-2.494	0.266	-0.436 ***	0.864	-0.406	-2.435	-1.503	0.212	-0.438 ***	
68 - Gesso	0.419	-0.538	-2.863	-1.404	0.098	-0.777 NS	0.426	-0.014	-2.006	0.182	0.203	-0.674 ***	
76 - Alumínio	0.652	3.850	-17.591	-2.613	-1.195	-0.336 ***	0.121	0.134	2.443	-0.760	-0.014	-0.748 ***	
84 - Máq. Mecânicas	0.840	-1.571	-18.891	4.492	-2.516	-0.812 NS	0.373	0.012	2.612	-0.776	0.123	-0.598 NS	
85 - Mat. Elétricos	0.632	-2.986	-16.017	4.930	-0.999	-0.980 NS	0.410	0.009	1.879	0.706	0.317	-0.727 NS	
87 - Veículos	0.996	0.327	-22.929	4.065	5.448	-5.658 ***	0.378	-0.069	3.139	-0.661	0.039	-0.892 NS	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do ECM associado; Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = setor de interação secundária (classificação conforme Gráfico 14, Capítulo 4).

Apêndice B — Tabela 2 : Elasticidades de longo prazo (ARDL) — Pernambuco vs. Brasil — Argentina														
Comparativo por setor SH2 Período: 2016-2024														
	PERNAMBUCO							BRASIL						
	R²	Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ	Sig	R²	Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ	Sig
03 - Pescados	—	—	—	—	—	—	—	0.031	1.024	-5.518	3.482	1.038	-0.963	NS
07 - Hortaliças	—	—	—	—	—	—	—	0.726	1.603	3.654	-3.250	-0.286	-0.336	***
08 - Frutas	0.351	0.366	16.266	0.910	0.719	-0.696	***	0.685	-0.401	2.781	2.128	0.290	-0.312	***
17 - Açúcares	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22 - Bebidas	—	0.568	34.891	2.055	0.393	-2.821	NS	0.431	1.397	35.466	-1.355	1.261	-0.398	***
27 - Combustíveis	0.975	4.820	-675.504	-63.271	-14.742	-0.589	***	0.297	-0.154	39.795	-0.829	0.411	-0.732	NS
39 - Plásticos	0.798	-2.859	-0.288	0.582	-0.007	-0.542	***	0.274	0.024	0.827	-0.045	0.087	-0.483	***
68 - Gesso	—	—	—	—	—	—	—	0.566	-0.050	9.272	0.768	-0.149	-0.620	NS
76 - Alumínio	0.342	-1.413	-11.169	-1.043	-0.260	-0.342	***	0.560	-0.363	1.689	1.459	-0.125	-0.692	***
84 - Máq. Mecânicas	0.525	-1.437	-27.033	3.204	-1.166	-0.832	NS	0.761	0.124	10.935	-0.829	0.270	-0.217	***
85 - Mat. Elétricos	0.362	0.373	7.042	0.787	0.000	-0.439	***	0.478	-0.081	6.540	0.098	-0.042	-0.468	***
87 - Veículos	0.205	-2.863	-6.642	-2.303	-0.586	-0.822	NS	0.728	-0.535	6.019	-1.901	-0.099	-0.381	***

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do ECM associado; Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = setor de interação secundária (classificação conforme Gráfico 14, Capítulo 4).

Apêndice B — Tabela 3 : Elasticidades de longo prazo (ARDL) — Pernambuco vs. Brasil → China

Comparativo por setor SH2 | Período: 2016–2024

	PERNAMBUCO							BRASIL						
	R ²	Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ	Sig	R ²	Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ	Sig
03 - Pescados	0.369	-1.343	1.847	2.301	-0.017	-0.970	NS	0.583	-0.562	2.274	-1.611	0.600	-0.644	***
07 - Hortaliças	—	—	—	—	—	—	—	0.286	-0.199	-2.588	3.124	-1.641	-0.420	***
08 - Frutas	—	—	—	—	—	—	—	0.241	-1.269	-2.211	6.564	-2.756	-0.618	NS
17 - Açúcares	—	—	—	—	—	—	—	0.497	0.815	5.514	1.791	3.852	-0.719	***
22 - Bebidas	—	—	—	—	—	—	—	0.345	0.777	-1.075	3.891	0.553	-0.727	***
27 - Combustíveis	—	—	—	—	—	—	—	0.374	0.250	-0.811	3.079	-0.647	-0.574	NS
39 - Plásticos	0.922	-2.128	-15.378	17.136	-4.996	-2.313	NS	0.630	0.036	1.300	-4.290	0.196	-0.325	***
68 - Gesso	0.857	0.836	2.689	-7.041	6.314	-2.474	***	0.523	-0.102	-0.151	-2.642	0.187	-1.124	NS
76 - Alumínio	—	—	—	—	—	—	—	0.549	0.212	-2.485	6.689	-2.327	-0.365	***
84 - Máq. Mecânicas	—	—	—	—	—	—	—	0.158	-0.014	-0.226	-0.697	0.047	-1.014	NS
85 - Mat. Elétricos	0.197	-2.152	-24.151	46.478	-27.920	-0.260	NS	0.275	-0.068	0.351	0.353	0.504	-0.621	NS
87 - Veículos	—	—	—	—	—	—	—	0.200	-0.123	-1.159	0.093	0.026	-0.514	***

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do ECM associado; Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = setor de interação secundária (classificação conforme Gráfico 14, Capítulo 4).

Apêndice B — Tabela 4 : Elasticidades de longo prazo (ARDL) — Pernambuco vs. Brasil → Países Baixos

Comparativo por setor SH2 | Período: 2016–2024

	PERNAMBUCO							BRASIL						
	R ²	Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ	Sig	R ²	Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ	Sig
03 - Pescados	—	—	—	—	—	—	—	0.445	-0.488	-14.194	-1.463	1.215	-0.488	***
07 - Hortaliças	0.405	0.626	-2.231	4.100	-0.225	-1.042	NS	0.539	-0.181	-1.880	2.588	-0.433	-0.456	***
08 - Frutas	0.693	0.516	3.297	0.286	0.088	-0.846	***	0.794	1.341	2.555	0.503	-0.032	-0.767	***
17 - Açúcares	0.643	-1.979	-10.773	8.820	-1.871	-0.779	NS	0.263	-0.617	-4.274	3.002	0.364	-0.507	***
22 - Bebidas	0.667	-1.891	-8.137	4.224	-0.209	-0.725	***	0.310	-1.434	13.593	6.477	0.604	-0.842	***
27 - Combustíveis	0.913	-7.116	6.442	-7.927	2.500	-3.386	***	0.362	-0.187	6.537	3.496	-0.533	-0.715	NS
39 - Plásticos	—	—	—	—	—	—	—	0.621	-0.011	-4.018	2.548	0.638	-0.245	***
68 - Gesso	0.269	0.141	-11.635	-1.742	1.493	-1.785	NS	0.594	1.504	-5.012	2.021	0.244	-0.247	***
76 - Alumínio	0.448	-0.906	-4.950	2.259	-0.762	-0.985	NS	0.517	1.745	51.773	-4.272	0.531	-0.470	***
84 - Máq. Mecânicas	—	—	—	—	—	—	—	0.222	-0.010	-4.402	1.342	-0.007	-0.746	***
85 - Mat. Elétricos	—	—	—	—	—	—	—	0.162	-0.179	1.301	1.872	1.170	-0.779	***
87 - Veículos	—	—	—	—	—	—	—	0.230	—	-3.728	0.558	-0.440	-0.580	***

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do ECM associado; Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = setor de interação secundária (classificação conforme Gráfico 14, Capítulo 4).

Apêndice B — Tabela 5 : Elasticidades de longo prazo (ARDL) — Pernambuco vs. Brasil → Singapura

Comparativo por setor SH2 | Período: 2016–2024

	PERNAMBUCO							BRASIL						
	R ²	Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ	Sig	R ²	Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ	Sig
03 - Pescados	0.142	0.970	-27.716	4.384	-1.527	-1.153	NS	0.416	0.427	23.456	3.872	1.837	-0.624	***
07 - Hortaliças	0.094	0.526	6.319	-0.424	0.501	-1.350	***	0.288	0.392	-2.303	1.232	-0.162	-0.819	***
08 - Frutas	0.340	0.329	-12.891	0.460	-0.301	-0.857	NS	0.256	-0.082	16.701	1.056	1.299	-0.887	NS
17 - Açúcares	0.695	-1.227	-10.121	2.115	0.418	-3.429	***	0.386	-2.107	-23.504	10.019	-6.043	-0.681	***
22 - Bebidas	0.530	-1.145	26.453	-2.559	0.766	-1.147	NS	0.535	0.766	59.793	2.343	0.308	-0.433	***
27 - Combustíveis	0.718	-5.762	5.175	1.694	1.641	-0.913	NS	0.501	-0.306	10.159	3.607	-0.224	-0.935	NS
39 - Plásticos	—	—	—	—	—	—	—	0.635	0.089	-6.539	-4.833	2.474	-0.405	***
68 - Gesso	—	—	—	—	—	—	—	0.057	0.054	10.695	-0.243	1.465	-0.884	NS
76 - Alumínio	—	—	—	—	—	—	—	0.090	-1.255	14.686	4.377	0.247	-1.573	NS
84 - Máq. Mecânicas	—	—	—	—	—	—	—	0.157	0.460	8.651	0.085	-0.345	-1.133	NS
85 - Mat. Elétricos	—	—	—	—	—	—	—	0.359	-0.160	6.574	-3.766	0.616	-0.910	NS
87 - Veículos	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do ECM associado; Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = setor de interação secundária (classificação conforme Gráfico 14, Capítulo 4).

APÊNDICE C - TABELAS CONSOLIDADAS DE CURTO PRAZO (PE × BR)

Contrapartida de curto prazo do Apêndice B: apresenta, também lado a lado para Pernambuco e Brasil, os coeficientes do mecanismo de correção de erros (ECM) por destino.

Além dos coeficientes de impacto imediato, a coluna λ (lambda) informa a velocidade de ajuste, a fração do desequilíbrio corrigida a cada período. Um λ negativo e significativo confirma o retorno ao equilíbrio de longo prazo. As colunas R^2 e Sig e o sombreamento (azul = primária, cinza = secundária) seguem a mesma convenção do Apêndice B.

Apêndice C — Tabela 1 : Dinâmica de curto prazo (ECM) — Pernambuco vs. Brasil → Estados Unidos														
Coeficientes d(t) = impacto contemporâneo λ = velocidade de ajuste Período: 2016-2024														
	PERNAMBUCO							BRASIL						
	R²	λ	Sig	Preço(t)	Renda(t)	Câmbio(t)	Vol(t)	R²	λ	Sig	Preço(t)	Renda(t)	Câmbio(t)	Vol(t)
03 - Pescados	0.543	-0.470	***	0.471	3.413	-0.380	—	0.312	-0.438	***	—	7.008	—	—
07 - Hortaliças	0.291	-0.650	***	—	—	—	—	0.357	-0.864	***	-0.120	—	—	—
08 - Frutas	0.441	-0.829	***	-0.705	—	17.897	0.613	0.534	-0.589	***	-0.201	—	—	0.016
17 - Açúcares	0.576	-1.173	***	0.282	—	—	—	0.438	-0.760	***	-0.107	-2.346	0.971	—
22 - Bebidas	0.638	-1.169	***	0.442	33.912	1.445	-2.191	0.487	-0.610	***	-0.168	29.519	—	—
27 - Combustíveis	0.712	-0.676	***	-5.413	27.367	—	-0.973	0.412	-0.840	***	—	-0.878	-2.800	—
39 - Plásticos	0.517	-0.436	***	-1.841	—	—	0.085	0.210	-0.438	***	—	—	—	—
68 - Gesso	0.592	-0.777	***	-0.651	0.385	5.729	—	0.416	-0.674	***	—	2.584	1.534	—
76 - Alumínio	0.468	-0.336	***	0.513	16.200	—	1.531	0.336	-0.748	***	—	—	—	0.169
84 - Máq. Mecânicas	0.801	-0.812	***	-1.187	-131.978	0.452	—	0.477	-0.598	***	—	-1.112	—	—
85 - Mat. Elétricos	0.673	-0.980	***	-1.461	—	—	—	0.420	-0.727	***	—	—	1.935	—
87 - Veículos	0.997	-5.658	***	1.186	120.343	-19.839	24.691	0.547	-0.892	***	-0.010	1.060	—	—

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ECM derivadas dos modelos ARDL (R, pacote ARDL). Nota: d(t) = variação contemporânea (primeira diferença); λ = coeficiente do termo de correção de erro (esperado negativo e significativo); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10. NS = não significativo; Sombreamento azul claro = interação primária; cinza claro = interação secundária (cf. Gráfico 14, Capítulo 4).

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ECM derivadas dos modelos ARDL (R, pacote ARDL). Nota: d(t) = variação contemporânea (primeira diferença); λ = coeficiente do termo de correção de erro (esperado negativo e significativo); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = interação primária; cinza claro = interação secundária (cf. Gráfico 14, Capítulo 4).

Apêndice C — Tabela 2 : Dinâmica de curto prazo (ECM) — Pernambuco vs. Brasil → Argentina														
Coeficientes d(t) = impacto contemporâneo λ = velocidade de ajuste Período: 2016-2024														
	PERNAMBUCO							BRASIL						
	R ²	λ	Sig	Preço(t)	Renda(t)	Câmbio(t)	Vol(t)	R ²	λ	Sig	Preço(t)	Renda(t)	Câmbio(t)	Vol(t)
03 - Pescados	—	—	—	—	—	—	—	0.480	-0.963	***	-1.257	-87.463	—	-2.260
07 - Hortaliças	—	—	—	—	—	—	—	0.451	-0.336	***	-0.295	17.203	-0.798	-0.107
08 - Frutas	0.511	-0.696	***	2.944	—	—	—	0.117	-0.312	***	—	—	—	—
17 - Açúcares	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22 - Bebidas	—	-2.821	NS	0.285	-60.576	-0.636	-0.437	0.302	-0.398	***	0.490	—	—	0.282
27 - Combustíveis	0.970	-0.589	***	-3.259	-217.303	-15.127	-8.880	0.398	-0.732	***	—	-27.318	—	—
39 - Plásticos	0.694	-0.542	***	-2.544	—	—	—	0.223	-0.483	***	-0.094	—	—	—
68 - Gesso	—	—	—	—	—	—	—	0.489	-0.620	***	0.038	11.957	0.342	—
76 - Alumínio	0.344	-0.342	***	0.446	-8.088	-2.173	-0.426	0.372	-0.692	***	0.086	-8.507	-0.531	—
84 - Máq. Mecânicas	0.703	-0.832	***	-1.583	—	0.157	—	0.220	-0.217	***	-0.003	11.363	—	—
85 - Mat. Elétricos	0.314	-0.439	***	-0.314	—	—	-0.099	0.219	-0.468	***	—	10.012	—	—
87 - Veículos	0.556	-0.822	***	-5.164	2.375	—	—	0.293	-0.381	***	—	16.452	—	0.244

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ECM derivadas dos modelos ARDL (R: pacote ARDL). Nota: d(t) = variação contemporânea (primeira diferença); λ = coeficiente do termo de correção de erro (esperado negativo e significativo); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10. NS = não significativo. Sobreposição azul claro = interação primária; cinza claro = interação secundária. (cf. Gráfico 3d, Capítulo 4).

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ECM derivadas dos modelos ARDL (R, pacote ARDL). Nota: d(t) = variação contemporânea (primeira diferença); λ = coeficiente do termo de correção de erro (esperado negativo e significativo); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = interação primária; cinza claro = interação secundária (cf. Gráfico 14, Capítulo 4).

	PERNAMBUCO							BRASIL						
	R ²	λ	Sig	Preço(t)	Renda(t)	Câmbio(t)	Vol(t)	R ²	λ	Sig	Preço(t)	Renda(t)	Câmbio(t)	Vol(t)
03 - Pescados	0.668	-0.970	***	1.993	7.006	—	-2.901	0.411	-0.644	***	-0.022	—	—	—
07 - Hortaliças	—	—	—	—	—	—	—	0.341	-0.420	***	—	2.204	—	1.175
08 - Frutas	—	—	—	—	—	—	—	0.363	-0.618	***	—	0.601	—	0.239
17 - Açúcares	—	—	—	—	—	—	—	0.516	-0.719	***	0.523	10.863	-16.330	—
22 - Bebidas	—	—	—	—	—	—	—	0.372	-0.727	***	-2.264	—	-0.445	—
27 - Combustíveis	—	—	—	—	—	—	—	0.488	-0.574	***	-0.035	—	0.241	-0.163
39 - Plásticos	0.953	-2.313	NS	-2.736	-11.729	20.781	-0.460	0.254	-0.325	***	0.012	—	-1.891	0.343
68 - Gesso	0.911	-2.474	***	-0.488	1.981	-6.965	6.990	0.626	-1.124	***	-0.074	0.483	-0.510	0.353
76 - Alumínio	—	—	—	—	—	—	—	0.471	-0.365	***	-0.073	-0.137	-7.360	0.331
84 - Máq. Mecânicas	—	—	—	—	—	—	—	0.489	-1.014	***	—	0.317	-2.587	-0.203
85 - Mat. Elétricos	0.497	-0.260	NS	-0.425	-1.142	-5.603	-2.719	0.528	-0.621	***	-0.180	—	—	-0.719
87 - Veículos	—	—	—	—	—	—	—	0.332	-0.514	***	-0.091	—	-2.693	—

	PERNAMBUCO							BRASIL						
	R ²	λ	Sig	Preço(t)	Renda(t)	Câmbio(t)	Vol(t)	R ²	λ	Sig	Preço(t)	Renda(t)	Câmbio(t)	Vol(t)
03 - Pescados	—	—	—	—	—	—	—	0.322	-0.488	***	-0.690	—	-6.261	—
07 - Hortaliças	0.659	-1.042	***	1.187	—	2.287	-0.446	0.154	-0.456	***	-0.044	—	2.241	0.456
08 - Frutas	0.593	-0.846	***	1.248	—	—	—	0.602	-0.767	***	1.365	1.890	-0.655	-0.243
17 - Açúcares	0.772	-0.779	***	—	-2.804	-5.461	—	0.282	-0.507	***	—	—	-1.023	0.238
22 - Bebidas	0.711	-0.725	***	-2.038	7.722	-2.236	0.202	0.344	-0.842	***	-0.595	—	—	—
27 - Combustíveis	0.942	-3.386	***	-6.202	-113.345	-17.473	1.056	0.391	-0.715	***	0.543	-16.736	-1.058	—
39 - Plásticos	—	—	—	—	—	—	—	0.139	-0.245	***	—	—	-0.435	—
68 - Gesso	0.754	-1.785	NS	-1.466	22.206	10.710	3.623	0.300	-0.247	***	0.679	—	0.476	-0.521
76 - Alumínio	0.692	-0.985	***	—	10.683	-1.977	-0.867	0.303	-0.470	***	1.196	5.834	—	—
84 - Máq. Mecânicas	—	—	—	—	—	—	—	0.416	-0.746	***	—	0.892	4.318	—
85 - Mat. Elétricos	—	—	—	—	—	—	—	0.352	-0.779	***	—	—	—	0.725
87 - Veículos	—	—	—	—	—	—	—	0.393	-0.580	***	—	11.254	—	—

	PERNAMBUCO							BRASIL						
	R ²	λ	Sig	Preço(t)	Renda(t)	Câmbio(t)	Vol(t)	R ²	λ	Sig	Preço(t)	Renda(t)	Câmbio(t)	Vol(t)
03 - Pescados	0.583	-1.153	***	—	-1.356	—	—	0.443	-0.624	***	-0.163	—	—	0.085
07 - Hortaliças	0.649	-1.350	***	—	—	—	—	0.574	-0.819	***	-0.374	—	—	-0.991
08 - Frutas	0.720	-0.857	***	0.306	0.503	12.300	-1.922	0.502	-0.887	***	—	-1.615	—	2.201
17 - Açúcares	0.875	-3.429	***	-1.818	-23.291	17.398	-0.991	0.352	-0.681	***	0.894	—	8.111	—
22 - Bebidas	0.486	-1.147	***	-0.872	14.480	—	-1.682	0.343	-0.433	***	-0.450	-4.632	—	—
27 - Combustíveis	0.861	-0.913	***	-5.046	—	-5.026	-0.701	0.420	-0.935	***	—	1.842	—	—
39 - Plásticos	—	—	—	—	—	—	—	0.225	-0.405	***	—	—	2.251	—
68 - Gesso	—	—	—	—	—	—	—	0.450	-0.884	***	1.637	—	15.487	-0.611
76 - Alumínio	—	—	—	—	—	—	—	0.526	-1.573	***	1.332	—	—	—
84 - Máq. Mecânicas	—	—	—	—	—	—	—	0.555	-1.133	***	—	—	2.217	—
85 - Mat. Elétricos	—	—	—	—	—	—	—	0.593	-0.910	***	0.105	15.434	-2.977	0.971
87 - Veículos	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

APÊNDICE D - TABELAS COMPLETAS DE LONGO PRAZO

Versão completa, setor a setor (os doze segmentos SH2), das estimativas ARDL de longo prazo, sem o recorte de relevância adotado no Apêndice B.

Cada tabela corresponde a um destino e lista todos os setores com seus coeficientes de longo prazo e respectiva significância. O sombreamento distingue as interações primárias (azul) das secundárias (cinza); setores sem modelo válido aparecem sem realce.

Brasil (Tabelas 1–5). Resultados nacionais, um destino por tabela, servindo de referência para a comparação regional.

Apêndice D — Tabela 1: Resultados ARDL de longo prazo — Brasil — Estados Unidos													
Todos os setores SH2 Período: 2016–2024													
	N	R²	Elasticidades de Longo Prazo					λ	Sig	Defasagens (Lags)			
			Preço	Renda	Câmbio	Vol.	X			Pr	Y	E	
03 - Pescados	108	0.759	-0.138	4.720	0.616	0.173	-0.438	***	1	0	1	0	
07 - Hortalças	108	0.631	-0.242	2.527	1.960	-0.198	-0.864	***	2	2	0	0	
08 - Frutas	108	0.736	-1.544	1.203	1.540	0.112	-0.589	***	2	4	0	0	
17 - Açúcares	108	0.473	-1.996	3.100	1.716	-0.274	-0.760	***	3	4	2	3	
22 - Bebidas	107	0.272	-0.042	-2.647	-1.947	0.105	-0.610	NS	2	4	1	0	
27 - Combustíveis	108	0.230	-0.107	5.952	-1.469	0.011	-0.840	NS	2	0	1	3	
39 - Plásticos	108	0.864	-0.406	-2.435	-1.503	0.212	-0.438	***	1	0	0	0	
68 - Gesso	108	0.426	-0.014	-2.006	0.182	0.203	-0.674	***	2	0	3	3	
76 - Alumínio	108	0.121	0.134	2.443	-0.760	-0.014	-0.748	***	1	0	0	0	
84 - Máq. Mecânicas	107	0.373	0.012	2.612	0.776	0.123	-0.598	NS	3	0	1	0	
85 - Mat. Elétricos	108	0.410	0.009	1.879	0.706	0.317	-0.727	NS	2	0	0	1	
87 - Veículos	108	0.378	-0.069	3.139	-0.661	0.039	-0.892	NS	2	4	3	0	

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do FCM derivado; Lags: ordem ótima selecionada pelo critério AIC (máximo = 4); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice D — Tabela 2: Resultados ARDL de longo prazo — Brasil → Argentina													
Todos os setores SH2 Período: 2016–2024													
	N	R ²	Elasticidades de Longo Prazo					Sig	Defasagens (Lags)				
			Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ		X	Pr	Y	E	V
03 - Pescados	84	0.031	1.024	-5.518	3.482	1.038	-0.963	NS	1	4	1	0	1
07 - Hortalças	108	0.726	1.603	3.654	-3.250	-0.286	-0.336	***	3	4	2	2	4
08 - Frutas	108	0.685	-0.401	2.781	2.128	0.290	-0.312	***	1	0	0	0	0
17 - Açúcares	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22 - Bebidas	108	0.431	1.397	35.466	-1.355	1.261	-0.398	***	3	4	0	0	4
27 - Combustíveis	108	0.297	-0.154	39.795	-0.829	0.411	-0.732	NS	2	0	4	0	0
39 - Plásticos	108	0.274	0.024	0.827	-0.045	0.087	-0.483	***	1	1	0	0	0
68 - Gesso	108	0.566	-0.050	9.272	0.768	-0.149	-0.620	NS	2	3	2	2	0
76 - Alumínio	108	0.560	-0.363	1.689	1.459	-0.125	-0.692	***	1	1	1	1	0
84 - Máq. Mecânicas	108	0.761	0.124	10.935	0.829	0.270	0.217	***	2	1	1	0	0
85 - Mat. Elétricos	108	0.478	-0.081	6.540	0.098	-0.042	-0.468	***	1	0	1	0	0
87 - Veículos	108	0.728	-0.535	6.019	-1.901	-0.099	-0.381	***	1	0	2	0	1

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do FCM derivado; Lags: ordem ótima selecionada pelo critério AIC (máximo = 4); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice D — Tabela 3: Resultados ARDL de longo prazo — Brasil → China													
Todos os setores SH2 Período: 2016–2024													
	N	R²	Elasticidades de Longo Prazo				λ	Sig	Defasagens (Lags)				
			Preço	Renda	Câmbio	Vol.			X	Pr	Y	E	V
03 - Pescados	108	0.583	-0.562	2.274	-1.611	0.600	-0.644	***	2	4	0	0	0
07 - Hortalças	86	0.286	-0.199	-2.588	3.124	-1.641	-0.420	***	3	0	4	0	1
08 - Frutas	99	0.241	-1.269	-2.211	6.564	-2.756	-0.618	NS	2	0	4	0	1
17 - Açúcares	108	0.497	0.815	5.514	1.791	3.852	-0.719	***	2	4	3	1	0
22 - Bebidas	106	0.345	0.777	1.075	3.891	0.553	-0.727	***	1	4	0	2	0
27 - Combustíveis	108	0.374	0.250	-0.811	3.079	-0.647	-0.574	NS	2	3	0	1	4
39 - Plásticos	107	0.630	0.036	1.300	-4.290	0.196	-0.325	***	3	4	0	3	3
68 - Gesso	108	0.523	-0.102	-0.151	-2.642	0.187	-1.124	NS	2	2	4	3	2
76 - Alumínio	108	0.549	0.212	-2.485	6.689	-2.327	-0.365	***	2	4	3	1	2
84 - Máq. Mecânicas	108	0.158	-0.014	0.226	0.697	0.047	-1.014	NS	1	0	1	3	2
85 - Mat. Elétricos	108	0.275	-0.068	0.351	0.353	0.504	-0.621	NS	3	1	0	0	1
87 - Veículos	108	0.200	-0.123	-1.159	0.093	0.026	-0.514	***	2	3	0	1	0

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do FCM derivado; Lags: ordem ótima selecionada pelo critério AIC (máximo = 4); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice D — Tabela 4: Resultados ARDL de longo prazo — Brasil → Países Baixos													
Todos os setores SH2 Período: 2016–2024													
	N	R ²	Elasticidades de Longo Prazo				λ	Sig	Defasagens (Lags)				
			Preço	Renda	Câmbio	Vol.			X	Pr	Y	E	
03 - Pescados	108	0.445	-0.488	-14.194	-1.463	1.215	-0.488	***	3	4	0	1	0
07 - Hortalças	108	0.539	-0.181	-1.880	2.588	-0.433	-0.456	***	3	4	0	2	1
08 - Frutas	108	0.794	1.341	2.555	0.503	-0.032	-0.767	***	4	4	4	4	4
17 - Açúcares	108	0.263	-0.617	-4.274	3.002	0.364	-0.507	***	3	0	0	4	3
22 - Bebidas	108	0.310	1.434	13.593	6.477	0.604	-0.842	***	2	4	0	0	0
27 - Combustíveis	108	0.362	-0.187	6.537	3.496	-0.533	-0.715	NS	2	1	1	4	0
39 - Plásticos	108	0.621	-0.011	-4.018	2.548	0.638	-0.245	***	2	0	0	3	0
68 - Gesso	108	0.594	1.504	-5.012	2.021	0.244	-0.247	***	3	3	0	2	1
76 - Alumínio	104	0.517	1.745	51.773	-4.272	0.531	-0.470	***	2	4	4	0	0
84 - Máq. Mecânicas	108	0.222	0.010	4.402	1.342	0.007	-0.746	***	1	0	4	2	0
85 - Mat. Elétricos	108	0.162	-0.179	1.301	1.872	1.170	-0.779	***	1	0	0	0	3
87 - Veículos	108	0.230	—	-3.728	0.558	-0.440	-0.580	***	2	4	1	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do FCM derivado; Lags: ordem ótima selecionada pelo critério AIC (máximo = 4); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice D — Tabela 5: Resultados ARDL de longo prazo — Brasil → Singapura													
Todos os setores SH2 Período: 2016–2024													
	N	R ²	Elasticidades de Longo Prazo					Sig	Defasagens (lags)				
			Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ		X	Pr	Y	E	V
03 - Pescados	108	0.416	0.427	23.456	3.872	1.837	-0.624	***	3	4	0	0	4
07 - Hortalças	80	0.288	0.392	-2.303	1.232	-0.162	-0.819	***	2	4	0	0	1
08 - Frutas	99	0.256	-0.082	16.701	1.056	1.299	-0.887	NS	1	0	4	0	2
17 - Açúcares	93	0.386	-2.107	-23.504	10.019	-6.043	-0.681	***	2	4	0	4	0
22 - Bebidas	91	0.535	0.766	59.793	2.343	0.308	0.433	***	2	1	4	0	0
27 - Combustíveis	108	0.501	-0.306	10.159	3.607	-0.224	-0.935	NS	2	0	4	0	0
39 - Plásticos	108	0.635	0.089	-6.539	-4.833	2.474	-0.405	***	3	0	0	1	0
68 - Gesso	108	0.057	0.054	10.695	-0.243	1.465	-0.884	NS	1	4	0	1	1
76 - Alumínio	108	0.090	-1.255	14.686	4.377	0.247	-1.573	NS	3	4	0	0	0
84 - Máq. Mecânicas	108	0.157	0.460	8.651	0.085	0.345	-1.133	NS	1	0	0	3	0
85 - Mat. Elétricos	108	0.359	-0.160	6.574	-3.766	0.616	-0.910	NS	3	4	1	4	4
87 - Veículos	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do FCM derivado; Lags: ordem ótima selecionada pelo critério AIC (máximo = 4); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Pernambuco (Tabelas 6–10). Resultados estaduais, na mesma ordem de destinos, para confronto direto com o agregado nacional.

Apêndice D — Tabela 6: Resultados ARDL de longo prazo — Pernambuco → Estados Unidos													
Todos os setores SH2 Período: 2016–2024													
	N	R²	Elasticidades de Longo Prazo				λ	Sig	Defasagens (lags)				
			Preço	Renda	Câmbio	Vol.			X	Pr	Y	E	V
03 - Pescados	108	0.704	0.642	-0.726	2.085	-0.613	-0.470	***	3	3	1	3	0
07 - Hortaliças	107	0.418	-0.224	0.653	1.781	0.034	-0.650	***	1	0	0	0	0
08 - Frutas	101	0.369	-2.969	2.503	4.813	0.597	-0.829	***	2	4	0	2	3
17 - Açúcares	49	0.169	4.230	-1.730	-2.941	0.781	-1.173	NS	1	3	0	0	0
22 - Bebidas	68	0.336	0.078	41.917	9.067	-3.575	-1.169	NS	2	4	4	2	2
27 - Combustíveis	79	0.685	-1.006	-13.142	-7.657	-3.429	-0.676	NS	2	4	1	0	2
39 - Plásticos	108	0.852	-2.256	-1.559	-2.494	0.266	-0.436	***	2	2	0	0	3
68 - Gesso	86	0.419	-0.538	-2.863	-1.404	0.098	-0.777	NS	1	1	4	1	0
76 - Alumínio	74	0.652	3.850	-17.591	-2.613	-1.195	-0.336	***	3	4	1	0	1
84 - Máq. Mecânicas	52	0.840	-1.571	18.891	4.492	-2.516	0.812	NS	1	4	2	2	0
85 - Mat. Elétricos	75	0.632	-2.986	-16.017	4.930	-0.999	-0.980	NS	2	4	0	0	0
87 - Veículos	30	0.996	0.327	-22.929	4.065	5.448	-5.658	***	4	4	4	4	4

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do FCM derivado; Lags: ordem ótima selecionada pelo critério AIC (máximo = 4); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice D — Tabela 7: Resultados ARDL de longo prazo — Pernambuco → Argentina													
Todos os setores SH2 Período: 2016–2024													
	N	R ²	Elasticidades de Longo Prazo				λ	Sig	Defasagens (lags)				
			Preço	Renda	Câmbio	Vol.			X	Pr	Y	E	V
03 - Pescados	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
07 - Hortalíças	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
08 - Frutas	88	0.351	0.366	16.266	0.910	0.719	-0.696	***	1	3	0	0	0
17 - Açúcares	0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22 - Bebidas	25	—	0.568	34.891	2.055	0.393	-2.821	NS	2	4	4	4	2
27 - Combustíveis	36	0.975	4.820	-675.504	-63.271	-14.742	-0.589	***	3	4	4	2	3
39 - Plásticos	108	0.798	-2.859	-0.288	0.582	-0.007	-0.542	***	1	1	0	0	0
68 - Gesso	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
76 - Alumínio	107	0.342	-1.413	-11.169	-1.043	-0.260	-0.342	***	2	2	2	2	3
84 - Máq. Mecânicas	85	0.525	1.437	-27.033	3.204	1.166	0.832	NS	2	1	0	4	0
85 - Mat. Elétricos	108	0.362	0.373	7.042	0.787	0.000	-0.439	***	2	1	0	0	4
87 - Veículos	103	0.205	-2.863	-6.642	-2.303	-0.586	-0.822	NS	1	1	3	0	0

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do FCM derivado; Lags: ordem ótima selecionada pelo critério AIC (máximo = 4); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice D — Tabela 8: Resultados ARDL de longo prazo — Pernambuco → China													
Todos os setores SH2 Período: 2016–2024													
	N	R ²	Elasticidades de Longo Prazo					Sig	Defasagens (lags)				
			Preço	Renda	Câmbio	Vol.	λ		X	Pr	Y	E	V
03 - Pescados	50	0.369	-1.343	1.847	2.301	-0.017	-0.970	NS	1	4	2	0	1
07 - Hortalíças	11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
08 - Frutas	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17 - Açúcares	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22 - Bebidas	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27 - Combustíveis	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39 - Plásticos	33	0.922	-2.128	-15.378	17.136	-4.996	-2.313	NS	4	4	4	4	4
68 - Gesso	32	0.857	0.836	2.689	-7.041	6.314	-2.474	***	4	4	4	4	4
76 - Alumínio	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
84 - Máq. Mecânicas	10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
85 - Mat. Elétricos	31	0.197	-2.152	-24.151	46.478	-27.920	-0.260	NS	4	4	4	4	4
87 - Veículos	16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: λ = velocidade de ajuste do FCM derivado; Lags: ordem ótima selecionada pelo critério AIC (máximo = 4); Sig: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = setor de interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

APÊNDICE E - TABELAS COMPLETAS DE CURTO PRAZO

Contrapartida de curto prazo do Apêndice D, com os coeficientes de impacto imediato (Δ) e a velocidade de ajuste (λ) por setor e destino.

A leitura é idêntica à do Apêndice D, agora referente à dinâmica de curto prazo do ECM. O termo λ , quando negativo e significativo, indica convergência ao equilíbrio de longo prazo.

Brasil (Tabelas 1–5). Dinâmica de curto prazo nacional, um destino por tabela.

Apêndice E — Tabela 1: Resultados ECM de curto prazo — Brasil → Estados Unidos								
Coeficientes d(t) = impacto contemporâneo Período: 2016–2024								
	N	R ²	λ	Sig	Impacto Imediato d(t)			
					Preço	Renda	Câmbio	Vol.
03 - Pescados	108	0.312	-0.438	***	—	7.008	—	—
07 - Hortaliças	108	0.357	-0.864	***	-0.120	—	—	—
08 - Frutas	108	0.534	-0.589	***	-0.201	—	—	0.016
17 - Açúcares	108	0.438	-0.760	***	-0.107	-2.346	0.971	—
22 - Bebidas	107	0.487	-0.610	***	-0.168	29.519	—	—
27 - Combustíveis	108	0.412	-0.840	***	—	-0.878	-2.800	—
39 - Plásticos	108	0.210	-0.438	***	—	—	—	—
68 - Gesso	108	0.416	-0.674	***	—	2.584	1.534	—
76 - Alumínio	108	0.336	-0.748	***	—	—	—	0.169
84 - Máq. Mecânicas	107	0.477	-0.598	***	—	-1.112	—	—
85 - Mat. Elétricos	108	0.420	-0.727	***	—	—	1.935	—
87 - Veículos	108	0.547	-0.892	***	-0.010	1.060	—	—

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos modelos ECM derivados do ARDL (R, pacote ARDL). Nota: λ = coeficiente do termo de correção de erro (esperado negativo e significativo); d(t) = primeira diferença (impacto contemporâneo); Sig: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice E — Tabela 2: Resultados ECM de curto prazo — Brasil → Argentina								
Coeficientes d(t) = impacto contemporâneo Período: 2016–2024								
	N	R ²	λ	Sig	Impacto Imediato d(t)			
					Preço	Renda	Câmbio	Vol.
03 - Pescados	84	0.480	-0.963	***	-1.257	-87.463	—	-2.260
07 - Hortaliças	108	0.451	-0.336	***	-0.295	17.203	-0.798	-0.107
08 - Frutas	108	0.117	-0.312	***	—	—	—	—
17 - Açúcares	0	—	—	—	—	—	—	—
22 - Bebidas	108	0.302	-0.398	***	0.490	—	—	0.282
27 - Combustíveis	108	0.398	-0.732	***	—	-27.318	—	—
39 - Plásticos	108	0.223	-0.483	***	-0.094	—	—	—
68 - Gesso	108	0.489	-0.620	***	0.038	11.957	0.342	—
76 - Alumínio	108	0.372	-0.692	***	0.086	-8.507	-0.531	—
84 - Máq. Mecânicas	108	0.220	-0.217	***	-0.003	11.363	—	—
85 - Mat. Elétricos	108	0.219	-0.468	***	—	10.012	—	—
87 - Veículos	108	0.293	-0.381	***	—	16.452	—	0.244

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos modelos ECM derivados do ARDL (R, pacote ARDL). Nota: λ = coeficiente do termo de correção de erro (esperado negativo e significativo); d(t) = primeira diferença (impacto contemporâneo); Sig: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice E — Tabela 3: Resultados ECM de curto prazo — Brasil → China								
Coeficientes d(t) = impacto contemporâneo Período: 2016-2024								
	N	R²	λ	Sig	Impacto imediato d(t)			
					Preço	Renda	Câmbio	Vol.
03 - Pescados	108	0.411	-0.644	***	-0.022	—	—	—
07 - Hortaliças	86	0.341	-0.420	***	—	2.204	—	1.175
08 - Frutas	99	0.363	-0.618	***	—	0.601	—	0.239
17 - Açúcares	108	0.516	-0.719	***	0.523	10.863	-16.330	—
22 - Bebidas	106	0.372	-0.727	***	-2.264	—	-0.445	—
27 - Combustíveis	108	0.488	-0.574	***	-0.035	—	0.241	-0.163
39 - Plásticos	107	0.254	-0.325	***	0.012	—	-1.891	0.343
68 - Gesso	108	0.626	-1.124	***	-0.074	0.483	-0.510	0.353
76 - Alumínio	108	0.471	-0.365	***	-0.073	-0.137	-7.360	0.331
84 - Máq. Mecânicas	108	0.489	-1.014	***	—	0.317	-2.587	-0.203
85 - Mat. Elétricos	108	0.528	-0.621	***	-0.180	—	—	-0.719
87 - Veículos	108	0.332	-0.514	***	-0.091	—	-2.693	—

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos modelos ECM derivados do ARDL (R, pacote ARDL). Nota: λ = coeficiente do termo de correção de erro (esperado negativo e significativo); d(t) = primeira diferença (impacto contemporâneo); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice E — Tabela 4: Resultados ECM de curto prazo — Brasil → Países Baixos								
Coeficientes d(t) = impacto contemporâneo Período: 2016-2024								
	N	R²	λ	Sig	Impacto imediato d(t)			
					Preço	Renda	Câmbio	Vol.
03 - Pescados	108	0.322	-0.488	***	-0.690	—	-6.261	—
07 - Hortaliças	108	0.154	-0.456	***	-0.044	—	2.241	0.456
08 - Frutas	108	0.602	-0.767	***	1.365	1.890	-0.655	-0.243
17 - Açúcares	108	0.282	-0.507	***	—	—	-1.023	0.238
22 - Bebidas	108	0.344	-0.842	***	-0.595	—	—	—
27 - Combustíveis	108	0.391	-0.715	***	0.543	-16.736	-1.058	—
39 - Plásticos	108	0.139	-0.245	***	—	—	-0.435	—
68 - Gesso	108	0.300	-0.247	***	0.679	—	0.476	-0.521
76 - Alumínio	104	0.303	-0.470	***	1.196	5.834	—	—
84 - Máq. Mecânicas	108	0.416	-0.746	***	—	0.892	4.318	—
85 - Mat. Elétricos	108	0.352	-0.779	***	—	—	—	0.725
87 - Veículos	108	0.393	-0.580	***	—	11.254	—	—

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos modelos ECM derivados do ARDL (R, pacote ARDL). Nota: λ = coeficiente do termo de correção de erro (esperado negativo e significativo); d(t) = primeira diferença (impacto contemporâneo); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice E — Tabela 5: Resultados ECM de curto prazo — Brasil → Singapura								
Coeficientes d(t) = impacto contemporâneo Período: 2016-2024								
	N	R²	λ	Sig	Impacto imediato d(t)			
					Preço	Renda	Câmbio	Vol.
03 - Pescados	108	0.443	-0.624	***	-0.163	—	—	0.085
07 - Hortaliças	80	0.574	-0.819	***	-0.374	—	—	-0.991
08 - Frutas	99	0.502	-0.887	***	—	-1.615	—	2.201
17 - Açúcares	93	0.352	-0.681	***	0.894	—	8.111	—
22 - Bebidas	91	0.343	-0.433	***	-0.450	-4.632	—	—
27 - Combustíveis	108	0.420	-0.935	***	—	1.842	—	—
39 - Plásticos	108	0.225	-0.405	***	—	—	2.251	—
68 - Gesso	108	0.450	-0.884	***	1.637	—	15.487	-0.611
76 - Alumínio	108	0.526	-1.573	***	1.332	—	—	—
84 - Máq. Mecânicas	108	0.555	-1.133	***	—	—	2.217	—
85 - Mat. Elétricos	108	0.593	-0.910	***	0.105	15.434	-2.977	0.971
87 - Veículos	0	—	—	—	—	—	—	—

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos modelos ECM derivados do ARDL (R, pacote ARDL). Nota: λ = coeficiente do termo de correção de erro (esperado negativo e significativo); d(t) = primeira diferença (impacto contemporâneo); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice E — Tabela 8: Resultados ECM de curto prazo — Pernambuco → China								
Coeficientes d(t) = impacto contemporâneo Período: 2016-2024								
	N	R²	λ	Sig	Impacto Imediato d(t)			
					Preço	Renda	Câmbio	Vol.
03 - Pescados	50	0.668	-0.970	***	1.993	7.006	—	-2.901
07 - Hortaliças	11	—	—	—	—	—	—	—
08 - Frutas	13	—	—	—	—	—	—	—
17 - Açúcares	4	—	—	—	—	—	—	—
22 - Bebidas	9	—	—	—	—	—	—	—
27 - Combustíveis	13	—	—	—	—	—	—	—
39 - Plásticos	33	0.953	-2.313	NS	-2.736	-11.729	20.781	-0.460
68 - Gesso	32	0.911	-2.474	***	-0.488	1.981	-6.965	6.990
76 - Alumínio	10	—	—	—	—	—	—	—
84 - Máq. Mecânicas	10	—	—	—	—	—	—	—
85 - Mat. Elétricos	31	0.497	-0.260	NS	-0.425	-1.142	-5.603	-2.719
87 - Veículos	16	—	—	—	—	—	—	—

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos modelos ECM derivados do ARDL (R, pacote ARDL). Nota: λ = coeficiente do termo de correção de erro (esperado negativo e significativo); d(t) = primeira diferença (impacto contemporâneo); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice E — Tabela 9: Resultados ECM de curto prazo — Pernambuco → Países Baixos								
Coeficientes d(t) = impacto contemporâneo Período: 2016-2024								
	N	R²	λ	Sig	Impacto Imediato d(t)			
					Preço	Renda	Câmbio	Vol.
03 - Pescados	1	—	—	—	—	—	—	—
07 - Hortaliças	63	0.659	-1.042	***	1.187	—	2.287	-0.446
08 - Frutas	108	0.593	-0.846	***	1.248	—	—	—
17 - Açúcares	63	0.772	-0.779	***	—	-2.804	-5.461	—
22 - Bebidas	94	0.711	-0.725	***	-2.038	7.722	-2.236	0.202
27 - Combustíveis	30	0.942	-3.386	***	-6.202	-113.345	-17.473	1.056
39 - Plásticos	18	—	—	—	—	—	—	—
68 - Gesso	35	0.754	-1.785	NS	-1.466	22.206	10.710	3.623
76 - Alumínio	48	0.692	-0.985	***	—	10.683	-1.977	-0.867
84 - Máq. Mecânicas	17	—	—	—	—	—	—	—
85 - Mat. Elétricos	10	—	—	—	—	—	—	—
87 - Veículos	1	—	—	—	—	—	—	—

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos modelos ECM derivados do ARDL (R, pacote ARDL). Nota: λ = coeficiente do termo de correção de erro (esperado negativo e significativo); d(t) = primeira diferença (impacto contemporâneo); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

Apêndice E — Tabela 10: Resultados ECM de curto prazo — Pernambuco → Singapura								
Coeficientes d(t) = impacto contemporâneo Período: 2016-2024								
	N	R²	λ	Sig	Impacto Imediato d(t)			
					Preço	Renda	Câmbio	Vol.
03 - Pescados	40	0.583	-1.153	***	—	-1.356	—	—
07 - Hortaliças	46	0.649	-1.350	***	—	—	—	—
08 - Frutas	48	0.720	-0.857	***	0.306	0.503	12.300	-1.922
17 - Açúcares	33	0.875	-3.429	***	-1.818	-23.291	17.398	-0.991
22 - Bebidas	45	0.486	-1.147	***	-0.872	14.480	—	-1.682
27 - Combustíveis	78	0.861	-0.913	***	-5.046	—	-5.026	-0.701
39 - Plásticos	23	—	—	—	—	—	—	—
68 - Gesso	2	—	—	—	—	—	—	—
76 - Alumínio	3	—	—	—	—	—	—	—
84 - Máq. Mecânicas	10	—	—	—	—	—	—	—
85 - Mat. Elétricos	13	—	—	—	—	—	—	—
87 - Veículos	0	—	—	—	—	—	—	—

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos modelos ECM derivados do ARDL (R, pacote ARDL). Nota: λ = coeficiente do termo de correção de erro (esperado negativo e significativo); d(t) = primeira diferença (impacto contemporâneo); Sig: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10, NS = não significativo; Sombreamento azul claro = interação primária; cinza claro = secundária (cf. Gráfico 14, Cap. 4).

APÊNDICE F - TESTES DE RAIZ UNITÁRIA

Resultados dos testes que determinam a ordem de integração de cada série e, com isso, justificam o emprego do modelo ARDL.

Para cada série reportam-se o teste ADF (p-valor em nível e em primeira diferença) e o teste de Zivot-Andrews, que admite uma quebra estrutural e indica o respectivo ponto de quebra, além da classificação final em $I(0)$, $I(1)$ ou $I(2)$. Quando ADF e Zivot-Andrews divergem, prevalece o veredicto deste último, por incorporar a quebra; séries $I(2)$ são sinalizadas, pois não são admitidas pela abordagem ARDL.

Brasil (Tabelas 1–5). Ordens de integração das séries nacionais por destino.

Apêndice F — Tabela 1: Testes de raiz unitária — Brasil → Estados Unidos

ADF (p-valor em nível e diferença) e Zivot-Andrews (com quebra estrutural) | Período: 2016-2024

Variável	ADF		Ordem	Zivot-Andrews		
	p(Nível)	p(Δ)		Estat.	Quebra	Final
03						
ln(PR)	0.010	0.010	I(0)	-9.293*	51	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-5.419*	53	I(0)
ln(Y)	0.145	0.010	I(1)	-5.470*	50	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
07						
ln(PR)	0.342	0.010	I(1)	-5.506*	49	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.056	0.010	I(1)	-7.927*	30	I(1)
ln(Y)	0.145	0.010	I(1)	-5.470*	50	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
08						
ln(PR)	0.010	0.010	I(0)	-7.532*	19	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-4.541	97	I(0)
ln(Y)	0.145	0.010	I(1)	-5.470*	50	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
17						
ln(PR)	0.448	0.010	I(1)	-5.309*	19	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.047	0.010	I(0)	-8.046*	60	I(0)
ln(Y)	0.145	0.010	I(1)	-5.470*	50	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
22						
ln(PR)	0.059	0.010	I(1)	-8.024*	74	I(1)
ln(V)	0.586	0.010	I(1)	-3.880	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-9.422*	58	I(0)
ln(Y)	0.139	0.010	I(1)	-5.257*	50	I(1)
ln(e)	0.523	0.010	I(1)	-4.505	49	I(1)
27						
ln(PR)	0.010	0.010	I(0)	-8.484*	4	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-8.989*	48	I(0)
ln(Y)	0.145	0.010	I(1)	-5.470*	50	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
39						
ln(PR)	0.437	0.010	I(1)	-4.773	50	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-4.956	30	I(0)
ln(Y)	0.145	0.010	I(1)	-5.470*	50	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
68						
ln(PR)	0.255	0.010	I(1)	-9.601*	60	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-7.826*	54	I(0)
ln(Y)	0.145	0.010	I(1)	-5.470*	50	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
76						
ln(PR)	0.010	0.010	I(0)	-9.222*	7	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.020	0.010	I(0)	-7.861*	74	I(0)
ln(Y)	0.145	0.010	I(1)	-5.470*	50	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
84						
ln(PR)	0.010	0.010	I(0)	-5.485*	64	I(0)
ln(V)	0.584	0.010	I(1)	-3.875	33	I(1)
ln(X)	0.471	0.010	I(1)	-10.952*	44	I(1)
ln(Y)	0.112	0.010	I(1)	-5.441*	49	I(1)
ln(e)	0.584	0.010	I(1)	-4.504	48	I(1)
85						
ln(PR)	0.495	0.010	I(1)	-7.809*	31	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.088	0.010	I(1)	-9.809*	38	I(1)
ln(Y)	0.145	0.010	I(1)	-5.470*	50	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
87						
ln(PR)	0.766	0.010	I(1)	-7.587*	94	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.106	0.010	I(1)	-8.978*	44	I(1)
ln(Y)	0.145	0.010	I(1)	-5.470*	50	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos testes ADF (pacote tsver) e Zivot-Andrews (pacote urcal) executados no R. Nota: ADF — p<0.05 rejeita H₀ de raiz unitária ZA — valor crítico a 5% = -5.080 (constante para n=108); asterisco (*) indica rejeição de H₀ com permissão de quebra estrutural endógena Quebra = observação (mês) identificada como ponto de ruptura Ordem Final — prevalece o resultado ADF quando I(0) ou I(1); se ADF apontar I(2), o ZA é priorizado (correção de quebra estrutural).

Apêndice F — Tabela 2: Testes de raiz unitária — Brasil → Argentina

ADF (p-valor em nível e diferença) e Zivot-Andrews (com quebra estrutural) | Período: 2016-2024

Variável	ADF			Zivot-Andrews		
	p(Nível)	p(Δ)	Ordem	Estat.	Quebra	Final
03						
ln(PR)	0.547	0.017	I(1)	-773646356504474.125*	45	I(1)
ln(V)	0.609	0.016	I(1)	-3.833	38	I(1)
ln(X)	0.042	0.010	I(0)	-9.584*	14	I(0)
ln(Y)	0.509	0.017	I(1)	-2.705	43	I(1)
ln(e)	0.525	0.010	I(1)	-4.880	37	I(1)
07						
ln(PR)	0.629	0.010	I(1)	-837900175923083.500*	49	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-8.792*	3	I(0)
ln(Y)	0.510	0.014	I(1)	-2.514	56	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
08						
ln(PR)	0.222	0.010	I(1)	-6.046*	23	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.090	0.010	I(1)	-5.021	16	I(1)
ln(Y)	0.510	0.014	I(1)	-2.514	56	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
22						
ln(PR)	0.147	0.010	I(1)	-5.019	83	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.011	0.010	I(0)	-5.979*	16	I(0)
ln(Y)	0.510	0.014	I(1)	-2.514	56	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
27						
ln(PR)	0.165	0.010	I(1)	-3.630	62	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.100	0.010	I(1)	-8.682*	74	I(1)
ln(Y)	0.510	0.014	I(1)	-2.514	56	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
39						
ln(PR)	0.010	0.010	I(0)	-7.954*	58	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.393	0.010	I(1)	-7.316*	83	I(1)
ln(Y)	0.510	0.014	I(1)	-2.514	56	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
68						
ln(PR)	0.922	0.010	I(1)	-6.219*	50	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.239	0.010	I(1)	-8.354*	55	I(1)
ln(Y)	0.510	0.014	I(1)	-2.514	56	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
76						
ln(PR)	0.035	0.010	I(0)	-6.928*	29	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.603	0.010	I(1)	-9.684*	64	I(1)
ln(Y)	0.510	0.014	I(1)	-2.514	56	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
84						
ln(PR)	0.010	0.010	I(0)	-7.542*	8	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.564	0.010	I(1)	-4.404	28	I(1)
ln(Y)	0.510	0.014	I(1)	-2.514	56	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
85						
ln(PR)	0.071	0.010	I(1)	-8.849*	99	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-5.432*	61	I(0)
ln(Y)	0.510	0.014	I(1)	-2.514	56	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
87						
ln(PR)	0.265	0.010	I(1)	-7.439*	51	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.514	0.010	I(1)	-6.396*	32	I(1)
ln(Y)	0.510	0.014	I(1)	-2.514	56	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos testes ADF (pacote tsseries) e Zivot-Andrews (pacote urca) executados no R. Nota: ADF — $p < 0.05$ rejeita H_0 de raiz unitária; ZA — valor crítico a 5% = -5.080 (constante para $n=100$); asterisco (*) indica rejeição de H_0 com permissão de quebra estrutural endógena; Quebra = observação (mês) identificada como ponto de ruptura; Ordem Final — prevalece o resultado ADF quando I(0) ou I(1); se ADF apontar I(2), o ZA é priorizado (correção de quebra estrutural).

Apêndice F — Tabela 4: Testes de raiz unitária — Brasil — Países Baixos

ADF (p-valor em nível e diferença) e Zivot-Andrews (com quebra estrutural) | Período: 2016-2024

Variável	ADF			Zivot-Andrews		
	p(Nível)	p(Δ)	Ordem	Estat.	Quebra	Final
03						
ln(PR)	0.658	0.010	I(1)	-1139654566852007.000*	81	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.224	0.010	I(1)	-8.989*	14	I(1)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-3.213	62	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
07						
ln(PR)	0.195	0.010	I(1)	-7.175*	41	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-6.109*	66	I(0)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-3.213	62	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
08						
ln(PR)	0.010	0.010	I(0)	-4.818	7	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-4.544	12	I(0)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-3.213	62	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
17						
ln(PR)	0.017	0.010	I(0)	-10.716*	94	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.045	0.010	I(0)	-7.269*	55	I(0)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-3.213	62	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
22						
ln(PR)	0.083	0.010	I(1)	-8.135*	76	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.016	0.010	I(0)	-7.987*	97	I(0)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-3.213	62	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
27						
ln(PR)	0.657	0.010	I(1)	-7.571*	101	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-9.899*	24	I(0)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-3.213	62	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
39						
ln(PR)	0.080	0.010	I(1)	-5.051	86	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.401	0.010	I(1)	-7.339*	60	I(1)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-3.213	62	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
68						
ln(PR)	0.698	0.010	I(1)	-4.263	16	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.590	0.010	I(1)	-8.254*	59	I(1)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-3.213	62	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
76						
ln(PR)	0.070	0.010	I(1)	-7.048*	35	I(1)
ln(V)	0.509	0.010	I(1)	-3.833	31	I(1)
ln(X)	0.175	0.010	I(1)	-7.327*	20	I(1)
ln(Y)	0.391	0.010	I(1)	-3.261	58	I(1)
ln(e)	0.666	0.010	I(1)	-4.985	45	I(1)
84						
ln(PR)	0.082	0.010	I(1)	-5.282*	60	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.215	0.010	I(1)	-8.720*	29	I(1)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-3.213	62	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
85						
ln(PR)	0.965	0.010	I(1)	-4.860	39	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.030	0.010	I(0)	-8.065*	25	I(0)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-3.213	62	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
87						
ln(PR)	0.990	0.990	I(2)?	-90216094813812896.000*	3	I(0) com Quebra
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.084	0.010	I(1)	-7.791*	30	I(1)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-3.213	62	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos testes ADF (pacote tsver) e Zivot-Andrews (pacote urca) executados no R. Nota: ADF — p<0.05 rejeita H₀ de raiz unitária ZA — valor crítico a 5% = -5.080 (constante para n=108); asterisco (*) indica rejeição de H₀ com permissão de quebra estrutural endógena; Quebra = observação (mês) identificada como ponto de ruptura; Ordem Final — prevalece o resultado ADF quando I(0) ou I(1); se ADF apontar I(2), o ZA é priorizado (correção de quebra estrutural).

Apêndice F — Tabela 5: Testes de raiz unitária — Brasil → Singapura						
ADF (p-valor em nível e diferença) e Zivot-Andrews (com quebra estrutural) Período: 2016-2024						
Variável	ADF			Zivot-Andrews		
	p(Nível)	p(Δ)	Ordem	Estat.	Quebra	Final
03						
ln(PR)	0.323	0.010	I(1)	-5.736*	70	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(Q)	0.084	0.010	I(1)	-9.924*	33	I(1)
ln(Y)	0.199	0.010	I(1)	-7.817*	49	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
07						
ln(PR)	0.227	0.020	I(1)	-4.971	44	I(1)
ln(V)	0.099	0.010	I(1)	-3.714	22	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-17.817*	5	I(0)
ln(Y)	0.238	0.010	I(1)	-6.963*	28	I(1)
ln(e)	0.814	0.029	I(1)	-4.074	21	I(1)
08						
ln(PR)	0.010	0.010	I(0)	-5.610*	73	I(0)
ln(V)	0.541	0.010	I(1)	-4.099	41	I(1)
ln(Q)	0.037	0.010	I(0)	-11.425*	24	I(0)
ln(Y)	0.197	0.010	I(1)	-7.715*	40	I(1)
ln(e)	0.744	0.010	I(1)	-5.000	40	I(1)
17						
ln(PR)	0.642	0.010	I(1)	-6.264*	25	I(1)
ln(V)	0.496	0.020	I(1)	-3.937	35	I(1)
ln(Q)	0.350	0.010	I(1)	-7.657*	74	I(1)
ln(Y)	0.181	0.010	I(1)	-6.807*	34	I(1)
ln(e)	0.703	0.010	I(1)	-4.496	34	I(1)
22						
ln(PR)	0.031	0.010	I(0)	-6.249*	32	I(0)
ln(V)	0.537	0.031	I(1)	-3.948	33	I(1)
ln(Q)	0.097	0.010	I(1)	-7.730*	78	I(1)
ln(Y)	0.198	0.010	I(1)	-6.843*	32	I(1)
ln(e)	0.668	0.010	I(1)	-4.400	32	I(1)
27						
ln(PR)	0.012	0.010	I(0)	-8.767*	103	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.083	0.010	I(1)	-10.499*	8	I(1)
ln(Y)	0.199	0.010	I(1)	-7.817*	49	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
39						
ln(PR)	0.186	0.010	I(1)	-5.926*	9	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(Q)	0.481	0.010	I(1)	-7.157*	36	I(1)
ln(Y)	0.199	0.010	I(1)	-7.817*	49	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
68						
ln(PR)	0.585	0.010	I(1)	-406.147*	53	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(Q)	0.034	0.010	I(0)	-10.038*	39	I(0)
ln(Y)	0.199	0.010	I(1)	-7.817*	49	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
76						
ln(PR)	0.012	0.010	I(0)	-5.497*	41	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(Q)	0.010	0.010	I(0)	-12.921*	103	I(0)
ln(Y)	0.199	0.010	I(1)	-7.817*	49	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
84						
ln(PR)	0.303	0.010	I(1)	-4.565	67	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-12.177*	74	I(0)
ln(Y)	0.199	0.010	I(1)	-7.817*	49	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
85						
ln(PR)	0.167	0.015	I(1)	-3.828	57	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(Q)	0.138	0.010	I(1)	-11.199*	56	I(1)
ln(Y)	0.199	0.010	I(1)	-7.817*	49	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos testes ADF (pacote tsutils) e Zivot-Andrews (pacote urcal) executados no R. Nota: ADF — p<0.05 rejeita H0 de raiz unitária; ZA — valor crítico a 5% = -5.080 (constante para n=108); asterisco (*) indica rejeição de H0 com permissão de quebra estrutural endógena. Quebra e observação (lna) identificada como ponto de ruptura; Ordem Final — prevalece o resultado ADF quando I(0) ou I(1); se ADF apontar I(2), o ZA é priorizado (correção de quebra estrutural).

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos testes ADF (pacote tseries) e Zivot-Andrews (pacote urcal) executados no R. Nota: ADF — p<0.05 rejeita H₀ de raiz unitária; ZA — valor crítico a 5% = -5.080 (constante para n=108); asterisco (*) indica rejeição de H₀ com permissão de quebra estrutural endógena; Quebra = observação (mês) identificada como ponto de ruptura; Ordem Final — prevalece o resultado ADF quando I(0) ou I(1); se ADF apontar I(2), o ZA é priorizado (correção de quebra estrutural).

Pernambuco (Tabelas 6–10). Ordens de integração das séries estaduais por destino.

Variável	ADF			Zivot-Andrews		
	p(Nível)	p(Δ)	Ordem	Estat.	Quebra	Final
08						
ln(PRI)	0.138	0.010	I(1)	-6.264*	14	I(1)
ln(V)	0.824	0.028	I(1)	-4.665	34	I(1)
ln(X)	0.016	0.010	I(0)	-7.071*	46	I(0)
ln(Y)	0.541	0.034	I(1)	-2.893	39	I(1)
ln(e)	0.745	0.031	I(1)	-3.868	34	I(1)
22						
ln(PRI)	0.078	0.023	I(1)	—	—	I(1)
ln(V)	0.704	0.132	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(X)	0.379	0.031	I(1)	—	—	I(1)
ln(Y)	0.608	0.420	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(e)	0.855	0.013	I(1)	—	—	I(1)
27						
ln(PRI)	0.348	0.163	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(V)	0.644	0.325	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(X)	0.204	0.020	I(1)	—	—	I(1)
ln(Y)	0.625	0.320	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(e)	0.166	0.096	I(2)?	—	—	I(2)?
39						
ln(PRI)	0.010	0.010	I(0)	-7.954*	58	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.014	0.010	I(0)	-6.612*	84	I(0)
ln(Y)	0.510	0.014	I(1)	-2.514	56	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
76						
ln(PRI)	0.033	0.010	I(0)	-6.924*	29	I(0)
ln(V)	0.596	0.010	I(1)	-3.852	33	I(1)
ln(X)	0.032	0.010	I(0)	-6.655*	80	I(0)
ln(Y)	0.544	0.013	I(1)	-2.508	56	I(1)
ln(e)	0.568	0.010	I(1)	-4.525	49	I(1)
84						
ln(PRI)	0.434	0.010	I(1)	-9.686*	35	I(1)
ln(V)	0.642	0.036	I(1)	-4.515	36	I(1)
ln(X)	0.064	0.010	I(1)	-9.291*	53	I(1)
ln(Y)	0.539	0.010	I(1)	-4.108	43	I(1)
ln(e)	0.733	0.010	I(1)	-5.075	35	I(1)
85						
ln(PRI)	0.071	0.010	I(1)	-8.849*	99	I(1)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-7.076*	61	I(0)
ln(Y)	0.510	0.014	I(1)	-2.514	56	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
87						
ln(PRI)	0.434	0.010	I(1)	-7.702*	49	I(1)
ln(V)	0.605	0.010	I(1)	-3.928	33	I(1)
ln(X)	0.033	0.010	I(0)	-9.954*	71	I(0)
ln(Y)	0.487	0.016	I(1)	-2.753	55	I(1)
ln(e)	0.556	0.010	I(1)	-4.405	47	I(1)

Variável	ADF			Zivot-Andrews		
	p(Nível)	p(Δ)	Ordem	Estat.	Quebra	Final
03						
ln(PR)	0.131	0.010	I(1)	-6.747*	17	I(1)
ln(V)	0.049	0.013	I(0)	-3.652	13	I(0)
ln(X)	0.018	0.010	I(0)	-7.788*	7	I(0)
ln(Y)	0.068	0.010	I(1)	-5.792*	6	I(1)
ln(e)	0.702	0.011	I(1)	-4.851	13	I(1)
39						
ln(PR)	0.150	0.010	I(1)	—	—	I(1)
ln(V)	0.624	0.010	I(1)	—	—	I(1)
ln(X)	0.283	0.121	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(Y)	0.357	0.010	I(1)	—	—	I(1)
ln(e)	0.577	0.249	I(2)?	—	—	I(2)?
68						
ln(PR)	0.480	0.675	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(V)	0.793	0.902	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(X)	0.340	0.010	I(1)	—	—	I(1)
ln(Y)	0.038	0.010	I(0)	—	—	I(0)
ln(e)	0.902	0.538	I(2)?	—	—	I(2)?
85						
ln(PR)	0.010	0.010	I(0)	—	—	I(0)
ln(V)	0.868	0.338	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(X)	0.106	0.010	I(1)	—	—	I(1)
ln(Y)	0.305	0.275	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(e)	0.722	0.509	I(2)?	—	—	I(2)?

Variável	ADF			Zivot-Andrews		Final
	p(Nível)	p(Δ)	Ordem	Estat.	Quebra	
07						
ln(PRI)	0.196	0.010	I(1)	-7.029*	14	I(1)
ln(V)	0.377	0.010	I(1)	-4.011	20	I(1)
ln(X)	0.059	0.010	I(1)	-8.592*	17	I(1)
ln(Y)	0.358	0.016	I(1)	-3.557	29	I(1)
ln(e)	0.619	0.010	I(1)	-4.389	20	I(1)
08						
ln(PRI)	0.010	0.010	I(0)	-4.818	7	I(0)
ln(V)	0.602	0.010	I(1)	-3.860	33	I(1)
ln(X)	0.010	0.010	I(0)	-5.546*	96	I(0)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-3.213	62	I(1)
ln(e)	0.576	0.010	I(1)	-4.539	49	I(1)
17						
ln(PRI)	0.043	0.010	I(0)	-11.810*	53	I(0)
ln(V)	0.520	0.024	I(1)	-4.096	19	I(1)
ln(X)	0.213	0.010	I(1)	-9.143*	20	I(1)
ln(Y)	0.465	0.010	I(1)	-3.682	29	I(1)
ln(e)	0.456	0.038	I(1)	-4.691	19	I(1)
22						
ln(PRI)	0.096	0.010	I(1)	-8.406*	67	I(1)
ln(V)	0.733	0.017	I(1)	-3.813	32	I(1)
ln(X)	0.028	0.010	I(0)	-6.941*	74	I(0)
ln(Y)	0.381	0.010	I(1)	-3.380	58	I(1)
ln(e)	0.472	0.019	I(1)	-4.566	46	I(1)
27						
ln(PRI)	0.961	0.498	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(V)	0.899	0.494	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(X)	0.957	0.294	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(Y)	0.535	0.211	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(e)	0.149	0.088	I(2)?	—	—	I(2)?
68						
ln(PRI)	0.177	0.109	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(V)	0.613	0.440	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(X)	0.055	0.010	I(1)	—	—	I(1)
ln(Y)	0.516	0.602	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(e)	0.533	0.330	I(2)?	—	—	I(2)?
76						
ln(PRI)	0.228	0.010	I(1)	-8.763*	15	I(1)
ln(V)	0.682	0.010	I(1)	-3.837	21	I(1)
ln(X)	0.066	0.010	I(1)	-7.313*	15	I(1)
ln(Y)	0.657	0.244	I(2)?	-3.494	21	I(1) com Quebra
ln(e)	0.772	0.109	I(2)?	-4.838	21	I(1) com Quebra

Apêndice F — Tabela 10: Testes de raiz unitária — Pernambuco → Singapura

ADF (p-valor em nível e diferença) e Zivot-Andrews (com quebra estrutural) | Período: 2016–2024

Variável	ADF			Zivot-Andrews		
	p(Nível)	p(Δ)	Ordem	Estat.	Quebra	Final
03						
ln(PR)	0.241	0.010	I(1)	-6.332*	22	I(1)
ln(V)	0.492	0.043	I(1)	-4.253	9	I(1)
ln(X)	0.026	0.010	I(0)	-8.913*	22	I(0)
ln(Y)	0.508	0.010	I(1)	-7.186*	10	I(1)
ln(e)	0.517	0.249	I(2)?	-4.364	9	I(1) com Quebra
07						
ln(PR)	0.370	0.025	I(1)	-6.167*	30	I(1)
ln(V)	0.561	0.059	I(2)?	-4.404	12	I(1) com Quebra
ln(X)	0.392	0.010	I(1)	-10.159*	32	I(1)
ln(Y)	0.218	0.010	I(1)	-6.646*	11	I(1)
ln(e)	0.543	0.139	I(2)?	-3.588	12	I(1) com Quebra
08						
ln(PR)	0.168	0.010	I(1)	-7.171*	32	I(1)
ln(V)	0.434	0.076	I(2)?	-4.108	12	I(1) com Quebra
ln(X)	0.163	0.010	I(1)	-12.141*	32	I(1)
ln(Y)	0.128	0.010	I(1)	-6.577*	11	I(1)
ln(e)	0.533	0.035	I(1)	-3.538	12	I(1)
17						
ln(PR)	0.332	0.034	I(1)	—	—	I(1)
ln(V)	0.672	0.070	I(2)?	—	—	I(2)?
ln(X)	0.038	0.011	I(0)	—	—	I(0)
ln(Y)	0.472	0.018	I(1)	—	—	I(1)
ln(e)	0.576	0.494	I(2)?	—	—	I(2)?
22						
ln(PR)	0.775	0.010	I(1)	-7.084*	20	I(1)
ln(V)	0.380	0.010	I(1)	-4.368	12	I(1)
ln(X)	0.767	0.010	I(1)	-12.393*	11	I(1)
ln(Y)	0.383	0.010	I(1)	-7.085*	11	I(1)
ln(e)	0.651	0.136	I(2)?	-3.298	12	I(1) com Quebra
27						
ln(PR)	0.048	0.010	I(0)	-10.555*	23	I(0)
ln(V)	0.641	0.047	I(1)	-3.823	32	I(1)
ln(X)	0.285	0.010	I(1)	-10.238*	23	I(1)
ln(Y)	0.433	0.010	I(1)	-7.051*	31	I(1)
ln(e)	0.652	0.052	I(2)?	-5.717*	32	I(0) com Quebra

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos testes ADF (pacote lseries) e Zivot-Andrews (pacote urca) executados no R. Nota: ADF — $p < 0.05$ rejeita H_0 de raiz unitária; ZA — valor crítico a 5% = -5,080 (constante para $n=108$); asterisco (*) indica rejeição de H_0 com permissão de quebra estrutural endógena; Quebra = observação (mês) identificada como ponto de ruptura; Ordem Final — prevalece o resultado ADF quando I(0) ou I(1); se ADF apontar I(2), o ZA é priorizado (correção de quebra estrutural).

APÊNDICE G - DIAGNÓSTICO ESTATÍSTICO DOS RESÍDUOS ARDL

Bateria completa de validação dos resíduos de cada modelo ARDL, apresentada com todos os valores numéricos (estatísticas de teste e p-valores), para auditoria estatística.

Cada coluna corresponde a um teste: Shapiro-Wilk (SW) e Jarque-Bera (JB) para normalidade; Ljung-Box (LB) e Breusch-Godfrey (BG) para autocorrelação serial; Breusch-Pagan (BP) e ARCH-LM para heterocedasticidade. Reportam-se a estatística e o p-valor de cada teste; p-valores superiores a 0,05 indicam que a hipótese nula de resíduos bem-comportados não é rejeitada, isto é, que o modelo passou no diagnóstico.

Brasil (Tabelas 1–5). Diagnóstico numérico completo dos modelos nacionais por destino.

Apêndice G — Tabela 1: Diagnóstico estatístico completo dos resíduos ARDL — Brasil → Argentina												
Estatísticas e p-valores dos testes diagnósticos Período: 2016–2024												
	Shapiro-Wilk			Jarque-Bera		Ljung-Box		Breusch-Godfrey		Breusch-Pagan		ARCH-LM
	N	W	p	JB	p	Q	p	LM	p	BP	p	p
03 - Pescados	94	0,8758	0,0000	10,3399	0,0057	16,0498	0,1890*	17,3937	0,1354*	9,1666	0,6065*	0,5192*
07 - Hortaliças	108	0,9013	0,7496*	0,1002	0,9511*	19,4662	0,0779*	24,3794	0,0181	21,8623	0,2912*	0,9061*
08 - Frutas	108	0,9790	0,0884*	7,3977	0,0248	12,2312	0,4273*	11,6713	0,4724*	16,8988	0,0047	0,2114*
22 - Bebidas	108	0,9824	0,1838*	6,1759	0,0456	8,4430	0,7496*	12,7253	0,3893*	19,5951	0,1880*	0,5477*
27 - Combustíveis	108	0,9549	0,0014	0,4138	0,8131*	10,5416	0,5686*	10,9644	0,5320*	14,0885	0,1690*	0,7540*
39 - Plásticos	108	0,9807	0,1219*	0,4391	0,8029*	15,4936	0,2155*	14,7505	0,2554*	10,0291	0,1234*	0,0261
68 - Gesso	108	0,9868	0,3914*	0,1014	0,9506*	10,0809	0,6089*	11,7737	0,4640*	29,3487	0,0058	0,9068*
76 - Alumínio	108	0,9860	0,3282*	0,6034	0,7395*	10,2692	0,5924*	11,9852	0,4469*	2,2380	0,9728*	0,9723*
84 - Máq. Mecânicas	108	0,9577	0,0019	25,5966	0,0000	11,8293	0,4602*	10,3286	0,5871*	14,0611	0,0602*	0,3744*
85 - Mat. Elétricos	108	0,9882	0,4725*	0,8657	0,6497*	28,9469	0,0040	26,4233	0,0093	20,0089	0,0028	0,6231*
87 - Veículos	108	0,9848	0,2689*	3,6976	0,1574*	16,7729	0,1583*	14,6552	0,2608*	10,2750	0,2463*	0,2704*

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos dos modelos ARDL estimados no R. Nota: SW = Shapiro-Wilk e JB = Jarque-Bera (normalidade); Q = Ljung-Box e LM = Breusch-Godfrey (autocorrelação serial); BP = Breusch-Pagan e ARCH-LM (heterocedasticidade); asterisco (*) no p-valor indica não-rejeição de H_0 a 5% (premissa atendida) para síntese visual. cf. Apêndice G.

Apêndice G — Tabela 2: Diagnóstico estatístico completo dos resíduos ARDL — Brasil → China												
Estatísticas e p-valores dos testes diagnósticos Período: 2016–2024												
	Shapiro-Wilk			Jarque-Bera		Ljung-Box		Breusch-Godfrey		Breusch-Pagan		ARCH-LM
	N	W	p	JB	p	Q	p	LM	p	BP	p	p
03 - Pescados	108	0,9509	0,0007	27,7615	0,0000	11,2792	0,5052*	17,0862	0,1464*	8,8219	0,5491*	0,6161*
07 - Hortaliças	86	0,8527	0,0000	111,2822	0,0000	13,2247	0,3529*	32,9422	0,0010	47,0972	0,0000	0,9825*
08 - Frutas	99	0,8773	0,0000	269,3235	0,0000	14,2110	0,2874*	16,0276	0,1900*	7,2343	0,7798*	0,8852*
17 - Açúcares	108	0,9411	0,0002	26,2448	0,0000	21,0911	0,0491	22,1389	0,0360	27,7907	0,0152	0,0090
22 - Bebidas	106	0,9744	0,0446	12,1654	0,0023	12,8012	0,3837*	12,9346	0,3738*	22,1426	0,0233	0,0090
27 - Combustíveis	108	0,9869	0,3994*	0,1725	0,9173*	10,4994	0,5722*	11,1739	0,5141*	9,7789	0,7782*	0,5692*
39 - Plásticos	107	0,9892	0,5761*	1,8635	0,3939*	17,0488	0,1478*	17,1638	0,1435*	16,1755	0,5114*	0,5618*
68 - Gesso	108	0,9671	0,0109	11,2269	0,0036	8,1019	0,7771*	9,7779	0,6354*	18,1380	0,3802*	0,9660*
76 - Alumínio	108	0,9493	0,0006	62,1792	0,0000	14,5788	0,2653*	19,4402	0,0784*	12,8512	0,6803*	0,9951*
84 - Máq. Mecânicas	108	0,9053	0,0000	67,2277	0,0000	9,9160	0,6321*	9,0272	0,7006*	7,5480	0,7531*	0,5415*
85 - Mat. Elétricos	108	0,9872	0,4147*	2,4410	0,2951*	6,3247	0,8988*	7,1613	0,8468*	5,9926	0,7407*	0,8482*
87 - Veículos	108	0,9760	0,0540*	10,2728	0,0059	5,8416	0,9239*	7,4976	0,8231*	7,3727	0,6899*	0,5537*

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos dos modelos ARDL estimados no R. Nota: SW = Shapiro-Wilk e JB = Jarque-Bera (normalidade); Q = Ljung-Box e LM = Breusch-Godfrey (autocorrelação serial); BP = Breusch-Pagan e ARCH-LM (heterocedasticidade); asterisco (*) no p-valor indica não-rejeição de H_0 a 5% (premissa atendida) para síntese visual. cf. Apêndice G.

Apêndice G — Tabela 3: Diagnóstico estatístico completo dos resíduos ARDL — Brasil → Países Baixos												
Estatísticas e p-valores dos testes diagnósticos Período: 2016–2024												
	Shapiro-Wilk			Jarque-Bera		Ljung-Box		Breusch-Godfrey		Breusch-Pagan		ARCH-LM
	N	W	p	JB	p	Q	p	LM	p	BP	p	p
03 - Pescados	108	0,9842	0,2540*	5,4482	0,0656*	13,9120	0,3064*	28,6585	0,0044	20,4476	0,0591*	0,3216*
07 - Hortaliças	108	0,9762	0,0572*	6,7035	0,0350	27,4951	0,0066	25,1766	0,0140	15,5658	0,3406*	0,1017*
08 - Frutas	108	0,9819	0,1683*	2,6641	0,2639*	7,2206	0,8427*	35,3716	0,0004	29,6506	0,1966*	0,9429*
17 - Açúcares	108	0,9921	0,8109*	0,0497	0,9754*	16,2418	0,1804*	21,7474	0,0405	28,2690	0,0131	0,0713*
22 - Bebidas	108	0,9699	0,0179	5,2159	0,0737*	9,7687	0,6362*	10,6332	0,5606*	6,4147	0,7793*	0,8893*
27 - Combustíveis	108	0,9952	0,0000	71,8188	0,0000	4,5746	0,9707*	7,3782	0,8316*	12,7946	0,3841*	0,8277*
39 - Plásticos	108	0,9621	0,0043	19,8589	0,0000	12,8834	0,3776*	13,5434	0,3398*	13,9814	0,1239*	0,9040*
68 - Gesso	108	0,9713	0,0224	18,2894	0,0001	9,1013	0,6943*	14,3513	0,2788*	9,5795	0,7279*	0,3459*
76 - Alumínio	104	0,9839	0,2620*	2,4534	0,2932*	10,7406	0,5513*	15,8252	0,1947*	11,9879	0,6073*	0,0098
84 - Máq. Mecânicas	108	0,9766	0,0627*	13,8914	0,0010	9,5530	0,6551*	13,6611	0,3229*	6,6572	0,8261*	0,5861*
85 - Mat. Elétricos	108	0,9208	0,0000	144,5720	0,0000	15,1456	0,2336*	14,5999	0,2640*	9,2834	0,3190*	0,8576*
87 - Veículos	108	0,9494	0,0006	31,0475	0,0000	7,3809	0,8315*	8,2083	0,7687*	15,8008	0,0712*	0,9197*

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos dos modelos ARDL estimados no R. Nota: SW = Shapiro-Wilk e JB = Jarque-Bera (normalidade); Q = Ljung-Box e LM = Breusch-Godfrey (autocorrelação serial); BP = Breusch-Pagan e ARCH-LM (heterocedasticidade); asterisco (*) no p-valor indica não-rejeição de H_0 a 5% (premissa atendida) para síntese visual. cf. Apêndice G.

Apêndice G — Tabela 4: Diagnóstico estatístico completo dos resíduos ARDL — Brasil → Singapura												
Estatísticas e p-valores dos testes diagnósticos Período: 2016–2024												
	Shapiro-Wilk		Jarque-Bera		Ljung-Box		Breusch-Godfrey		Breusch-Pagan		ARCH-LM	
	N	W	P	JB	P	Q	P	LM	P	BP	P	P
03 - Pescados	108	0.9788	0.0931*	0.9973	0.6073*	5.4916	0.9395*	10.8354	0.5431*	31.0854	0.0086	0.0000
07 - Hortaliças	80	0.8893	0.0000	73.6445	0.0000	14.9239	0.2456*	18.2700	0.1077*	16.4818	0.1242*	0.5587*
08 - Frutas	99	0.9633	0.0091	10.8352	0.0044	22.1621	0.0357	21.6630	0.0415	40.4462	0.0000	0.0008
17 - Açaícares	93	0.9911	0.8163*	0.2876	0.8661*	7.4696	0.8251*	11.6614	0.4732*	7.0599	0.9324*	0.1881*
22 - Bebidas	91	0.9363	0.0003	26.2234	0.0000	15.6045	0.2100*	16.3740	0.1747*	14.5456	0.2043*	0.2216*
27 - Combustíveis	108	0.7511	0.0000	2290.1281	0.0000	3.7994	0.9969*	4.0221	0.9829*	13.1509	0.2154*	0.1627*
39 - Plásticos	108	0.9616	0.0039	18.4249	0.0001	19.8470	0.0700*	16.5791	0.1661*	7.0282	0.5339*	0.9769*
68 - Gesso	108	0.8944	0.0000	27.9177	0.0000	8.1462	0.7736*	9.4536	0.6638*	7.8127	0.7300*	0.6102*
76 - Alumínio	108	0.9706	0.0206	6.0935	0.0475	13.5751	0.3287*	22.7164	0.0302	13.0029	0.2931*	0.1384*
84 - Máq. Mecânicas	108	0.8458	0.0000	796.8752	0.0000	4.0438	0.9826*	5.4174	0.9426*	10.7974	0.2134*	0.6940*
85 - Mat. Elétricos	108	0.9889	0.5477*	0.8348	0.6588*	8.8854	0.7127*	14.8154	0.2517*	24.0621	0.2397*	0.9642*

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos dos modelos ARDL estimados no R. Nota: SW = Shapiro-Wilk e JB = Jarque-Bera (normalidade) Q = Ljung-Box e LM = Breusch-Godfrey (autocorrelação serial) BP = Breusch-Pagan e ARCH-LM (heterocedasticidade) asterisco (*) no p-valor indica não-rejeição de H₀ a 5% (premissa atendida) para síntese visual. cf. Apêndice G.

Apêndice G — Tabela 5: Diagnóstico estatístico completo dos resíduos ARDL — Brasil → Estados Unidos												
Estatísticas e p-valores dos testes diagnósticos Período: 2016–2024												
	Shapiro-Wilk		Jarque-Bera		Ljung-Box		Breusch-Godfrey		Breusch-Pagan		ARCH-LM	
	N	W	P	JB	P	Q	P	LM	P	BP	P	P
03 - Pescados	108	0.9917	0.7639*	2.2435	0.3257*	37.9987	0.0002	29.6162	0.0032	10.4078	0.1085*	0.1453*
07 - Hortaliças	108	0.9675	0.0106	20.4497	0.0000	19.5348	0.0764*	20.6106	0.0564*	20.7673	0.0078	0.3835*
08 - Frutas	108	0.9808	0.1375*	5.4524	0.0655*	34.9912	0.0005	35.2585	0.0004	21.7637	0.0591*	0.7845*
17 - Açaícares	108	0.9873	0.4311*	1.4417	0.4863*	10.8850	0.5389*	13.4218	0.3391*	22.8623	0.1175*	0.5900*
22 - Bebidas	107	0.9421	0.0002	12.1636	0.0023	4.9803	0.9586*	9.4058	0.6679*	14.8835	0.1879*	0.3043*
27 - Combustíveis	108	0.9737	0.0349	4.5955	0.0838*	10.1658	0.6014*	12.7280	0.3891*	5.3139	0.8692*	0.4571*
39 - Plásticos	108	0.9918	0.7751*	0.5670	0.7528*	14.1641	0.2904*	17.4981	0.1318*	4.9162	0.4262*	0.1181*
68 - Gesso	108	0.9777	0.0732*	9.5257	0.0085	17.6394	0.1271*	18.5507	0.1000*	11.3898	0.4958*	0.6653*
76 - Alumínio	108	0.9838	0.2291*	1.8929	0.3891*	12.6394	0.3958*	14.7430	0.2558*	7.6925	0.4641*	0.0678*
84 - Máq. Mecânicas	107	0.9722	0.0274	9.6537	0.0080	7.6071	0.8150*	7.9874	0.7861*	2.7470	0.9493*	0.6281*
85 - Mat. Elétricos	108	0.9819	0.1587*	0.9848	0.6111*	24.6402	0.0166	21.3026	0.0461	9.5433	0.2160*	0.3543*
87 - Veículos	108	0.9712	0.0228	6.8002	0.0334	11.3513	0.4991*	16.6612	0.1628*	12.2688	0.5057*	0.8238*

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos dos modelos ARDL estimados no R. Nota: SW = Shapiro-Wilk e JB = Jarque-Bera (normalidade) Q = Ljung-Box e LM = Breusch-Godfrey (autocorrelação serial) BP = Breusch-Pagan e ARCH-LM (heterocedasticidade) asterisco (*) no p-valor indica não-rejeição de H₀ a 5% (premissa atendida) para síntese visual. cf. Apêndice G.

Pernambuco (Tabelas 6–10). Diagnóstico numérico completo dos modelos estaduais por destino.

Apêndice G — Tabela 6: Diagnóstico estatístico completo dos resíduos ARDL — Pernambuco → Argentina												
Estatísticas e p-valores dos testes diagnósticos Período: 2016–2024												
	Shapiro-Wilk		Jarque-Bera		Ljung-Box		Breusch-Godfrey		Breusch-Pagan		ARCH-LM	
	N	W	P	JB	P	Q	P	LM	P	BP	P	P
08 - Frutas	88	0.8000	0.0000	678.2474	0.0000	6.5175	0.8878*	7.3962	0.8304*	10.1757	0.2529*	0.6689*
22 - Bebidas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	—	—	1.0000*
27 - Combustíveis	36	0.9738	0.6107*	1.1274	0.5691*	NA	NA	NA	NA	22.0632	0.3371*	0.3396*
39 - Plásticos	108	0.9827	0.1785*	1.9701	0.3734*	24.9023	0.0153	23.3759	0.0247	10.4588	0.1066*	0.2390*
76 - Alumínio	107	0.9729	0.0310	6.3498	0.0418	6.8486	0.8675*	14.7279	0.2567*	17.2451	0.3044*	0.2791*
84 - Máq. Mecânicas	85	0.9309	0.0003	53.7837	0.0000	5.9862	0.9168*	8.6737	0.7305*	5.2935	0.9161*	0.8428*
85 - Mat. Elétricos	108	0.9892	0.5699*	0.8649	0.6489*	23.5547	0.0234	23.3625	0.0248	12.4466	0.3310*	0.9385*
87 - Veículos	103	0.8543	0.0000	354.1715	0.0000	7.1733	0.8459*	7.8514	0.7966*	13.5267	0.1402*	0.6116*

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos dos modelos ARDL estimados no R. Nota: SW = Shapiro-Wilk e JB = Jarque-Bera (normalidade) Q = Ljung-Box e LM = Breusch-Godfrey (autocorrelação serial) BP = Breusch-Pagan e ARCH-LM (heterocedasticidade) asterisco (*) no p-valor indica não-rejeição de H₀ a 5% (premissa atendida) para síntese visual. cf. Apêndice G.

Apêndice G — Tabela 6: Diagnóstico estatístico completo dos resíduos ARDL — Pernambuco → Argentina												
Estatísticas e p-valores dos testes diagnósticos Período: 2016–2024												
	Shapiro-Wilk		Jarque-Bera		Ljung-Box		Breusch-Godfrey		Breusch-Pagan		ARCH-LM	
	N	W	P	JB	P	Q	P	LM	P	BP	P	P
08 - Frutas	88	0.8000	0.0000	678.2474	0.0000	6.5175	0.8878*	7.3962	0.8304*	10.1757	0.2529*	0.6689*
22 - Bebidas	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	—	—	1.0000*
27 - Combustíveis	36	0.9738	0.6107*	1.1274	0.5691*	NA	NA	NA	NA	22.0632	0.3371*	0.3396*
39 - Plásticos	108	0.9827	0.1785*	1.9701	0.3734*	24.9023	0.0153	23.3759	0.0247	10.4588	0.1066*	0.2390*
76 - Alumínio	107	0.9729	0.0310	6.3498	0.0418	6.8486	0.8675*	14.7279	0.2567*	17.2451	0.3044*	0.2791*
84 - Máq. Mecânicas	85	0.9309	0.0003	53.7837	0.0000	5.9862	0.9168*	8.6737	0.7305*	5.2935	0.9161*	0.8428*
85 - Mat. Elétricos	108	0.9892	0.5699*	0.8649	0.6489*	23.5547	0.0234	23.3625	0.0248	12.4466	0.3310*	0.9385*
87 - Veículos	103	0.8543	0.0000	354.1715	0.0000	7.1733	0.8459*	7.8514	0.7966*	13.5267	0.1402*	0.6116*

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos dos modelos ARDL estimados no R. Nota: SW = Shapiro-Wilk e JB = Jarque-Bera (normalidade) Q = Ljung-Box e LM = Breusch-Godfrey (autocorrelação serial) BP = Breusch-Pagan e ARCH-LM (heterocedasticidade) asterisco (*) no p-valor indica não-rejeição de H₀ a 5% (premissa atendida) para síntese visual. cf. Apêndice G.

Apêndice G — Tabela 7: Diagnóstico estatístico completo dos resíduos ARDL — Pernambuco → China												
Estatísticas e p-valores dos testes diagnósticos Período: 2016–2024												
	Shapiro-Wilk		Jarque-Bera		Ljung-Box		Breusch-Godfrey		Breusch-Pagan		ARCH-LM	
	N	W	P	JB	P	Q	P	LM	P	BP	P	P
03 - Pescados	50	0.9304	0.0087	12.9507	0.0015	10.0089	0.6152*	15.9905	0.1917*	9.9264	0.1992*	0.9254*
39 - Plásticos	33	0.9536	0.2266*	1.6913	0.4289*	NA	NA	NA	NA	22.2429	0.5449*	0.1729*
68 - Gesso	32	0.9260	0.0489	6.5667	0.0375	NA	NA	NA	NA	21.4117	0.6143*	0.2711*
85 - Mat. Elétricos	31	0.9683	0.5572*	0.6835	0.7105*	NA	NA	NA	NA	26.7557	0.1360*	0.2988*

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos dos modelos ARDL estimados no R. Nota: SW = Shapiro-Wilk e JB = Jarque-Bera (normalidade) Q = Ljung-Box e LM = Breusch-Godfrey (autocorrelação serial) BP = Breusch-Pagan e ARCH-LM (heterocedasticidade) asterisco (*) no p-valor indica não-rejeição de H₀ a 5% (premissa atendida) para síntese visual. cf. Apêndice G.

Apêndice G — Tabela 8: Diagnóstico estatístico completo dos resíduos ARDL — Pernambuco → Países Baixos												
Estatísticas e p-valores dos testes diagnósticos Período: 2016–2024												
	Shapiro-Wilk		Jarque-Bera		Ljung-Box		Breusch-Godfrey		Breusch-Pagan		ARCH-LM	
	N	W	P	JB	P	Q	P	LM	P	BP	P	P
07 - Hortaliças	63	0.9656	0.0938*	1.0544	0.5903*	2.5290	0.9981*	3.7998	0.9868*	25.7447	0.0279	0.6591*
08 - Frutas	108	0.9856	0.3221*	2.1422	0.3426*	9.8936	0.6253*	13.1392	0.3590*	11.2771	0.3409*	0.5103*
17 - Açaícares	63	0.8818	0.0000	58.5060	0.0000	12.3924	0.0147*	18.1039	0.1126*	7.5805	0.7503*	0.0006
22 - Bebidas	94	0.9582	0.0056	33.5336	0.0000	5.6743	0.9316*	9.0564	0.6981*	12.0309	0.6767*	0.3190*
27 - Combustíveis	30	0.9004	0.0160	3.0852	0.2138*	NA	NA	NA	NA	12.4472	0.8998*	0.1262*
68 - Gesso	35	0.9779	0.7535*	0.1926	0.9082*	NA	NA	NA	NA	22.0901	0.5739*	0.3357*
76 - Alumínio	48	0.9835	0.7710*	1.3988	0.4969*	21.0673	0.0494	28.3844	0.0049	9.9535	0.5346*	0.6921*

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos dos modelos ARDL estimados no R. Nota: SW = Shapiro-Wilk e JB = Jarque-Bera (normalidade) Q = Ljung-Box e LM = Breusch-Godfrey (autocorrelação serial) BP = Breusch-Pagan e ARCH-LM (heterocedasticidade) asterisco (*) no p-valor indica não-rejeição de H₀ a 5% (premissa atendida) para síntese visual. cf. Apêndice G.

Apêndice G — Tabela 9: Diagnóstico estatístico completo dos resíduos ARDL — Pernambuco → Singapura

Estadísticas e p-valores dos testes diagnósticos | Período: 2016–2024

	N	Shapiro-Wilk		Jarque-Bera		Ljung-Box		Breusch-Godfrey		Breusch-Pagan		ARCH-LM
		W	p	JB	p	Q	p	LM	p	BP	p	p
03 - Pescados	40	0.9169	0.0079	28.6653	0.0000	15.0297	0.2398*	12.0878	0.4387*	14.6910	0.0402	0.6376*
07 - Hortaliças	46	0.9629	0.1577*	0.8590	0.6508*	8.2705	0.7636*	12.3200	0.4203*	3.3676	0.6435*	0.8198*
08 - Frutas	48	0.9912	0.9813*	0.2827	0.8682*	14.6224	0.2627*	28.6580	0.0044	22.3029	0.3822*	0.7011*
17 - Açúcares	33	0.9533	0.2222*	2.1146	0.3474*	NA	NA	NA	NA	8.8860	0.9901*	0.7391*
22 - Bebidas	45	0.9894	0.9642*	0.3401	0.8436*	10.2805	0.5914*	17.8736	0.1196*	21.0732	0.0326	0.1771*
27 - Combustíveis	78	0.8589	0.0000	114.9258	0.0000	10.2927	0.5903*	14.7203	0.2571*	5.5435	0.9020*	0.5007*

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos dos modelos ARDL estimados no R. Nota: SW = Shapiro-Wilk e JB = Jarque-Bera (normalidade); Q = Ljung-Box e LM = Breusch-Godfrey (autocorrelação serial); BP = Breusch-Pagan e ARCH-LM (heterocedasticidade); asterisco (*) no p-valor indica não-rejeição de H₀ a 5% (premissa atendida) para síntese visual. cf. Apêndice G.

Apêndice G — Tabela 10: Diagnóstico estatístico completo dos resíduos ARDL — Pernambuco → Estados Unidos

Estadísticas e p-valores dos testes diagnósticos | Período: 2016–2024

	N	Shapiro-Wilk		Jarque-Bera		Ljung-Box		Breusch-Godfrey		Breusch-Pagan		ARCH-LM
		W	p	JB	p	Q	p	LM	p	BP	p	p
03 - Pescados	108	0.8895	0.0000	561.1675	0.0000	11.3401	0.5000*	12.5481	0.4029*	14.9180	0.3838*	0.9738*
07 - Hortaliças	107	0.9501	0.0006	17.0426	0.0002	14.8043	0.2456*	15.6982	0.2055*	10.2385	0.9688*	0.0174
08 - Frutas	101	0.9117	0.0000	133.8570	0.0000	13.7100	0.3196*	16.7402	0.1596*	17.5077	0.2894*	0.1199*
17 - Açúcares	49	0.9163	0.0008	6.5136	0.0385	10.7538	0.5501*	17.2307	0.1411*	10.3208	0.2432*	0.3155*
22 - Bebidas	68	0.9784	0.3212*	3.3091	0.1912*	6.0515	0.9135*	13.3528	0.3439*	16.8768	0.5316*	0.7155*
27 - Combustíveis	79	0.9671	0.0481	11.6597	0.0029	7.6874	0.8091*	13.7660	0.3159*	17.8576	0.1630*	0.7976*
39 - Plásticos	108	0.9904	0.6642*	0.0669	0.9671*	8.1859	0.7704*	9.7689	0.6362*	16.1548	0.1355*	0.4817*
68 - Gesso	86	0.9277	0.0002	61.2875	0.0000	6.9742	0.8593*	9.2073	0.6851*	9.8062	0.5479*	0.8906*
76 - Alumínio	74	0.9733	0.1407*	0.2682	0.8745*	8.4431	0.7496*	12.4405	0.4110*	6.0770	0.9433*	0.9325*
84 - Máq. Mecânicas	52	0.9757	0.4143*	3.9475	0.1389*	8.2385	0.7662*	15.7505	0.2029*	9.3247	0.7480*	0.8273*
85 - Máq. Elétricos	75	0.9842	0.5118*	1.9019	0.3664*	20.6458	0.0558*	26.8508	0.0081	27.4832	0.0022	0.0424
87 - Veículos	30	0.9187	0.0420	8.6380	0.0133	NA	NA	NA	NA	24.5509	0.4302*	0.0104

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos dos modelos ARDL estimados no R. Nota: SW = Shapiro-Wilk e JB = Jarque-Bera (normalidade); Q = Ljung-Box e LM = Breusch-Godfrey (autocorrelação serial); BP = Breusch-Pagan e ARCH-LM (heterocedasticidade); asterisco (*) no p-valor indica não-rejeição de H₀ a 5% (premissa atendida) para síntese visual. cf. Apêndice G.

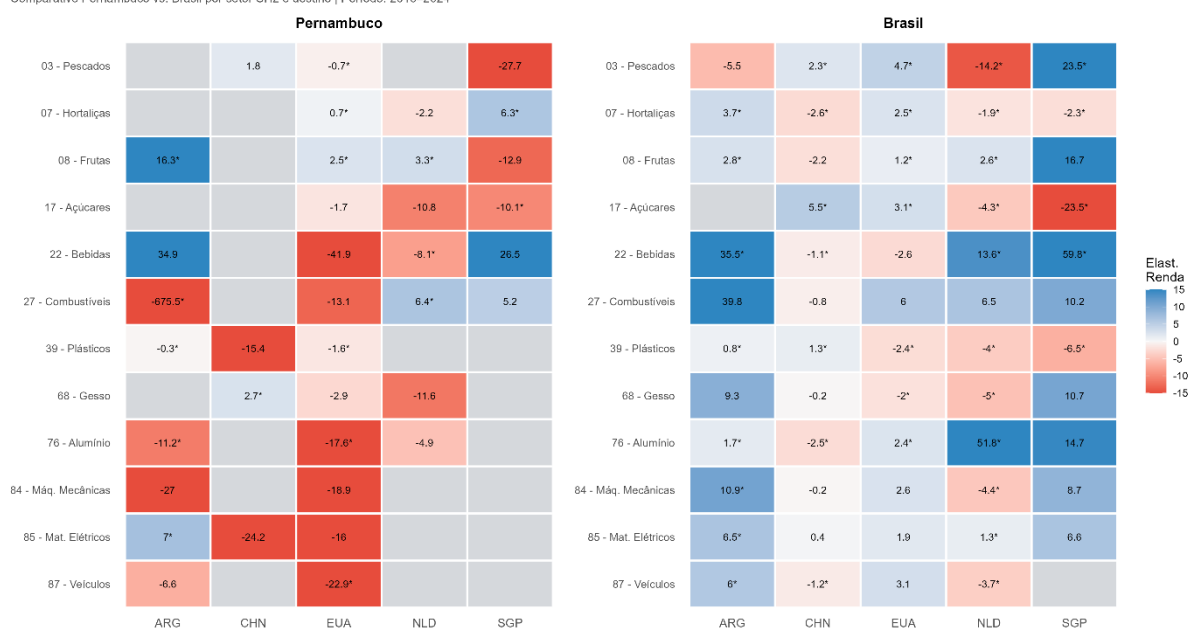
APÊNDICE H - HEATMAPS DAS ELASTICIDADES DE LONGO PRAZO

Síntese visual comparativa (Pernambuco × Brasil) da intensidade das elasticidades de longo prazo por setor SH2 e destino, organizada em três painéis temáticos.

A escala de cor é divergente, tons de azul indicam valores positivos elevados e tons de vermelho, valores negativos; células em cinza correspondem a combinações setor-destino sem modelo válido. O asterisco (*) assinala significância a 5%. Para preservar a legibilidade, valores extremos são truncados em ± 15 . Cada figura traz dois painéis lado a lado (Pernambuco e Brasil).

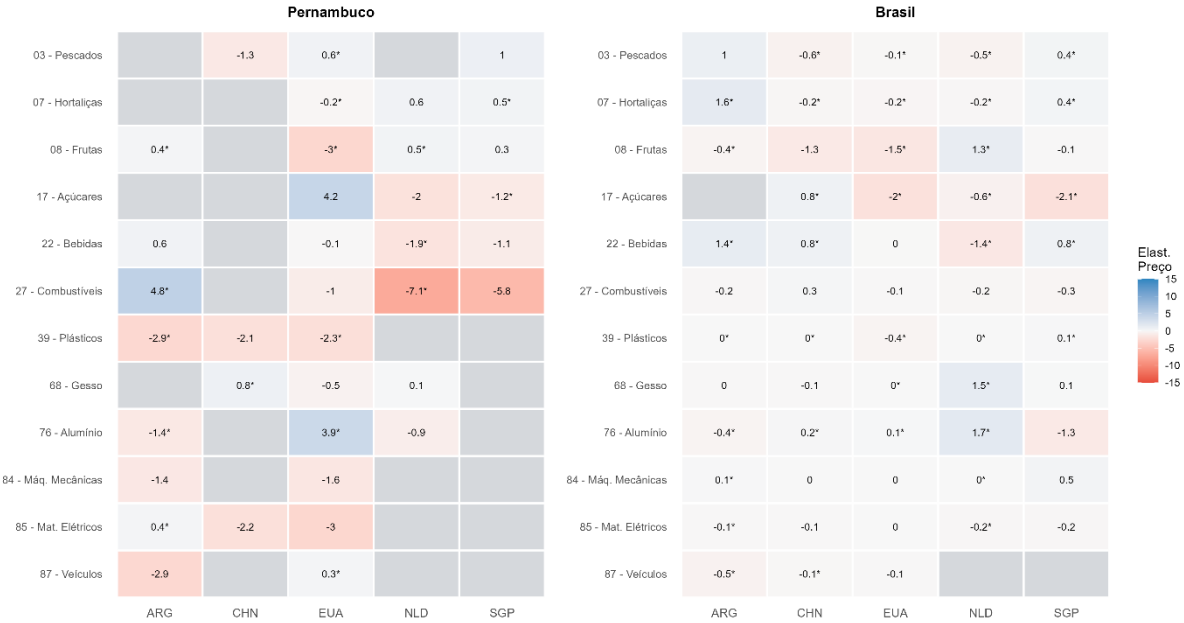
Elasticidade-renda · Elasticidade-preço · Elasticidade-câmbio. Uma figura para cada canal de sensibilidade, na sequência renda, preço e câmbio.

Apêndice H — Figura 1: Heatmap das elasticidades-renda de longo prazo
Comparativo Pernambuco vs. Brasil por setor SH2 e destino | Período: 2016–2024



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de estimações ARDL no R (pacote ARDL). Nota: valores positivos em azul, negativos em vermelho; * = coeficiente significativo a 5%; células cinzas indicam ausência de modelo válido (cf. Apêndice G); valores truncados em ± 15 para legibilidade

Apêndice H — Figura 2: Heatmap das elasticidades-preço de longo prazo
Comparativo Pernambuco vs. Brasil por setor SH2 e destino | Período: 2016–2024



APÊNDICE I - GRÁFICOS CUSUM DE ESTABILIDADE

Testes CUSUM sobre os resíduos recursivos, que verificam a estabilidade dos parâmetros estimados ao longo do período econométrico (2016–2024).

Cada figura consolida, em um grid por setor, a trajetória da soma cumulativa dos resíduos recursivos. Enquanto a trajetória permanece dentro das bandas pontilhadas (significância de 5%), os parâmetros são considerados estáveis; o cruzamento das bandas sinaliza instabilidade ou quebra. Apresenta-se um arquivo consolidado por destino.

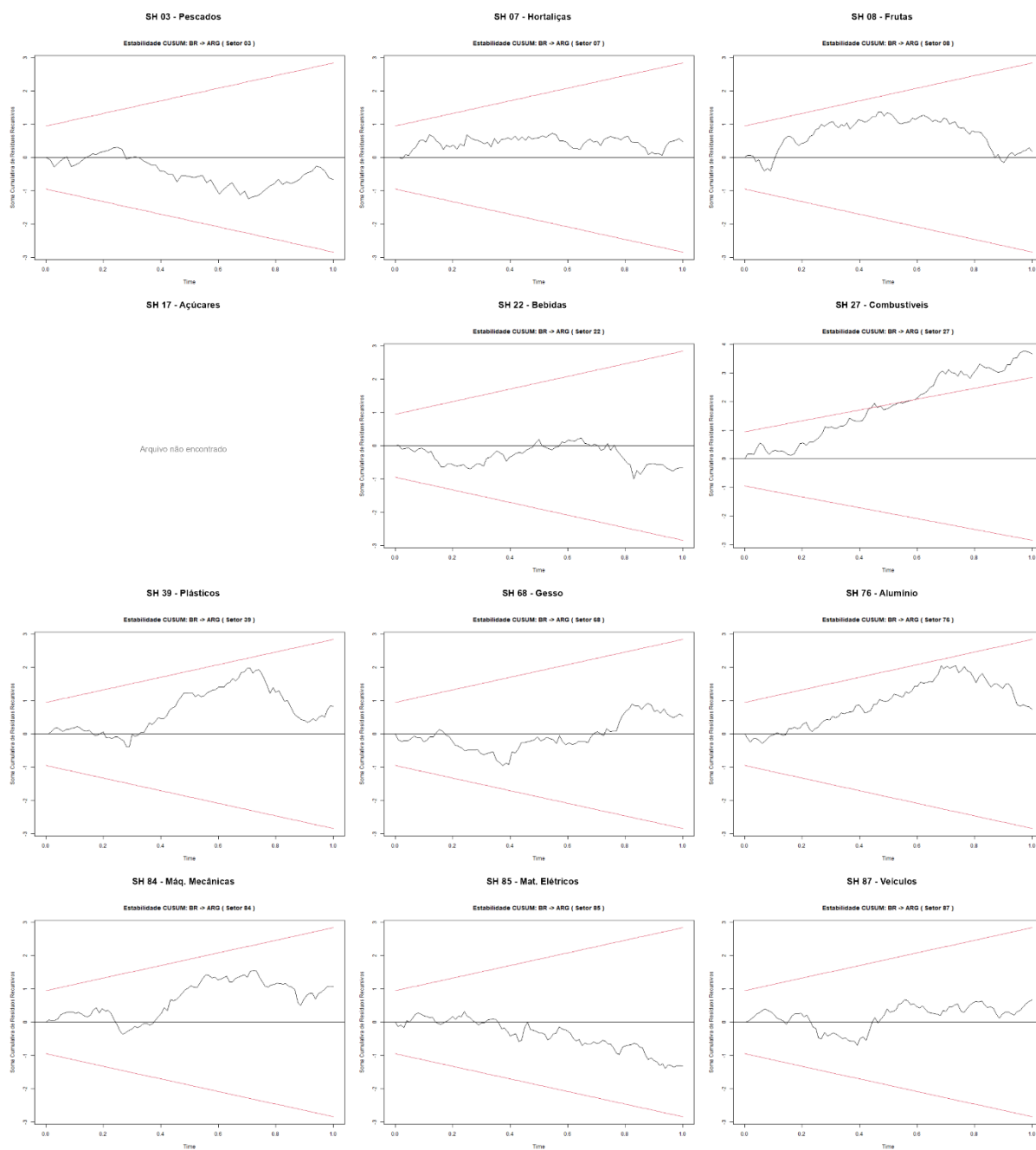
Brasil (Figuras 1–5). Estabilidade dos modelos nacionais, um destino por figura.

Apêndice I — Figura 1: Teste CUSUM de estabilidade dos parâmetros — Brasil → Estados Unidos (2016–2024)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos recursivos dos modelos ARDL (pacotes *struchange* e *dynlm*, R). Nota: linhas vermelhas pontilhadas = bandas de significância a 5%; trajetórias contidas dentro das bandas indicam estabilidade dos parâmetros.

Apêndice I — Figura 2: Teste CUSUM de estabilidade dos parâmetros — Brasil → Argentina (2016–2024)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos recursivos dos modelos ARDL (pacotes strucchange e dymlm, R). Nota: linhas vermelhas pontilhadas = bandas de significância a 5%; trajetórias contidas dentro das bandas indicam estabilidade dos parâmetros.

Apêndice I — Figura 3: Teste CUSUM de estabilidade dos parâmetros — Brasil → China (2016–2024)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos recursivos dos modelos ARDL (pacotes *struchange* e *dynlm*, R). Nota: linhas vermelhas pontilhadas = bandas de significância a 5%; trajetórias contidas dentro das bandas indicam estabilidade dos parâmetros.

Apêndice I — Figura 4: Teste CUSUM de estabilidade dos parâmetros — Brasil → Países Baixos (2016–2024)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos recursivos dos modelos ARDL (pacotes *struchange* e *dynlm*, R). Nota: linhas vermelhas pontilhadas = bandas de significância a 5%; trajetórias contidas dentro das bandas indicam estabilidade dos parâmetros.

Apêndice I — Figura 5: Teste CUSUM de estabilidade dos parâmetros — Brasil → Singapura (2016–2024)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos recursivos dos modelos ARDL (pacotes strucchange e dymlm, R). Nota: linhas vermelhas pontilhadas = bandas de significância a 5%; trajetórias contidas dentro das bandas indicam estabilidade dos parâmetros.

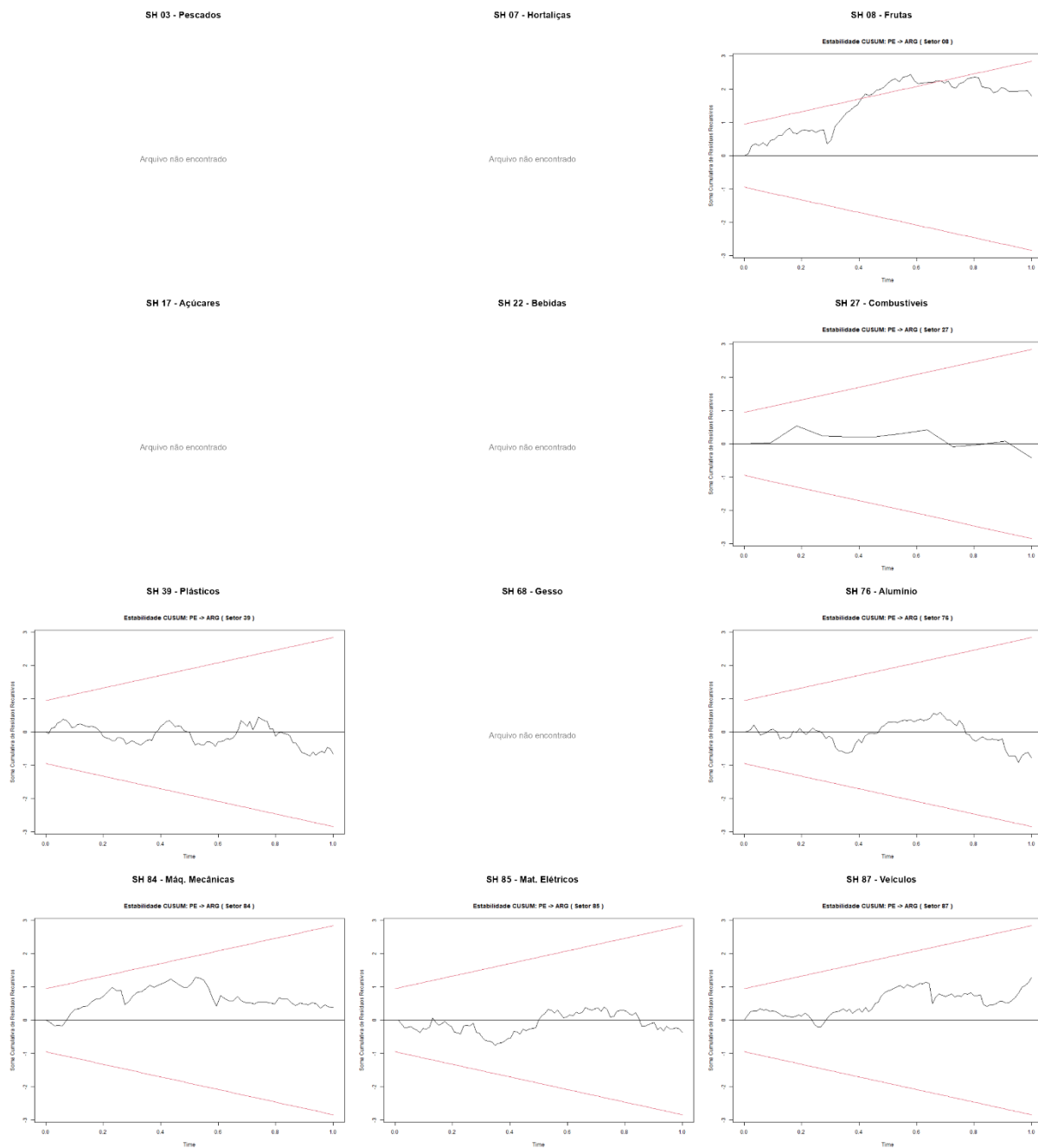
Pernambuco (Figuras 6–10). Estabilidade dos modelos estaduais, um destino por figura.

Apêndice J — Figura 6: Teste CUSUM de estabilidade dos parâmetros — Pernambuco → Estados Unidos (2016–2024)



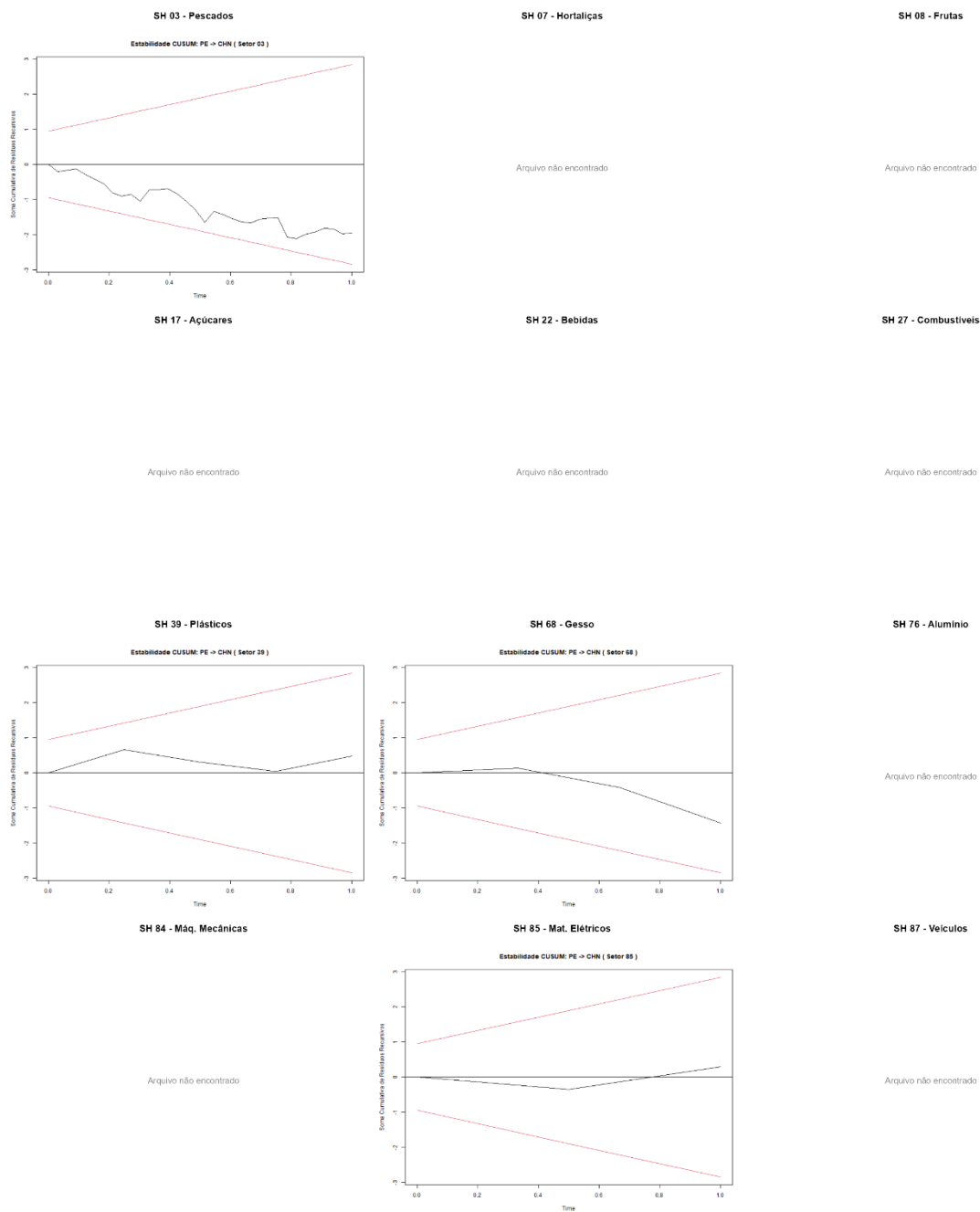
Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos recursivos dos modelos ARDL (pacotes struchange e dymlm, R). Nota: linhas vermelhas pontilhadas = bandas de significância a 5%; trajetórias contidas dentro das bandas indicam estabilidade dos parâmetros.

Apêndice J — Figura 7: Teste CUSUM de estabilidade dos parâmetros — Pernambuco → Argentina (2016–2024)



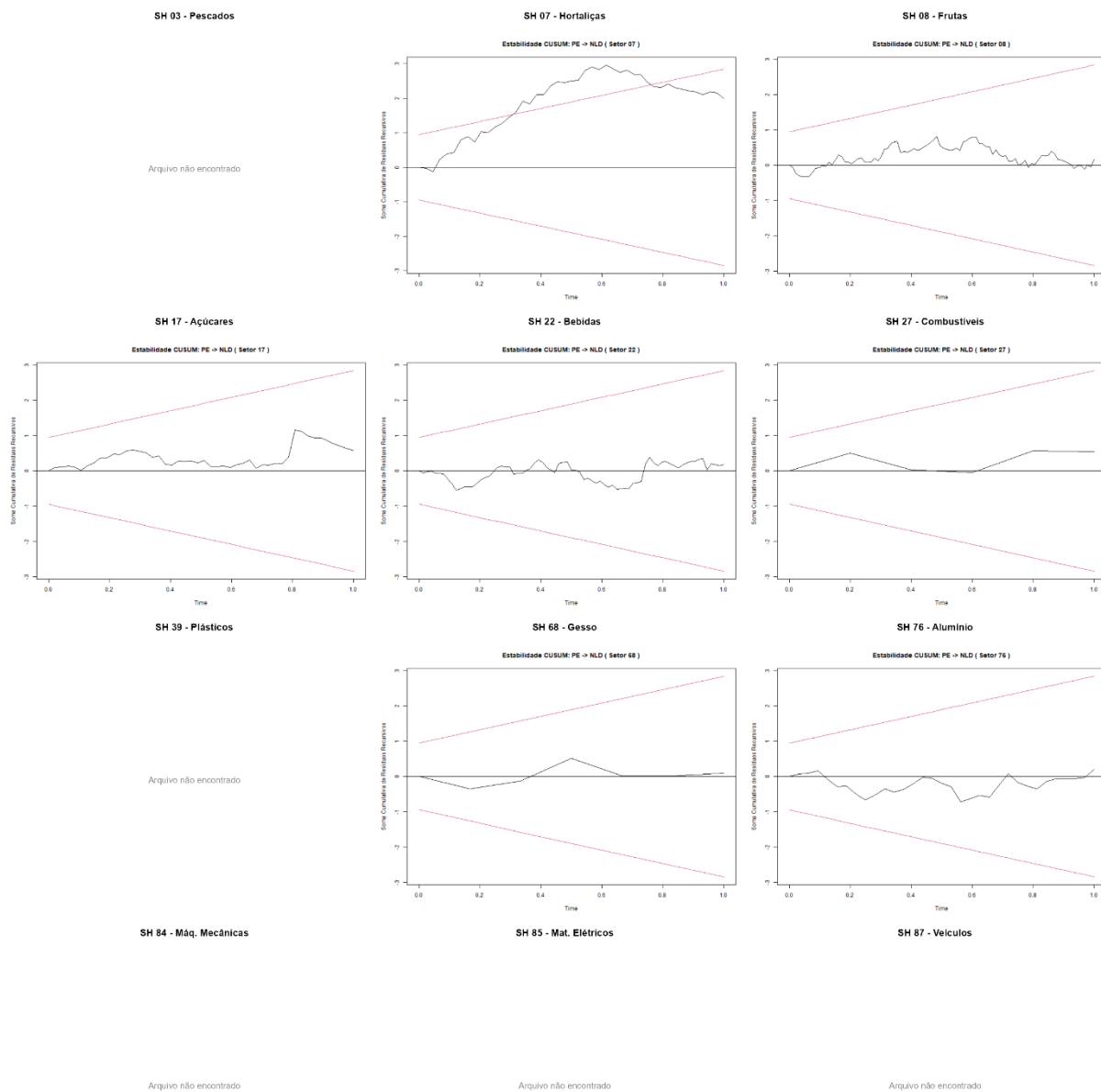
Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos recursivos dos modelos ARDL (pacotes struchange e dynlm, R). Nota: linhas vermelhas pontilhadas = bandas de significância a 5%; trajetórias contidas dentro das bandas indicam estabilidade dos parâmetros.

Apêndice J — Figura 8: Teste CUSUM de estabilidade dos parâmetros — Pernambuco → China (2016–2024)



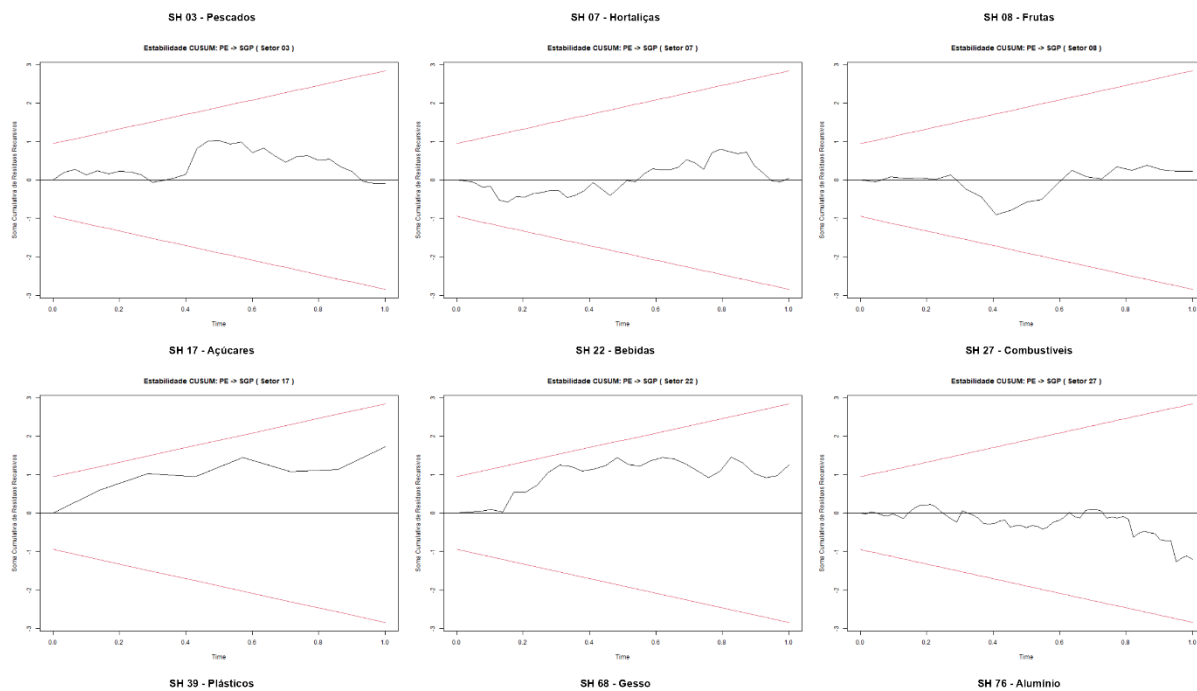
Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos recursivos dos modelos ARDL (pacotes strucchange e dynlm, R). Nota: linhas vermelhas pontilhadas = bandas de significância a 5%; trajetórias contidas dentro das bandas indicam estabilidade dos parâmetros.

Apêndice J — Figura 9: Teste CUSUM de estabilidade dos parâmetros — Pernambuco → Países Baixos (2016–2024)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos recursivos dos modelos ARDL (pacotes struchange e dynlm, R). Nota: linhas vermelhas pontilhadas = bandas de significância a 5%; trajetórias contidas dentro das bandas indicam estabilidade dos parâmetros.

Apêndice J — Figura 10: Teste CUSUM de estabilidade dos parâmetros — Pernambuco → Singapura (2016–2024)



Arquivo não encontrado

Arquivo não encontrado

Arquivo não encontrado

SH 84 - Máq. Mecânicas

SH 85 - Mat. Elétricos

SH 87 - Veículos

Arquivo não encontrado

Arquivo não encontrado

Arquivo não encontrado

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos resíduos recursivos dos modelos ARDL (pacotes strucchange e dymlm, R). Nota: linhas vermelhas pontilhadas = bandas de significância a 5%; trajetórias contidas dentro das bandas indicam estabilidade dos parâmetros.

APÊNDICE J - PIPELINE METODOLÓGICO COMPLETO

O presente apêndice documenta o pipeline computacional desenvolvido para a execução integral do trabalho. A organização modular dos procedimentos, implementada em linguagem R (R CORE TEAM, 2022), responde a três princípios: rastreabilidade (cada output deriva de um script identificável), reprodutibilidade (a execução sequencial do pipeline reproduz todos os resultados do estudo) e auditabilidade (cada etapa gera arquivos intermediários inspecionáveis).

O conjunto dos procedimentos divide-se em duas fases conceitualmente distintas, que correspondem à organização do próprio documento. A primeira, descrita como análise histórica, executa o diagnóstico descritivo das exportações brasileiras e pernambucanas entre 1997 e 2024, gerando os Gráficos 1 a 17 utilizados nos Capítulos 4 e 5. A segunda, denominada análise econométrica, abrange a preparação das variáveis macroeconômicas, a estimação dos modelos ARDL para todas as combinações setor-destino, a aplicação da bateria completa de testes de diagnóstico e a consolidação dos resultados em tabelas e gráficos. As duas fases utilizam estruturas de dados e pacotes parcialmente sobrepostos, mas operam como projetos analíticos independentes, descritos separadamente a seguir.

J.1 Fase de Análise Histórica

A fase histórica organiza-se em seis scripts numerados de 001 a 006. Tem como insumo primário os registros do Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços (MDIC), extraídos em agosto de 2025, e como produto os gráficos descritivos que sustentam o diagnóstico apresentado nos Capítulos 4 e 5.

J.1.1 Ingestão e Padronização da Base (Script 001)

O script inicial realiza a leitura dos arquivos anuais brutos do MDIC, organizados originalmente no nível SH4 (Sistema Harmonizado a quatro dígitos) e por município de domicílio fiscal do exportador. As operações principais incluem a consolidação dos arquivos anuais em uma base única, a agregação dos códigos SH4 para o nível SH2 (capítulos do SH) mediante soma dos valores FOB em dólares e dos pesos líquidos em quilogramas, o cruzamento com a tabela de referência de países

(PAIS.csv) para padronização da nomenclatura dos destinos, e a construção do recorte específico para Pernambuco a partir do filtro municipal.

J.1.2 Evolução Agregada das Exportações (Script 002)

Este script produz os Gráficos 1, 2, 3, 4, 5 e 6, que documentam a trajetória anual das exportações do Brasil e de Pernambuco entre 1997 e 2024, com destaque para os fluxos destinados aos Estados Unidos. As tendências de longo prazo são estimadas por dois métodos complementares: a regressão linear simples por mínimos quadrados ordinários, que evidencia a direção média do crescimento, e a regressão local ponderada LOESS, proposta por Cleveland (1979), que captura inflexões e acelerações invisíveis ao ajuste linear global. Os intervalos de confiança são utilizados para a identificação de observações atípicas e possíveis rupturas estruturais.

J.1.3 Análise da Geografia dos Destinos (Script 003)

O terceiro script gera os Gráficos 7, 8, 9 e 10, dedicados à análise comparativa da composição geográfica dos fluxos exportadores. O critério de significância adotado é a participação percentual anual no valor total exportado, calibrado em 3% para o Brasil e 5% para Pernambuco, conforme justificado no Capítulo 4. O Gráfico 7 apresenta, em painéis individuais, a participação histórica de cada destino brasileiro com peso significativo; o Gráfico 8 confronta diretamente os valores anuais exportados para China e Estados Unidos; os Gráficos 9 e 10 fazem o exercício equivalente para Pernambuco, evidenciando a transição estrutural ocorrida a partir de 2016.

J.1.4 Portfólio Setorial de Pernambuco (Script 004)

Este script é responsável pela construção dos Gráficos 11, 12 e 13, que mapeiam a composição setorial da pauta pernambucana segundo o Sistema Harmonizado a dois dígitos. A análise segmenta a série em dois momentos (até 2015 e a partir de 2016), com filtros de participação ajustados ao volume total de cada período. O exercício torna visível a entrada dos setores de Combustíveis (SH 27) e Veículos (SH 87) no segundo momento e a consequente compressão da participação relativa dos demais segmentos. O Gráfico 14, também produzido neste script, organiza as interações primárias e secundárias entre os 12 setores e os 5 destinos estratégicos, definindo a matriz analítica utilizada na fase econométrica subsequente.

J.1.5 Análise Territorial (Script 005)

O quinto script incorpora a dimensão espacial da análise, produzindo o Gráfico 15. Recorre aos pacotes <sf> (manipulação de dados geográficos) e <geobr> (acesso aos shapefiles oficiais do IBGE) para construir os mapas temáticos de Pernambuco que evidenciam a concentração da atividade exportadora em municípios específicos. A análise demonstra que a transformação estrutural documentada pelos gráficos anteriores está concentrada em dois municípios (Ipojuca, sede da RNEST, e Goiana, sede do polo Stellantis), reforçando o caráter localizado da mudança.

J.1.6 Quebra Estrutural de 2016 (Script 006)

O sexto e último script da fase histórica produz os Gráficos 16 e 17, que sintetizam a quebra estrutural identificada pelos demais. O Gráfico 16 compara as médias anuais de valor exportado nos dois períodos, evidenciando o salto de aproximadamente US\$ 685 milhões para US\$ 2,2 bilhões. O Gráfico 17 detalha essa mudança por setor SH2, mostrando que a expansão se concentra em Combustíveis e Veículos, com manutenção dos valores absolutos dos setores tradicionais e compressão de suas participações relativas. Este script encerra o diagnóstico descritivo e prepara analiticamente o terreno para a etapa econométrica.

J.2 Fase de Análise Econométrica

A fase econométrica é o componente analítico central do trabalho. Organiza-se em dezenove etapas lógicas, numeradas de 00 a 18, que abrangem desde a preparação das variáveis macroeconômicas internacionais até a consolidação final dos resultados nos apêndices. Conforme detalhado nos Capítulos 8 e 9, esta fase estima 120 modelos ARDL (12 setores $\times$ 5 destinos $\times$ 2 escalas geográficas), aplica a bateria completa de diagnósticos e organiza os outputs para apresentação no documento final.

J.2.1 Preparação da Estrutura e da Base (Scripts 00, 01)

O script 00 realiza a configuração inicial do ambiente de trabalho, definindo a estrutura de diretórios e validando a presença dos arquivos de entrada necessários. O script 01 retoma os dados brutos do MDIC e produz a versão da base de

exportações que alimenta a modelagem, mantida em periodicidade mensal e com identificadores padronizados de setor SH2 e país de destino.

J.2.2 Variáveis Cambiais e de Preço (Scripts 02, 03)

O script 02 constrói a série mensal de câmbio real bilateral entre o real brasileiro e a moeda de cada parceiro. A taxa nominal é obtida da série PTAX do Banco Central do Brasil e ajustada pelo diferencial de inflação entre o índice de preços do parceiro (CPI ou equivalente) e o índice nacional de preços ao consumidor brasileiro (IPCA), conforme equação (20) do Capítulo 9. O script 03 calcula a variável de preço relativo, conforme equação (19), como a razão entre o preço unitário praticado por Pernambuco em cada combinação setor-destino e o preço unitário médio praticado pelo Brasil para o mesmo setor no mercado global.

J.2.3 Coleta Macroeconômica e Mensalização do PIB (Scripts 04 01, 04 02 e 04 03)

A coleta dos dados macroeconômicos dos cinco países parceiros divide-se em três scripts complementares. O 04_01 realiza a extração automatizada de séries do *Federal Reserve Economic Data* (FRED) por meio do pacote homônimo, complementada pelo acesso direto a APIs nacionais (notadamente SingStat e INDEC) via requisições HTTP. O 04_02 padroniza as séries coletadas, mantendo cada PIB na moeda original do respectivo país para evitar distorções decorrentes de conversão cambial. O 04_03 executa a desagregação temporal do PIB trimestral para periodicidade mensal pela técnica de Chow e Lin (1971), implementada por meio do pacote *tempdisagg*. Para a Argentina, o procedimento foi aplicado em escala logarítmica para acomodar a elevada inflação no período. A validação dos resultados, por reagregação inversa dos valores mensais aos trimestrais originais, está documentada graficamente no Apêndice A.

J.2.4 Volatilidade Cambial (Script 05)

A medida de volatilidade cambial utilizada como regressor, conforme equação (21), é construída neste script como o desvio-padrão móvel de doze meses da primeira diferença do logaritmo da taxa de câmbio real bilateral, seguindo a especificação de Rossi e Nevis (2014).

J.2.5 Integração dos Painéis (Scripts 06 e 07)

A consolidação final da base de dados ocorre em dois scripts paralelos. O script 06 integra os dados do Brasil em um painel único contendo as cinco variáveis do modelo (volume exportado, PIB do parceiro, preço relativo, câmbio real e volatilidade) para cada combinação setor-destino. O script 07 executa procedimento análogo para Pernambuco, com a inclusão de variáveis binárias (*dummies*) destinadas a capturar o efeito do início de operação da RNEST (2016) sobre o setor de Combustíveis e da Stellantis (2016) sobre o setor de Veículos. Esses painéis constituem o insumo único utilizado por todos os scripts da modelagem subsequente.

J.2.6 Estimação dos Modelos ARDL de Longo Prazo (Scripts 08a–08e e 09a–09e)

A estimação dos modelos de equilíbrio de longo prazo, conforme equação (22), é executada pelos blocos 08 (Brasil) e 09 (Pernambuco). Cada sufixo (a, b, c, d, e) corresponde a um país de destino específico (USA, ARG, CHN, NLD, SGP, respectivamente). A seleção da ordem ótima das defasagens (p , q) é realizada pelo critério de informação de Akaike (AIC), com limite máximo de quatro períodos, e a existência de cointegração é verificada pelo *Bounds Test* de Pesaran, Shin e Smith (2001). Os coeficientes de longo prazo são extraídos pela razão $-\lambda_Z/\lambda_1$, conforme equação (18) do Capítulo 8, com intervalos de confiança calculados pelo método delta. Os resultados são exportados em arquivos .xlsx padronizados, contendo coeficientes, estatísticas de ajuste (R^2 , AIC, BIC), velocidade de ajuste (λ) e classificação de significância.

J.2.7 Estimação dos Modelos ECM de Curto Prazo (Scripts 10a–10e e 11a–11e)

Para as interações nas quais o *Bounds Test* indicou cointegração, os blocos 10 (Brasil) e 11 (Pernambuco) estimam o Mecanismo de Correção de Erros (ECM), conforme equação (15) do Capítulo 8. Os outputs incluem os coeficientes de impacto contemporâneo das variáveis explicativas em primeira diferença e o coeficiente ϕ do termo de correção de erros, que mede a fração do desequilíbrio do período anterior corrigida no período corrente.

J.2.8 Diagnóstico dos Resíduos (Scripts 12, 13 e 14)

A validação estatística dos modelos estimados ocorre em três blocos sucessivos. O bloco 12 (12a para Brasil, 12b para Pernambuco) aplica os testes de

normalidade de Shapiro-Wilk e Jarque-Bera aos resíduos. O bloco 13 testa a ausência de autocorrelação serial mediante os testes Ljung-Box (estatística Q sobre as autocorrelações até a ordem 12, em correspondência com a periodicidade mensal) e Breusch-Godfrey. O bloco 14 verifica a homocedasticidade por meio dos testes Breusch-Pagan e ARCH-LM (Engle, 1982), e produz os gráficos individuais do teste CUSUM por interação setor-destino, que documentam a estabilidade dos parâmetros ao longo do período amostral. Cada teste gera arquivo .xlsx com estatísticas, p-valores e classificação binária (aprovado/reprovado).

J.2.9 Testes de Raiz Unitária (Scripts 15 e 16)

Os testes de estacionariedade são aplicados em dois blocos. O bloco 15 (15a para Brasil, 15b para Pernambuco) executa o teste Augmented Dickey-Fuller (ADF), formalizado por Dickey e Fuller (1979), tanto em nível quanto em primeira diferença, classificando cada série como $I(0)$, $I(1)$ ou $I(2)$. O bloco 16 aplica o teste de Zivot-Andrews (Zivot; Andrews, 1992), que generaliza o ADF ao permitir uma quebra estrutural endógena identificada pelo próprio teste. Esse procedimento é particularmente relevante para as séries pernambucanas de Combustíveis e Veículos, que apresentam quebra estrutural clara em 2016. A regra operacional adotada determina que o Zivot-Andrews prevalece sobre o ADF nos casos em que este último classifica a série como $I(2)$, evitando o viés de aceitação da hipótese de raiz unitária em séries com mudança de regime.

J.3 Consolidação dos Resultados

A última etapa do pipeline (scripts 17 e 18) é responsável pela consolidação dos resultados em tabelas e gráficos formatados para o documento final. A separação entre os blocos 17 e 18 reflete uma distinção de propósito: o bloco 17 produz tabelas-resumo que comparam Pernambuco e Brasil lado a lado, organizadas para facilitar a leitura comparativa; o bloco 18 produz tabelas exaustivas com todos os setores estimados por país, destinadas à consulta detalhada.

O bloco 17 compreende três scripts: o 17a gera as tabelas consolidadas de longo prazo (Apêndice B), o 17b as tabelas consolidadas de curto prazo (Apêndice C), e o 17c o resumo visual do diagnóstico estatístico por país (Apêndice D). O bloco 18 compreende cinco scripts: o 18a produz as tabelas completas de longo prazo

(Apêndice E), o 18b as tabelas completas de curto prazo (Apêndice F), o 18c as tabelas de raiz unitária (Apêndice G), o 18d o diagnóstico numérico completo (Apêndice H) e o 18e os grids consolidados dos gráficos CUSUM (Apêndice I).

J.4 Reprodutibilidade

A execução completa do pipeline, da coleta dos dados primários à geração dos apêndices, é integralmente reproduzível mediante a execução sequencial dos scripts na ordem indicada, primeiro a fase histórica (001 a 006), depois a econométrica (00 a 18). Cada script verifica a existência dos arquivos de entrada antes da execução e gera mensagens de erro descritivas em caso de ausência. Os arquivos intermediários gerados pelos scripts iniciais são preservados em formato .csv ou .xlsx, permitindo a inspeção manual das variáveis construídas. Os arquivos finais seguem nomenclatura padronizada que identifica o tipo de resultado, a escala geográfica e o país de destino, facilitando a rastreabilidade entre o *output* e o script gerador. A relação completa dos pacotes R utilizados em cada fase, com as principais funções empregadas e sua finalidade, está documentada no Apêndice K.

APÊNDICE K - PACOTES R UTILIZADOS NO PROJETO

Este apêndice documenta os pacotes R empregados na execução completa do projeto, com a função ou comando efetivamente utilizado e sua finalidade. A apresentação separa, deliberadamente, os pacotes mobilizados pela análise histórica daqueles empregados na análise econométrica e na geração das tabelas e figuras dos apêndices, refletindo a arquitetura em duas partes do pipeline.

K.1 Pacotes Utilizados na Análise Histórica

A análise histórica, executada pelos scripts 001 a 006, mobilizou um conjunto enxuto de pacotes, voltado à leitura, à agregação e à visualização exploratória das séries de exportação, além da construção dos mapas regionais.

Quadro K.1 - Pacotes R utilizados na análise histórica (scripts 001 a 006)

Pacote	Função / comando utilizado	Finalidade no projeto
tidyverse	<code>filter()</code> , <code>select()</code> , <code>mutate()</code> , <code>group_by()</code> , <code>summarise()</code>	Filtragem, seleção, criação e agregação das séries por UF, ano e setor SH2.
tidyverse (ggplot2)	<code>ggplot()</code> , <code>geom_line()</code> , <code>geom_col()</code> , <code>geom_area()</code>	Construção dos gráficos exploratórios da pauta e dos destinos de exportação.
lubridate	<code>ymd()</code> , <code>year()</code> , <code>floor_date()</code>	Padronização e tratamento das datas das séries temporais.
scales	<code>label_number()</code> , <code>label_percent()</code>	Formatação dos eixos (valores em bilhões/milhões e participações em %).
patchwork	operador <code>+</code> , <code>plot_layout()</code>	Composição de múltiplos painéis em uma única figura.
sf	<code>st_read()</code> , operações sobre geometrias	Manipulação de dados geoespaciais (Simple Features) para os mapas.
geobr	<code>read_state()</code> , <code>read_country()</code>	Obtenção das malhas territoriais oficiais do IBGE para os mapas de exportação.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da inspeção direta do código-fonte dos scripts 001 a 006.

K.2 Pacotes Utilizados na Análise Econométrica e na Geração dos Apêndices

A análise econométrica, executada pelos scripts 00 a 18, mobilizou um conjunto significativamente mais amplo de pacotes, abrangendo a coleta de dados externos, a desagregação temporal, a estimação dos modelos ARDL/ECM, a bateria de testes diagnósticos e a renderização das tabelas e figuras que compõem os Apêndices A a I.

Quadro K.2 - Pacotes R utilizados na análise econométrica e na geração dos apêndices (scripts 00 a 18)

Pacote	Função / comando utilizado	Finalidade no projeto
tidyverse	filter()/select()/mutate()/group_by()/summarise()	Manipulação e agregação tabular geral das séries.
tidyr	pivot_longer()/pivot_wider()/crossing()	Reestruturação dos painéis e geração de grades país × setor.
readr	read_csv()/write_csv()	Leitura e escrita de arquivos de texto delimitado.
readxl / writexl	read_excel()/write_xlsx()	Importação dos dados e exportação dos resultados em planilhas .xlsx.
janitor	clean_names()	Padronização (snake_case) dos nomes de colunas.
stringr / stringi	str_detect()/str_replace()/str_trans_general()	Normalização e limpeza de textos e rótulos.
lubridate	ymd()/floor_date()	Tratamento das datas mensais das séries.
zoo	na.approx()/rollmean()	Interpolação de lacunas e médias móveis nas séries.
fredr	fredr()	Coleta do PIB e de indicadores macroeconômicos externos junto ao FRED.
httr / jsonlite	GET()/fromJSON()	Requisições às APIs externas e leitura das respostas em JSON.
tempdisagg	td() (método chow-lin)	Desagregação temporal do PIB anual em séries mensais - Apêndice A.
broom	tidy()/glance()	Organização das saídas dos modelos em formato tabular.

Pacote	Função / comando utilizado	Finalidade no projeto
ARDL	ardl()/uecm()/bounds_f_test() /recm()	Estimação dos modelos ARDL, teste de limites e ECM - núcleo econométrico.
tseries	adf.test()	Teste de raiz unitária ADF - Apêndice F.
urca	ur.za()	Teste de raiz unitária com quebra estrutural (Zivot-Andrews) - Apêndice F.
lmtest	bgtest()/bptest()	Autocorrelação (Breusch-Godfrey) e heterocedasticidade (Breusch-Pagan) - Apêndice G.
FinTS	ArchTest()	Teste ARCH-LM de heterocedasticidade condicional - Apêndice G.
base (stats)	shapiro.test()/Box.test()	Normalidade (Shapiro-Wilk) e autocorrelação (Ljung-Box) - Apêndice G.
strucchange	efp()/sctest()	Estatísticas CUSUM de estabilidade dos parâmetros - Apêndice I.
dynlm	dynlm()	Estimação dinâmica auxiliar dos resíduos recursivos do CUSUM - Apêndice I.
gt	gt()/tab_header()/fmt_number() /tab_style()	Construção das tabelas formatadas dos apêndices.
webshot2	via gt::gtsave()	Renderização das tabelas gt em imagem PNG - Apêndices B, C, D, E, F e G.
gridExtra / grid	arrangeGrob()/textGrob()	Composição em grade e anotação das figuras consolidadas.
png	readPNG()	Leitura dos PNG individuais do CUSUM para recomposição em grade - Apêndice I.
patchwork	operador +, wrap_plots()	Justaposição dos painéis Pernambuco × Brasil - Apêndice H.
scales	label_number()/squish()	Formatação e truncamento (± 15) das escalas dos heatmaps - Apêndice H.
ggplot2	ggplot()/geom_tile()/ggsave()	Motor gráfico dos heatmaps e exportação das figuras.

Fonte: Elaborado pelo autor a partir da inspeção direta do código-fonte dos scripts 00 a 18, incluindo os scripts de geração dos apêndices (17a–17d e 18a–18e).

K.3 Observações sobre as Versões dos Pacotes e o Ambiente de Execução

Todos os pacotes listados foram utilizados em suas versões disponíveis no CRAN (Comprehensive R Archive Network) à época da execução, sob a linguagem R. A reprodutibilidade do estudo pressupõe a instalação prévia desses pacotes, realizada automaticamente pelos próprios scripts por meio de uma rotina de verificação e instalação condicional (`if (!require(p)) install.packages(p)`).

A geração das tabelas dos apêndices apoia-se na dupla `gt` e `webshot2`: a função `gt::gtsave()` converte cada tabela formatada em imagem PNG, o que exige um navegador headless (Chromium) instalado pelo `webshot2`, em caso de primeira execução, recomenda-se rodar `webshot2::install_browser()`. As figuras consolidadas (heatmaps e grades CUSUM) são exportadas por `ggplot2::ggsave()`, com composição feita por `patchwork` e `gridExtra/grid`. Em ambiente Windows com locale PT-BR, caso a fonte serif gere ruído na exportação, o tema recai sobre a fonte padrão do R sem interromper a execução.

APÊNDICE L - GLOSSÁRIO

O presente glossário reúne os principais termos técnicos empregados ao longo deste trabalho, organizados em ordem alfabética. As definições foram calibradas para o uso específico no contexto da pesquisa, priorizando clareza interpretativa em detrimento de exaustividade formal. Para tratamentos mais aprofundados, recomenda-se consulta às referências citadas em cada verbete.

ADF (Augmented Dickey-Fuller). Teste estatístico de raiz unitária formalizado por Dickey e Fuller (1979), utilizado para verificar a estacionariedade de uma série temporal. A hipótese nula é a presença de raiz unitária (série não estacionária). Um p-valor inferior a 0,05 leva à rejeição da hipótese nula e à conclusão de que a série é estacionária no nível considerado.

ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity). Teste proposto por Engle (1982) para detectar a presença de heterocedasticidade condicional autorregressiva nos resíduos de um modelo, ou seja, a existência de períodos com volatilidade agrupada. Particularmente relevante em séries econômicas e financeiras sujeitas a choques externos.

ARDL (Autoregressive Distributed Lag). Modelo de Defasagens Distribuídas Autorregressivas, formalizado por Pesaran, Shin e Smith (2001). Acomoda variáveis com diferentes ordens de integração ($I(0)$ e $I(1)$) sem incorrer em regressão espúria e estima, em um mesmo passo, as relações de equilíbrio de longo prazo e a dinâmica de ajuste de curto prazo via Mecanismo de Correção de Erros.

Bounds Test. Teste de cointegração proposto por Pesaran, Shin e Smith (2001) no contexto da modelagem ARDL. Avalia conjuntamente os coeficientes dos termos em nível por meio de um teste F, comparando o resultado a dois limites críticos: o inferior (calculado sob a hipótese de que todas as variáveis são $I(0)$) e o superior (sob a hipótese de que todas são $I(1)$). A presença de cointegração é confirmada quando o F calculado supera o limite superior.

Breusch-Godfrey. Teste de autocorrelação serial dos resíduos, particularmente confiável na presença de variáveis dependentes defasadas, como

ocorre no ARDL. Testa a hipótese nula de ausência de autocorrelação até uma ordem especificada.

Breusch-Pagan. Teste de heterocedasticidade que verifica se a variância dos resíduos se mantém constante ao longo do tempo. A rejeição da hipótese nula indica que os erros-padrão da regressão devem ser corrigidos por procedimentos robustos.

Chow-Lin. Técnica de desagregação temporal proposta por Chow e Lin (1971), utilizada para estimar séries de alta frequência (mensais) consistentes com totais de baixa frequência (trimestrais), a partir de indicadores auxiliares de alta frequência. Aplicada neste trabalho para mensalizar as séries de PIB dos cinco países parceiros.

Cointegração. Propriedade estatística pela qual duas ou mais séries temporais não estacionárias se movem conjuntamente no longo prazo, ainda que individualmente apresentem raiz unitária. A existência de cointegração entre as variáveis do modelo justifica a aplicação do Mecanismo de Correção de Erros.

CPI (Consumer Price Index). Índice de preços ao consumidor, utilizado neste trabalho como deflator das séries macroeconômicas dos países parceiros no cálculo da taxa de câmbio real bilateral.

CUSUM (Cumulative Sum of Recursive Residuals). Teste de estabilidade dos parâmetros proposto por Brown, Durbin e Evans (1975). Acumula os resíduos recursivos do modelo e os compara com bandas de confiança de 5%; trajetórias contidas nas bandas indicam estabilidade dos parâmetros ao longo do período amostral.

Defasagem. Em séries temporais, refere-se a uma observação de período anterior. No contexto do ARDL, a ordem de defasagem (p para a variável dependente, q para as explicativas) determina quantos períodos passados são incluídos como regressores. A seleção é realizada pelo critério AIC, com limite máximo de quatro períodos neste trabalho.

Dummy. Variável binária (assume valores 0 ou 1) incluída em modelos econométricos para representar a presença ou ausência de uma condição específica, como períodos de crise, mudanças regulatórias ou eventos pontuais. Utilizada neste trabalho para captar o efeito do início de operação da RNEST e da Stellantis sobre as exportações pernambucanas.

ECM (Error Correction Mechanism). Mecanismo de Correção de Erros. Componente do modelo ARDL que decompõe a relação entre variáveis em duas dimensões: a dinâmica de curto prazo (coeficientes das primeiras diferenças) e a velocidade de retorno ao equilíbrio de longo prazo (coeficiente ϕ do termo de correção). Conforme equação (15) do Capítulo 8.

Elasticidade. Medida adimensional da sensibilidade percentual de uma variável dependente em resposta a uma variação percentual em uma variável independente, formalizada por Marshall (1920). Quando o modelo é especificado em logaritmo natural, os coeficientes estimados representam diretamente elasticidades.

Elasticidade-preço. Sensibilidade da quantidade demandada de um bem em relação ao seu próprio preço (ou, no caso deste trabalho, ao preço relativo entre Pernambuco e Brasil). Espera-se valor negativo, dada a relação inversa entre preço e quantidade.

Elasticidade-renda. Sensibilidade da quantidade demandada em relação à renda do consumidor ou, no comércio internacional, à renda do país importador (PIB). Bens com elasticidade-renda superior a 1 são classificados como superiores ou de luxo; entre 0 e 1, como bens normais ou de necessidade; negativa, como bens inferiores.

FOB (Free on Board). Termo do comércio internacional segundo o qual o valor exportado declarado corresponde ao preço da mercadoria no porto de embarque do país exportador, excluindo custos de frete e seguro internacionais. Padrão adotado pelo MDIC para o registro das exportações brasileiras.

FRED (Federal Reserve Economic Data). Base de dados macroeconômicos mantida pelo Federal Reserve Bank of St. Louis, utilizada neste trabalho para a coleta automatizada (via API) das séries de PIB e indicadores mensais de alta frequência dos países parceiros.

Heterocedasticidade. Violação do pressuposto de variância constante dos resíduos em um modelo de regressão. Quando detectada, a inferência estatística pode ser corrigida por meio de erros-padrão robustos do tipo Newey-West (1987).

I(0), I(1), I(2). Notação para a ordem de integração de uma série temporal. Uma série I(0) é estacionária em nível; uma série I(1) requer uma diferenciação para se

tornar estacionária; uma série $I(2)$ requer duas diferenciações. O modelo ARDL admite combinações de variáveis $I(0)$ e $I(1)$, mas exclui $I(2)$.

IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo). Índice oficial de inflação brasileiro, calculado pelo IBGE, utilizado neste trabalho como deflator nacional no cálculo da taxa de câmbio real bilateral.

Jarque-Bera. Teste estatístico de normalidade dos resíduos, complementar ao Shapiro-Wilk. Avalia simultaneamente as estatísticas de assimetria e curtose da distribuição empírica dos resíduos.

Lambda (λ). No contexto do ECM, refere-se ao coeficiente de velocidade de ajuste do termo de correção de erros. Espera-se valor negativo (para garantir retorno ao equilíbrio) e estatisticamente significativo, com módulo entre 0 e 1. Valores próximos de 1 indicam ajuste rápido; próximos de 0, ajuste lento. A meia-vida do ajuste é calculada conforme equação (17) do Capítulo 8.

Ljung-Box. Teste de autocorrelação serial que examina conjuntamente as autocorrelações dos resíduos até uma ordem definida (12 defasagens neste trabalho, em correspondência com a periodicidade mensal). A rejeição indica que o modelo não capturou adequadamente a estrutura dinâmica residual.

LOESS (Locally Estimated Scatterplot Smoothing). Técnica de regressão local ponderada proposta por Cleveland (1979). Ajusta-se a diferentes segmentos de uma série e capta inflexões que o ajuste linear global não revela. Utilizada na fase descritiva deste trabalho para estimar tendências de longo prazo das exportações.

MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Fonte primária dos dados de exportação utilizados neste trabalho, organizados por município de domicílio fiscal do exportador, em periodicidade mensal e nível SH4 de classificação.

Meia-vida do ajuste. Tempo (em meses) necessário para que metade do desequilíbrio entre uma variável e seu nível de longo prazo seja corrigida. Calculada como $\ln(0,5)/\ln(1+\phi)$, onde ϕ é o coeficiente de velocidade de ajuste do ECM.

MQO (Mínimos Quadrados Ordinários). Método clássico de estimação de regressões lineares, que minimiza a soma dos quadrados dos resíduos. Em séries

temporais não estacionárias, sua aplicação direta pode produzir regressões espúrias (Granger; Newbold, 1974), o que motiva a adoção de modelos como o ARDL.

Newey-West. Procedimento de correção dos erros-padrão da regressão proposto por Newey e West (1987), robusto à presença simultânea de autocorrelação e heterocedasticidade nos resíduos. Aplicado neste trabalho aos modelos que apresentaram violação dessas premissas.

Painel. Estrutura de dados que combina observações de múltiplas unidades (no caso deste trabalho, combinações setor-destino) ao longo do tempo. O painel integrado deste estudo reúne, para cada combinação, as cinco variáveis do modelo ARDL em periodicidade mensal.

PIB (Produto Interno Bruto). Valor monetário de todos os bens e serviços finais produzidos em uma economia em um período. Neste trabalho, utilizado como *proxy* para a renda dos países parceiros, mantido em moeda original de cada país para evitar distorções por conversão cambial.

Preço relativo (PR). Variável construída como a razão entre o preço unitário praticado por Pernambuco em uma exportação específica e o preço unitário médio praticado pelo Brasil para o mesmo setor no mercado global, conforme equação (19). Valores acima de 1 indicam que Pernambuco pratica preço superior à média nacional para aquele produto.

Preço unitário (PU). Razão entre o valor FOB exportado e o peso líquido em quilogramas, em uma dada combinação de origem, setor e destino. Insumo para o cálculo do preço relativo.

PTAX. Taxa de câmbio nominal de referência divulgada diariamente pelo Banco Central do Brasil, utilizada neste trabalho como base para o cálculo do câmbio real bilateral entre o real e a moeda de cada parceiro.

Raiz unitária. Característica de séries temporais não estacionárias, identificada pelo teste ADF. Uma série com raiz unitária requer diferenciação para tornar-se estacionária e ser adequadamente modelada.

Regressão espúria. Relação estatisticamente significativa entre variáveis sem conexão econômica real, fenômeno descrito por Granger e Newbold (1974) e típico

da aplicação de MQO a séries não estacionárias. A adoção do modelo ARDL com *Bounds Test* protege contra esse risco.

Resíduo. Diferença entre o valor observado da variável dependente e o valor previsto pelo modelo. As propriedades estatísticas dos resíduos (normalidade, ausência de autocorrelação, homocedasticidade) são avaliadas pela bateria de testes de diagnóstico documentada nos Apêndices D, H e I.

SH (Sistema Harmonizado). Sistema internacional padronizado de classificação de mercadorias para fins aduaneiros e estatísticos, estruturado em níveis hierárquicos. O nível SH2 (capítulos, dois dígitos) agrega categorias amplas de produtos; o nível SH4 (posições, quatro dígitos) oferece especificidade setorial intermediária. Este trabalho utiliza o nível SH2 nas estimações econométricas.

Shapiro-Wilk. Teste estatístico de normalidade dos resíduos, recomendado para amostras de tamanho moderado. A rejeição da hipótese nula indica que os resíduos não seguem distribuição normal, o que pode comprometer a validade dos testes baseados nas distribuições t e F em amostras pequenas.

Significância estatística. Probabilidade de que um coeficiente estimado seja diferente de zero por razões não atribuíveis ao acaso. Convencionalmente, considera-se significativo um coeficiente com p-valor inferior a 0,05 (5%); neste trabalho, a notação “***” indica $p < 0,01$, “**” indica $p < 0,05$ e “*” indica $p < 0,10$.

TCR (Taxa de Câmbio Real). Taxa de câmbio bilateral entre o real brasileiro e a moeda de um parceiro, ajustada pelo diferencial de inflação entre os dois países, conforme equação (20). Uma elevação do TCR indica desvalorização real do real, o que melhora a competitividade-preço das exportações brasileiras.

Tendência (estimação de). Trajetória de longo prazo de uma série temporal, isolada de oscilações de curto prazo. Neste trabalho, estimada por duas técnicas complementares: regressão linear por MQO (direção e intensidade médias) e LOESS (captura de inflexões).

Termo de correção de erros (ECT). Componente do ECM que mede o desvio da variável dependente em relação ao seu nível de equilíbrio de longo prazo no período anterior. O coeficiente ϕ associado a esse termo indica a fração do

desequilíbrio que é corrigida no período corrente, conforme equação (16) do Capítulo 8.

Thirlwall (Lei de). Proposição de Thirlwall (1979) que estabelece que a taxa de crescimento de longo prazo de um país compatível com o equilíbrio do balanço de pagamentos é dada pela razão entre a elasticidade-renda das exportações e a elasticidade-renda das importações, multiplicada pela taxa de crescimento dos parceiros comerciais. Conforme equação (8) do Capítulo 6.

Volatilidade cambial (VOL). Medida da variabilidade da taxa de câmbio real ao longo do tempo, calculada neste trabalho como o desvio-padrão móvel de doze meses da primeira diferença do logaritmo do câmbio real, conforme equação (21). Utilizada como regressor para captar o efeito da incerteza sobre as decisões de exportação.

Zivot-Andrews. Teste de raiz unitária proposto por Zivot e Andrews (1992) que generaliza o ADF ao permitir uma quebra estrutural endógena na série, identificada pelo próprio teste. Particularmente relevante para as séries pernambucanas de Combustíveis e Veículos, que apresentam quebra estrutural clara em 2016, decorrente da entrada em operação da RNEST e da Stellantis.