



Universidade Federal da Paraíba  
Centro de Ciências Sociais Aplicadas  
Programa de Pós-Graduação em Economia

**ANÁLISE ECONÔMICA DE ENTES  
SUBNACIONAIS: estimação e aplicação de  
índices de atividade econômica para os estados  
nordestinos (2004-2023)**

**GLEYDSON KELSON CORREIA E CASTRO**

João Pessoa - PB  
2024

**GLEYDSON KELSON CORREIA E CASTRO**

**ANÁLISE ECONÔMICA DE ENTES  
SUBNACIONAIS: estimação e aplicação de índices de  
atividade econômica para os estados nordestinos  
(2004-2023)**

Dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal da Paraíba (PPGE/UFPB), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Orientador: Prof. Dr. Cássio da Nóbrega Besarria

Coorientador: Prof. Dr. Sinézio Fernandes Maia

João Pessoa - PB  
2024

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

C355a Castro, Gleydson Kelson Correia e.

Análise econômica de entes subnacionais : estimação e aplicação de índices de atividade econômica para os estados nordestinos (2004-2023) / Gleydson Kelson Correia e Castro. - João Pessoa, 2024.

65 f. : il.

Orientação: Cássio da Nóbrega Besarria.

Coorientação: Sinézio Fernandes Maia.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCSA/PPGE.

1. Economia. 2. Índice de atividade econômica - Nordeste. 3. Datação de ciclos econômicos. 4. Curva de Laffer. I. Besarria, Cássio da Nóbrega. II. Maia, Sinézio Fernandes. III. Título.

UFPB/BC

CDU 33(043)



**Universidade Federal da Paraíba**  
**Centro de Ciências Sociais Aplicadas**  
**Programa de Pós-Graduação em Economia**

Campus Universitário I – Cidade Universitária – CEP 58.059-900 – João Pessoa – Paraíba

Tel: (83) 3216-7482 – <https://sigaa.ufpb.br/sigaa/public/programa/portal.jsf?id=1875> – E-mail: [ppge.ccsa@gmail.com](mailto:ppge.ccsa@gmail.com)

Ata da reunião da Banca Examinadora designada para avaliar o trabalho de Dissertação do mestrando **Gleydson Kelson Correia e Castro**, submetida para obtenção do grau de Mestre em Economia, área de concentração em **Economia Aplicada**.

Aos vinte e três dias, do mês de fevereiro, do ano dois mil e vinte quatro, às quatorze horas, no Programa de Pós-Graduação em Economia, do Centro de Ciências Sociais Aplicadas, da Universidade Federal da Paraíba, reuniram-se remotamente, os membros da Banca Examinadora, constituída pelos professores doutores, **Cássio da Nóbrega Besarria** (Orientador), da Universidade Federal da Paraíba; **Sinézio Fernandes Maia** (Coorientador), da Universidade Federal da Paraíba; **Edilean Kleber da Silva Bejarano Aragón** (Examinador Interno), da Universidade Federal da Paraíba; **Marcos Falcão Gonçalves** (Examinador Externo), do Banco do Nordeste, a fim de examinarem o candidato ao grau de mestre em Economia, área de concentração em **Economia Aplicada**, **Gleydson Kelson Correia e Castro**. Além dos examinadores e do examinando, compareceram também, representantes do Corpo Docente e do Corpo Discente. Iniciando a sessão, o professor **Cássio da Nóbrega Besarria**, na qualidade de presidente da Banca Examinadora, comunicou aos presentes a finalidade da reunião e os procedimentos de encaminhamento desta. A seguir, concedeu à palavra ao candidato, para que fizesse oralmente a exposição do trabalho, apresentado sob o título: **“ANÁLISE ECONÔMICA DE ENTES SUBNACIONAIS: estimação e aplicação de índices de atividade econômica para os estados nordestinos (2004-2023)”**. Concluída a exposição, o senhor presidente solicitou que fosse feita a arguição por cada um dos examinadores. A seguir foi concedida a palavra a candidata, para que respondesse e esclarecesse às questões levantadas. Terminadas as arguições, a Banca Examinadora passou a proceder à avaliação e ao julgamento da candidata. Em seguida, o senhor presidente comunicou aos presentes que a Banca Examinadora, por unanimidade, **aprovou** a dissertação apresentada e defendida com o conceito **APROVADO**, concedendo assim, o grau de **Mestre em Economia**, área de concentração em **Economia Aplicada**, ao mestrando **Gleydson Kelson Correia e Castro**. E, para constar, eu, Waleska Christina de Castro, secretária *ad hoc* do Programa de Pós-Graduação em Economia, lavrei a presente ata, que assino junto com os membros da Banca Examinadora. João Pessoa, 23 de fevereiro de 2024.

**Prof. Dr. Cássio da Nóbrega Besarria**  
Orientador – UFPB



Documento assinado digitalmente

CASSIO DA NOBREGA BESARRIA  
Data: 23/02/2024 15:05:39-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Sinézio Fernandes Maia**  
Coorientador – UFPB



Documento assinado digitalmente

EDILEAN KLEBER DA SILVA BEJARANO ARAGON  
Data: 23/02/2024 20:15:15-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Edilean Kleber da Silva Bejarano Aragón**  
Examinador Interno – UFPB



Documento assinado digitalmente

MARCOS FALCAO GONCALVES  
Data: 23/02/2024 15:37:54-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

**Prof. Dr. Marcos Falcão Gonçalves**  
Examinador Externo – Banco do Nordeste

*Waleska Castro*

**Waleska Christina de Castro**  
Secretária *Ad Hoc* – PPGE/ UFPB

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	8
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA E EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS</b>	11
2.1	Indicadores de Atividade Econômica (IAE)	11
2.2	Aplicações com Índices de Atividade Econômica (IAE)	14
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	17
3.1	Base de Dados	17
3.2	Estratégia Empírica	19
3.2.1	Construção dos Indicadores de Atividade Econômica (IAE)	19
3.3	Datação dos Ciclos Econômicos	21
3.3.1	Modelo Bry-Boschan	21
3.3.2	Algoritmo Bry-Boschan	22
3.3.3	Modelo Markov-Switching	24
3.4	Modelo de Definição da Alíquota Ótima de Tributos	25
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	27
4.1	Análise dos Componentes Principais	27
4.2	Índice de Atividade Econômica (IAE)	29
4.3	Datação de Ciclos Econômicos	37
4.3.1	Modelo Bry-Boschan (BBM)	37
4.3.2	Modelo Markov-Switching	40
4.4	Modelo de alíquota ótima para a Arrecadação de ICMS na Paraíba	46
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	49
	<b>REFERÊNCIAS</b>	51
	<b>APÊNDICE A – TRATAMENTO DO IAE ESTADOS DO NE</b>	54
	<b>APÊNDICE B – DATAÇÃO DE CICLOS BRY-BOSCHAN</b>	56
	<b>APÊNDICE C – DATAÇÃO DE CICLOS MARKOV-SWITCHING</b>	59
	<b>APÊNDICE D – MODELO DE ALÍQUOTA ÓTIMA DE ICMS</b>	61

# Lista de Siglas

ARIMA Autoregressive Integrated Moving Average

BCB Banco Central do Brasil

COFINS Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CSLL Contribuição Social sobre o Lucro Líquido

EPE Empresa de Pesquisa Energética

EQM Erro Quadrado Médio

FIPE Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas

IAE Índice de Atividade Econômica

ICMS Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicação

IE Imposto de Exportação

IE Imposto de Importação

IMEC Indicador de Movimentação Econômica

IOF Imposto sobre Operações Financeiras

IPI Imposto sobre Produtos Industrializados

IRPF Imposto sobre a Renda das Pessoas Físicas

IRPJ Imposto sobre a Renda das Pessoas Jurídicas

ISE Indicador de Sentimento Econômico

ITCD Imposto sobre Transmissão Causa Mortis e Doação

ITR Imposto Territorial Rural

PIS/PASEP Programa de Integração Social e Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

SEFAZ Secretaria de Estado da Fazenda

SENATRAN Secretaria Nacional de Trânsito

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Representação Teórica da Curva de <i>Laffer</i> . . . . .	25
Figura 2 – Índice de Atividade Econômica (IAE) - Estados do Nordeste (jan/04 - jul/23) . . . . .	30
Figura 3 – IAE x Tendência Filtro HP - Estados do Nordeste (Jan/04 - jul/23) . . . . .	32
Figura 4 – IAE x Ciclo Econômico Filtro HP - Estados do Nordeste (jan/04 - jul/23) . . . . .	33
Figura 5 – IAE Estados do Nordeste x IBCR-NE do BCB (jan/04 - jul/23) . . . . .	35
Figura 6 – IAE Estados do Nordeste x IBC-Br do BCB (jan/04 - jul/23) . . . . .	36
Figura 7 – Datação de Ciclos Econômicos do IAE - Modelo Bry-Boschan (jan/04 - jul/23) . . . . .	37
Figura 8 – Datação de Ciclos Econômicos do IBCR-NE - Modelo Bry-Boschan (jan/04 - jul/23) . . . . .	39
Figura 9 – Ciclos Econômicos do Modelo MSM para a Taxa de Crescimento do IAE Estados do Nordeste (fev/04 - jul/23) . . . . .	44
Figura 10 – Séries temporais do modelo de alíquota ótima ICMS (Jan/04 - jul/23) . . . . .	46
Figura 11 – <i>Monthplot</i> do IAE Estados do Nordeste (jan/04 - jul/23) . . . . .	54
Figura 12 – Decomposição do IAE Estados do Nordeste (jan/04 - jul/23) . . . . .	55
Figura 13 – Taxa de Crescimento (em %) do IAE Estados do Nordeste (fev/04 - jul/23) . . . . .	59
Figura 14 – Probabilidades Suavizadas e Filtradas do MSM para o IAE Estados do Nordeste (fev/04 - jul/23) . . . . .	60

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Variáveis do modelo e fonte dos dados . . . . .	18
Tabela 2 – Componentes principais estimados por matriz de correlação para as variáveis que compõe o IAE (jan/2004 - jul-2023) . . . . .	28
Tabela 3 – Peso (em %) das variáveis que compõem o IAE - Estados do Nordeste (jan/2004 - jul/2023) . . . . .	29
Tabela 4 – Estatísticas Descritivas - IAE Estados do Nordeste (jan/2004 - jul/2023)	31
Tabela 5 – Estatísticas Descritivas das Recessões por BBM (jan/2004 - jul/2023) .	40
Tabela 6 – Estatísticas Descritivas da Taxa de Crescimento do IAE (fev/2004 - jul/2023) . . . . .	41
Tabela 7 – Datação de ciclos econômicos do IAE Estados do Nordeste por Markov Switching (fev/04 - jul/23) . . . . .	42
Tabela 8 – Equação de cointegração modelo de alíquota ótima ICMS (jan/04 - jul/23)	48
Tabela 9 – Datação de ciclos econômicos do IAE-PB por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23) . . . . .	56
Tabela 10 – Datação de ciclos econômicos do IAE-BA por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23) . . . . .	56
Tabela 11 – Datação de ciclos econômicos do IAE-CE por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23) . . . . .	57
Tabela 12 – Datação de ciclos econômicos do IAE-MA por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23) . . . . .	57
Tabela 13 – Datação de ciclos econômicos do IAE-PE por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23) . . . . .	57
Tabela 14 – Datação de ciclos econômicos do IAE-RN por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23) . . . . .	58
Tabela 15 – Datação de ciclos econômicos do IBCR-NE por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23) . . . . .	58
Tabela 16 – Testes de raiz unitária das séries temporais modelo de alíquota ótima ICMS . . . . .	61
Tabela 17 – Testes de cointegração das séries temporais modelo de alíquota ótima ICMS . . . . .	61

*Dedico este trabalho aos meus familiares e amigos. Em especial, à minha mãe, Joseane, por seu apoio e amor incondicionais - você é razão de todo e qualquer esforço.*

# Agradecimentos

A princípio, agradeço aos meus familiares e amigos queridos, em especial à minha mãe, Joseane - a vocês, devo tudo que sou e muito do que serei. A Anderson, por toda força e companheirismo, sua presença proporcionou equilíbrio e alegria à minha jornada. Ao meu orientador, Prof. Cássio, sou profundamente grato por todas as suas ideias e suporte; sua dedicação e comprometimento foram fundamentais para o desenvolvimento desta dissertação. Ao Prof. Sinézio, por toda sua contribuição na minha jornada como acadêmico de Economia. Vocês me fizeram ir além do que eu imaginava ser capaz. De modo especial, agradeço à Sarah - sua amizade e apoio foram um conforto constante, e trouxeram muita inspiração ao longo deste caminho.

*"One of the greatest pieces of economic wisdom is to know what you do not know."*

*- John Galbraith*

# Resumo

Esta dissertação tem o propósito de estimar os índices de atividade econômica (IAE) mensais para os estados da região Nordeste (Paraíba, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco e Rio Grande do Norte), no período de jan/2004 a jul/2023, à luz do IMEC-FIPE. Após o desenvolvimento dos indicadores, pretende-se realizar a datação dos ciclos econômicos nos estados analisados, bem como efetuar a estimação da Curva de *Laffer* para a arrecadação estadual de IMCS. Os principais resultados indicam uma boa aderência dos indicadores mensurados a longo prazo, quando comparados aos índices oficiais (IBCR-NE e IBC-Br). Pelos modelos de datação de ciclos econômicos (Bry-Boschan e Markov-Switching), foi possível criar uma cronologia mensal das recessões nos estados nordestinos para o período estudado, bem como, estimar as probabilidades de permanência dos cenários recessivos. Por fim, com a estimação da Curva de *Laffer*, foi possível observar que as alíquotas críticas (que maximizam a arrecadação) de ICMS variam entre 18,58% e 20,58%, sendo que apenas o estado paraibano aplicava uma alíquota nominal próxima desse valor. Desse modo, foi realizado o cômputo do IAE para os estados pretendidos, destacando sua capacidade de mensurar o nível de atividade econômica, agilizar a interpretação do cenário econômico e reduzir o intervalo entre coleta, manipulação e divulgação de indicadores. Conclui-se, por meio de suas aplicações, que o IAE também desempenha um papel relevante na formação de expectativas dos agentes econômicos e na orientação de políticas públicas.

**Palavras-chave:** Índice de Atividade Econômica; Datação de Ciclos Econômicos; Curva de *Laffer*; Nordeste Brasileiro.

**Classificação JEL:** C43; E32; E62; R11.

# Abstract

This dissertation aims to estimate monthly Economic Activity Index (IAE) for the states in the Northeast region of Brazil (Paraíba, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, and Rio Grande do Norte) in the period from Jan/2004 to Jul/2023, based on the IMEC-FIPE. After developing the indicators, the intention is to date the economic cycles in the analyzed states and estimate the *Laffer* Curve for state revenue of ICMS. The main results indicate a good long-term fit of the measured indicators when compared to official indices (IBCR-NE and IBC-Br). Using economic cycle dating models (Bry-Boschan and Markov-Switching), it was possible to create a monthly chronology of recessions in the Northeastern states for the studied period and estimate the probabilities of remaining in recessionary scenarios. Finally, with the estimation of the *Laffer* Curve, it was observed that the critical rates (which maximize revenue) for ICMS range between 18.58% and 20.58%, with only the state of Paraíba applying a nominal rate close to this value. Thus, the computation of the IAE was carried out for the intended states, highlighting its ability to measure the level of economic activity, streamline the interpretation of the economic scenario, and reduce the time between data collection, manipulation, and indicator disclosure. It is concluded, through its applications, that the IAE also plays a relevant role in shaping the expectations of economic agents and guiding public policies.

**Keywords:** Economic Activity Index; Economic Cycle Dating; *Laffer* Curve; Brazilian Northeast.

**JEL Code:** C43; E32; E62; R11.

# 1 INTRODUÇÃO

O processo de formação de expectativas dos agentes econômicos é composto pela compreensão de diversos aspectos que afetam seus comportamentos, como, por exemplo, o nível de atividade econômica, por meio do qual é possível obter uma melhor visão a respeito dos movimentos da atividade produtiva de um país ou região - e que possibilita a identificação de situações de expansão ou contração econômica. O acompanhamento das variáveis macroeconômicas e, consecutivamente, do desempenho das atividades, possibilita um melhor planejamento dos agentes econômicos, capacitando-os a reduzir a incerteza nas suas decisões futuras.

Nesse contexto, informações relativas ao passado, ao presente e às expectativas futuras são utilizadas pelos agentes no planejamento de atividades, no direcionamento de políticas econômicas, na realização de consumo e na implementação de planos de investimentos. Assim, o acompanhamento da atividade produtiva é um fator essencial para a continuidade do processo decisório, e a relevância das informações é diretamente proporcional a sua recenticidade (AZZONI; LATIF, 1995).

Contudo, existem alguns obstáculos que dificultam a obtenção desses dados, tais como: i) defasagem temporal entre os momentos de coleta, manipulação e divulgação dos indicadores de atividade econômica: no Brasil há ausência de indicadores de atividade ágeis, consistentes e atualizados (PEROBELLI et al., 2017); ii) periodicidade das medidas: as métricas costumam ser divulgadas em medidas anuais, não permitindo entender o contexto pormenorizado dos processos produtivos (SAMPAIO, 2004); e iii) nível de agregação das informações divulgadas: indicadores nacionais são priorizados em detrimento de medidas regionalizadas; dados sobre a produção de um estado ou de um município, por exemplo, são de mais difícil acesso, e o processo decisório dos agentes passa a ser composto por indicadores mais genéricos e que não refletem, necessariamente, a realidade da qual fazem parte (RIBEIRO, 2003a).

Conforme Dias, Monteiro e Schumacher (2009), uma das características dos indicadores agregados de atividade econômica é o hiato temporal entre a ocorrência dos fatos econômicos e a divulgação da medida. Assim, o impacto das flutuações econômicas só passa a ser de conhecimento do público após sua ocorrência. Por outro lado, quando se utiliza um indicador antecedente, há a antecipação desses movimentos e de seus impactos sobre a economia local. Desse modo, o indicador antecedente é capaz de sinalizar com maior rapidez as flutuações de curto prazo, permitindo que os agentes econômicos maximizem ganhos (ou minimizem perdas)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Vale salientar a diferença entre indicadores econômicos coincidentes (que avaliam o estado atual das variáveis, conforme elas ocorrem), antecedentes (que buscam prever o comportamento futuro das variáveis) e atrasados (que mensuram o desempenho de uma atividade realizada, após seu término).

Nesse contexto, como argumentam [Nogueira e Santos \(2012\)](#), o Indicador de Movimentação Econômica (IMEC), calculado e divulgado pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), é um indicador antecedente da atividade econômica. Mensurado, inicialmente, para a região metropolitana do município de São Paulo, o IMEC, em razão de sua correlação com indicadores tradicionais de atividade, pode ser utilizado como prévia do Produto Interno Bruto (PIB). Sua utilidade advém da capacidade de traduzir de maneira ágil o cenário econômico da região avaliada, sendo útil na formulação de políticas públicas, ou mesmo na gestão de recursos privados.

Essa é uma métrica possível de ser replicada para outras economias, como no caso dos estados nordestinos, tendo em vista a ausência de estudos voltados para a análise da temática na região. Além de toda riqueza de informação oriunda na elaboração dos indicadores, algumas aplicações podem ser realizadas, o que amplia o escopo de utilidade dos índices de atividade econômica na gestão governamental. Um primeiro caso seria a datação dos ciclos econômicos estaduais.

A aplicação das metodologias de ciclos econômicos centrada nos estados é justificada, primeiramente, devido à diferença entre a volatilidade no nível de atividade econômica nos estados e na região ou no país como um todo. Nesse sentido, a criação de uma cronologia específica de recessões para cada estado torna-se relevante, contrastando com cronologias abrangentes para o país. A utilização de metodologias de datação de recessões para economias estaduais pode representar uma inovação metodológica, identificando características específicas dessas localidades e contribuindo para a formulação de políticas direcionadas ao contexto estadual.

Uma outra possível aplicação é a construção de modelos de determinação da alíquota ótima de tributos, por meio da estimação da Curva de *Laffer*, que ilustra o *trade-off* existente entre carga tributária e receita governamental. O instrumento se baseia na ideia de que o aumento das alíquotas de impostos gera, inicialmente, um aumento na receita do governo, mas apenas até certo ponto, após o qual a arrecadação diminui devido ao desincentivo fiscal (cargas excessivas desestimulam a oferta de trabalho e capital), o qual só poderia ser revertido pela redução de gastos públicos e da carga tributária. Assim, ter o entendimento de qual a taxa de tributo adequada para cada economia (que maximize a receita sem desestimular a atividade econômica) seria um diferencial na gestão das políticas fiscais.

Com base nos fatos expostos, o presente trabalho tem como objetivo primeiro estimar os índices de atividade econômica (IAE) mensais para os estados da região Nordeste (Paraíba, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco e Rio Grande do Norte)<sup>2</sup>, para

<sup>2</sup> Esse recorte geográfico é realizado em virtude da constatação de que, em conjunto, os seis estados corresponderam, para o ano de 2020, por cerca de 85% do PIB da região Nordeste, segundo dados obtidos no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

o período de jan/2004 a jul/2023<sup>3</sup>, à luz do IMEC-FIPE, de modo a mensurar o nível de atividade econômica dos estados, traduzir o cenário econômico em tempo hábil e reduzir o *gap* existente entre os momentos de coleta, manipulação e divulgação dos indicadores. Em posse dos indicadores, pretende-se construir uma cronologia mensal das recessões nos estados nordestinos para o período estudado, por meio da aplicação dos modelos Bry-Boschan e Markov-Switching. Por fim, pretende-se estimar a Curva de *Laffer* para os estados, de modo a definir a alíquota ótima de ICMS para cada ente subnacional. Desse modo, o IAE seria capaz de auxiliar o processo de formação de expectativas dos agentes econômicos e nortear a gestão de políticas públicas, inclusive as de desenvolvimento regional.

Os principais resultados apontam para uma convergência de longo prazo entre os Índices de Atividade Econômica (IAE) estimados e os índices oficiais (IBCR-NE e IBC-Br). A utilização dos modelos de datação de ciclos econômicos (Bry-Boschan e Markov-Switching) permitiu a elaboração de uma cronologia mensal das recessões nos estados nordestinos durante o período estudado, e possibilitou a estimativa das probabilidades de permanência em cenários recessivos. Ao elaborar a Curva de *Laffer*, observou-se que as alíquotas críticas (que maximizam a arrecadação) de ICMS oscilam entre 18,58% e 20,58%, sendo notável que apenas o estado da Paraíba aplicava uma alíquota nominal próxima de seu valor ótimo. Conclui-se, portanto, que o IAE consegue capturar o comportamento (e especificidades) das economias estaduais; além disso, as aplicações proporcionadas por meio da construção do indicador torna mais abrangente seu escopo de utilização.

A dissertação está estruturada da seguinte maneira: além desse capítulo introdutório, como seção inicial, o capítulo segundo faz uma revisão da literatura e evidências empíricas relevantes ao prosseguimento do estudo; na terceira seção são expostos os procedimentos metodológicos da pesquisa; no quarto capítulo estão expressos os principais resultados obtidos; no quinto, as considerações finais da análise; por fim, o trabalho é seguido das referências e dos apêndices.

---

<sup>3</sup> O recorte temporal foi definido com base na disponibilidade dos dados utilizados.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA E EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS

### 2.1 Indicadores de Atividade Econômica (IAE)

No panorama internacional, é relevante ressaltar que, durante a década de 1970, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) desenvolveu uma metodologia própria para o cálculo de indicadores antecedentes compostos de periodicidade mensal, de maneira a sinalizar, antecipadamente, pontos de inflexão da atividade econômica de seus países membros. O objetivo da organização era fortalecer a tomada de decisão de economistas, empresas e formuladores de políticas - por meio da análise oportuna da situação econômica atual e de curto prazo (OCDE, 2012).

Os indicadores são elaborados para prever ciclos em uma série de referência escolhida como *proxy* para atividade econômica. Em sua metodologia, as flutuações na atividade econômica equivalem à variação da produção econômica em relação ao seu valor potencial no longo prazo. Assim, a diferença entre o produto potencial e o observado é o chamado hiato do produto; às oscilações do hiato, dar-se-á o nome de “ciclo econômico”. Apesar disso, o hiato não é diretamente observável, e seu cálculo compõe o processo geral de produção dos indicadores.

Inicialmente, a série de referência utilizada na mensuração do indicador era a produção industrial, por sua periodicidade mensal e pelos seus fortes comovimentos com a atividade econômica, em detrimento do próprio PIB, divulgado apenas trimestralmente. Entretanto, a partir de abril de 2012, a série de referência passou a ser o PIB, tendo em vista que a metodologia desenvolvida pôde ser aplicada para gerar estimativas mensais confiáveis com base nas medidas trimestrais oficiais (por meio de métodos de interpolação linear).

As séries temporais utilizadas para compor os indicadores apresentam flutuações cíclicas semelhantes e precedentes as do ciclo econômico. As séries são escolhidas com base em dois principais critérios: significado econômico (justificativa econômica para a relação anunciada) e amplitude de cobertura (dos dados econômicos). Os potenciais indicadores antecedentes são classificados em quatro categorias: estágio inicial (medem os estágios iniciais da produção); resposta rápida (respondem com celeridade a mudanças da atividade econômica); sensíveis às expectativas (medem ou são sensíveis às expectativas dos agentes); e movimentadores primários (relacionados à política monetária e ao desenvolvimento de economias estrangeiras).

Após o processo de seleção, ocorre a sequência de filtros, na qual as séries são filtradas para extração de sazonalidade, *outliers*, tendências e outros aspectos que possam

obscurer os padrões cíclicos subjacentes à série composta. As séries de componentes candidatas pré-selecionadas são avaliadas quanto ao seu desempenho cíclico usando um conjunto de métodos estatísticos.

Com isso, os pesos de cada variável são definidos de forma igualitária ou de acordo com metodologia própria aplicada ao cálculo dos pesos de cada país (OCDE, 2012). Sua agregação, por fim, é realizada com o intuito de melhorar a capacidade preditiva do indicador global, sendo realizada apenas quando os dados das séries estiverem disponíveis em pelo menos 60% do período avaliado. A composição do índice ocorre pela média das taxas de crescimento de cada um dos quatros indicadores componentes. Em seguida, as taxas médias de crescimento são encadeadas para formar o indicador final, cuja vantagem reside no fato dele ser menos sensível a dados de componentes ausentes ou atrasados.

Nilsson (2004) atesta a acurácia e a confiabilidade do indicador calculado pela OCDE, ressaltando sua performance inclusive superior ao Indicador de Sentimento Econômico (ISE), mensurado e divulgado pela União Européia (UE). Em seu trabalho, o autor elenca as principais diferenças metodológicas entre os indicadores, indicando uma maior e melhor abrangência do índice calculado pela OCDE.

A nível nacional, o Indicador de Movimentação Econômica (IMEC), elaborado pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), é um dos principais exemplos da utilização de indicadores antecedentes como instrumento de análise conjuntural na economia brasileira. Com divulgação semanal, a série, iniciada em abril de 1995, foi concebida com o intuito de mensurar a atividade produtiva da região metropolitana da cidade de São Paulo, de modo a reduzir o *gap* existente entre a ocorrência dos fatos macroeconômicos e a sua divulgação.

A ideia implícita no IMEC, como bem definido por Fava e Alves (1997), é que quanto mais aquecida uma economia, maior seria a movimentação econômica dos indivíduos (seja por lazer ou por trabalho). Desse modo, os deslocamentos de pessoas seriam um sintoma do nível de atividade econômica da região, que se refletiria, não obstante, em uma intensa movimentação de mercadorias entre os elos da cadeia produtiva e o consumidor final.

Ainda segundo os autores, por meio de um conjunto de variáveis com alta frequência de observação (apenas uma semana de defasagem) e fortemente correlacionadas com o nível de atividade econômica, o índice permite sinalizar com presteza o comportamento da atividade produtiva. Nesse contexto, em razão da sua alta correlação com outras medidas comumente utilizadas como prévia do nível de aquecimento da economia, o IMEC pode ser utilizado para previsão do comportamento da atividade econômica com maior rapidez.

Azzoni e Latif (1995) também atestam a alta correlação que o IMEC guarda com outros indicadores tradicionalmente utilizados do nível de atividade econômica. Para os autores, apesar do indicador da FIPE ter sido pensado para a região metropolitana do município de São Paulo, ele apresenta forte relação com indicadores estaduais (ou mesmo

nacionais) de atividade econômica.

Analogamente, [Ribeiro \(2003a\)](#), ao calcular um indicador de movimentação econômica de curto prazo para o município de Belo Horizonte e compará-lo com outros indicadores econômicos tradicionais da região, afirma que existe uma de relação de longo prazo entre os índices, com alta correlação e equilíbrio de longo prazo (associação verdadeira entre as séries).

Não obstante, em um estudo que busca analisar o comportamento do Indicador de Movimentação Econômica de Salvador (IMEC-SSA) como um indicador de atividade industrial do estado da Bahia, [Sampaio \(2004\)](#) argumenta que a correlação do IMEC-SSA com os demais indicadores tradicionais é alta, demonstrando boa aderência dele às variações da atividade econômica do estado.

Desse modo, percebe-se que estudos empíricos evidenciam a boa aderência da utilização do índice de atividade econômica como indicador antecedente do PIB da região avaliada. Sendo assim, o IMEC é uma metodologia útil quando o objetivo do pesquisador consiste em estabelecer uma métrica prévia, de rápida mensuração e divulgação, acerca do nível de atividade econômica de uma determinada área estudada.

O IMEC-FIPE é constituído de acordo com as seguintes variáveis: usuários de ônibus da área urbana (de todo o município); usuários de ônibus interurbanos (do terminal do Tietê); usuários de metrô (de todo o município); usuários de aviões (do aeroporto de Congonhas); usuários de voos nacionais e internacionais (do aeroporto de Guarulhos); consumo de energia elétrica (da região metropolitana); consumo de gasolina e álcool para transporte de passageiros (da região metropolitana); consumo de óleo diesel para transporte de carga (da região metropolitana); e consultas ao Serviço de Proteção ao Crédito (de todo o município).

Tais variáveis são avaliadas em média diária, considerando apenas os dias úteis, de forma a eliminar oscilações que não seriam de fácil tratamento e que poderiam comprometer os resultados finais. Dessa forma, o IMEC consiste em uma média aritmética ponderada das séries dessazonalizadas dessas variáveis, em que, quando não há critérios ou informações adequados para definição dos pesos, estes são determinados por meio do método de Componentes Principais, de acordo com a variância de cada variável.

Com base no IMEC-FIPE, alguns trabalhos foram elaborados com o intuito de mensurar um indicador de atividade econômica regional. Por exemplo, [Ribeiro \(2003b\)](#) construiu um índice mensal de atividade econômica pra o município de Maringá (IAEMga), fazendo uso de um modelo ARIMA para retirar a sazonalidade das séries e da técnica de Componentes Principais para definir os pesos ótimos. As previsões do indicador foram feitas por meio de um modelo Box-Jenkins.

De forma similar, [Maia et al. \(2011\)](#) aplicou tal metodologia na elaboração de um indicador mensal de atividade econômica pra o estado da Paraíba (IAEPb). Os principais

resultados da pesquisa exibem que o indicador reproduz com presteza e acurácia o PIB estadual e o PIB regional. Desse modo, o IAEPb pode ser útil para evidenciar mudanças no cenário econômico paraibano, bem como sua evolução ao longo do tempo. Por ser um indicador antecedente, também passa a ser relevante para o planejamento estadual e regional, ao passo que permite nortear a formulação de políticas econômicas.

Adicionalmente, Perobelli et al. (2017), com o intuito de monitorar a evolução da economia dos municípios mineiros, elaborou o IAEM. Por meio da aplicação de técnicas de análise espacial, foi possível identificar externalidades refletidas pelo indicador. Como contribuição, o índice pode ser utilizado na formulação de políticas de desenvolvimento regional e na tomada de decisão para alocação de investimentos privados.

Em linhas gerais, percebe-se a existência de uma gama de estudos que se propõe a construir e/ou avaliar os indicadores de atividade econômica. Muitas das aplicações realizadas para os entes subnacionais alcançaram resultados significativos, com alta correção do IAE quando comparado com indicadores oficiais de atividade econômica (local, regional ou nacional).

## 2.2 Aplicações com Índices de Atividade Econômica (IAE)

Essa seção se debruça sobre duas possíveis aplicações dos Indicadores de Atividade Econômica (IAE): i) datação de ciclos econômicos; e ii) modelo de definição da alíquota ótima de tributos.

Inicialmente, no que tange ao tema primeiro, é relevante frisar que não existe uma definição única de recessão e expansão ou quando elas começam e terminam, conforme denotam Gomes e Magalhães (2015). Do ponto de vista econômico, uma recessão pode ser caracterizada por dois períodos consecutivos de declínio da atividade produtiva. Trata-se de uma fase de contração dentro do ciclo econômico, indicando uma diminuição geral na atividade econômica ao longo de um período específico, acompanhada por uma redução no nível de produção, capturada por alguma métrica de atividade.

Conforme as diretrizes apresentadas por Burns e Mitchell (1946), o ciclo econômico é uma sequência repetitiva de expansões e recessões, caracterizado por momentos de picos e vales. Uma recessão se manifesta quando há uma queda significativa na atividade econômica que se espalha por toda a economia, não limitada a apenas um setor. Em contrapartida, uma expansão representa o estado normal da economia, ocorrendo após a recuperação da atividade econômica subsequente a uma recessão.

Existem diversas análises sobre ciclos econômicos em diferentes contextos. Backus e Kehoe (1992) examinam dados de dez países desenvolvidos de 1850 a 1986, destacando padrões estilizados. Basu e Taylor (1999) ampliam essa análise internacional, ressaltando a influência de fatores específicos dos países. Stock e Watson (2000) focam nos Estados

Unidos pós-guerra, evidenciando fatos estilizados e a estabilidade da curva de Phillips. Chauvet (2002) data os ciclos na economia brasileira, destacando sua natureza assimétrica. Chauvet e Silva (2004) desenvolvem indicadores antecedentes de recessões no Brasil. Outros estudos examinam índices de atividade econômica, cronologias de recessões e propriedades cíclicas em diferentes escalas e regiões. As análises mencionadas servem como base para a compreensão dos movimentos cíclicos da economia.

Conforme argumentado por Melo e Gomes (2020), dentre os diversos métodos empregados na elaboração de cronologias dos ciclos econômicos, destaca-se o algoritmo desenvolvido por Bry e Boschan (1971). Esse algoritmo reconhece os pontos de inflexão entre as fases de expansão e contração da série temporal utilizada para mensurar o nível de atividade econômica, assumindo, inicialmente, uma duração mínima predefinida para as fases do ciclo.

Em contrapartida, a abordagem proposta por Hamilton (1989) flexibiliza essa hipótese ao considerar que a transição entre os regimes econômicos é estocástica e pode ser descrita por uma cadeia de Markov. O autor formula um modelo autorregressivo para a taxa de crescimento do produto, no qual a média varia conforme o regime econômico. Durante a fase de expansão, a taxa de crescimento média é positiva, enquanto na recessão é negativa. O processo de estimação do modelo não apenas determina os parâmetros, mas também a probabilidade de a economia estar em recessão em um período específico, o que permite a datação dos ciclos econômicos.

A datação de picos e vales na análise econômica é vital para políticas governamentais, gestão de investimentos e estudos acadêmicos. Gradativamente, os pareceres de Comitês de datação do ciclo econômico passam a dividir espaço com estruturas estatísticas baseadas em algoritmos, eliminando subjetividade e permitindo atualizações em tempo real. Além de transparentes e reproduzíveis, os algoritmos podem reduzir a velocidade na entrega de datas das mudanças nas fases dos ciclos.

Já com relação ao tema segundo, é importante frisar que a arrecadação tributária refere-se ao montante total de recursos financeiros que um governo obtém por meio da cobrança de tributos. Esses tributos podem incluir impostos, taxas e contribuições sociais. A arrecadação é uma fonte crucial de receitas para o governo, sendo utilizada para financiar as diversas despesas públicas, como serviços, infraestrutura, saúde, educação, segurança, entre outros.

Desse modo, no processo de elaboração de políticas públicas, outra informação de grande importância refere-se ao valor a ser arrecadado pelos governos. Isso se deve ao fato de que a partir desse montante é possível determinar um nível de despesa adequado para atender às necessidades da população, ao mesmo tempo em que se respeita a restrição orçamentária do governo. Sob essa perspectiva, a definição da alíquota ideal (que permita a maximização) da arrecadação pelos estados pode ser uma ferramenta extremamente

útil na gestão governamental. Isso possibilitaria uma arrecadação compatível com as despesas planejadas, conferindo ao gestor público um conjunto mais amplo de instrumentos para facilitar a execução do planejamento financeiro e manter a sustentabilidade fiscal (DELGADO; BASSO, 2022).

Se, por um lado, aumentos na carga tributária tendem a aumentar os recursos disponíveis para o governo, possibilitando a redução do endividamento público ou o aumento na oferta de bens e serviços públicos à população; por outro, esse aumento também reduz a renda disponível do setor privado, afetando os recursos disponíveis para despesas de consumo e investimento de famílias e empresas.

Esse *trade-off* entre carga tributária e a receita pode ser entendido por meio da curva de *Laffer*. Esta curva destaca que o aumento das alíquotas de impostos gera aumento na receita até certo ponto, após o qual a arrecadação diminui devido à redução da oferta de trabalho e capital, provocada pelo desincentivo fiscal. Para reverter essa tendência, é sugerido reduzir gastos públicos e a carga tributária.

Desse modo, há um limite ótimo de tributação, além do qual o "efeito substituição" entra em cena, levando os contribuintes a trabalharem menos devido aos impostos elevados, resultando em enfraquecimento do crescimento, investimento e emprego, e diminuição das receitas fiscais. Assim, uma excessiva carga tributária tenderia a surpimir a arrecadação governamental.

Nesse cenário, a dinâmica da carga tributária emerge como um determinante crucial das várias grandezas macroeconômicas relevantes. E a conseguinte definição da taxa ótima de tributação passa a ser vista como fator imponente para uma dinâmica econômica equilibrada.

## 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa seção elenca os principais métodos utilizados na pesquisa. O objetivo é aplicar os modelos de datação de ciclos econômicos (*Bry-Boschan* e *Markov-Switching*) sobre o Índice de Atividade Econômica (IAE) mensurado para os estados nordestinos (Paraíba, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco e Rio Grande do Norte), entre jan/2004 e jul/2023, com base na metodologia utilizada pelo IMEC-FIPE. Para tanto, o presente estudo percorre as seguintes etapas:

1. Obtenção e organização de dados;
2. Preparação do banco de dados (cálculo dos números índices das séries originais e extração da sazonalidade das séries obtidas);
3. Definição dos pesos das variáveis e elaboração do Índice de Atividade Econômica (IAE);
4. Limpeza da série: eliminação de componentes sazonais remanescentes no índice mensurado;
5. Decomposição do IAE: análise de tendência e ciclo (Filtro HP);
6. Análise comparativa: comparar a correlação entre o indicador mensurado e outros indicadores de atividade econômica regional/nacional;
7. Aplicações: Datação de ciclos e Curva de *Laffer*.

### 3.1 Base de Dados

Os indicadores serão estimados com base em um conjunto de variáveis altamente correlacionadas com o nível de atividade econômica estadual, de fácil observação e pequena defasagem na obtenção dos dados. O conjunto de variáveis que irá compor o índice de atividade econômica (de X1 a X13)<sup>1</sup>, bem como a fonte dos dados obtidos, estão expressos na Tabela [1](#) abaixo.

A variável produção de cimento, apesar de disponível em um longo período de tempo, apresenta uma defasagem média de 6 meses para publicação de novos dados, em

<sup>1</sup> As variáveis consumo de água (comercial, industrial e residencial), depósitos (à vista e a prazo) e embarque e desembarque, que inicialmente tinham sido propostas para compor o IAE, não foram inseridas no modelo, em virtude da disponibilidade dos dados ter se dado em um período muito curto para a análise pretendida.

Tabela 1 – Variáveis do modelo e fonte dos dados

Sigla	Variável	Und	Fonte
X1	Arrecadação mensal de COFINS	R\$	Receita Federal
X2	Arrecadação mensal de CSLL	R\$	Receita Federal
X3	Arrecadação mensa de ICMS	R\$	Receita Federal
X4	Arrecadação mensal de IOF	R\$	Receita Federal
X5	Arrecadação mensal de IPI	R\$	Receita Federal
X6	Arrecadação mensal de IRPF	R\$	Receita Federal
X7	Arrecadação mensal de IRPJ	R\$	Receita Federal
X8	Arrecadação mensal de ITR	R\$	Receita Federal
X9	Arrecadação mensal de PIS/PASEP	R\$	Receita Federal
X10	Consumo mensal de Energia Comercial	MWh	EPE*
X11	Consumo mensal de Energia Industrial	MWh	EPE*
X12	Consumo mensal de Energia Residencial	MWh	EPE*
X13	Frota mensal de veículos	Und	SENATRAN**
IBCR-NE	Índice Atividade Econômica Regional (NE)	Índice	Banco Central
IBC-Br	Índice Atividade Econômica do Brasil	Índice	Banco Central
-	Alíquota nominal de ICMS	%	RICMS/SEFAZ***

Fonte: Elaborado pelo autor.

\* EPE - Empresa de Pesquisa Energética

\*\* SENATRAN - Secretaria Nacional de Trânsito

\*\*\* RICMS - Regulamento do ICMS/SEFAZ - Secretaria de Estado da Fazenda

razão disso a variável foi desconsiderada para que o IAE pudesse ser estimado até jul/23; não houve perda significativa nas estimativas com sua retirada, tendo em vista que o coeficiente de correlação do IAE (quando comparado ao IBCR-NE) permaneceu elevado, em virtude da variável produção de cimento possuir um baixo peso no indicador final.

Outras variáveis também foram inseridas e testadas no modelo, como arrecadação de impostos sobre importação (II) e exportação (IE), vendas do varejo estadual e valor das importações e exportações das unidades federativas; apesar disso, não houve contribuição significativa para o indicador final, e, inclusive, a estabilidade (estacionariedade) do IAE fora prejudicada. Por esse motivo, os dados foram deixados de fora da especificação final do modelo.

Por fim, ressalta-se que as estimações restringiram-se a seis (dos nove) estados da Região Nordeste (Paraíba, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco e Rio Grande do Norte), tendo em vista a participação do grupo no volume total produzido pela região. Em dados do IBGE, para o ano de 2020, os estados correspondiam a cerca de 85% do PIB da economia nordestina, o que justifica o recorte geográfico adotado.

## 3.2 Estratégia Empírica

### 3.2.1 Construção dos Indicadores de Atividade Econômica (IAE)

Em um primeiro momento, foram obtidos os dados mensais (de jan/2004 a jul/2023) para elaboração dos indicadores. Cada variável passou por uma transformação logarítmica<sup>2</sup>, com a finalidade de reduzir grandes amplitudes, e, em seguida, foram calculados os números índices dos valores resultantes, com período base em janeiro de 2004<sup>3</sup>.

Desse modo, realizou-se a extração dos componentes de sazonalidades dos dados por meio da técnica X-13-ARIMA, do *US Census Bureau* (2000), tipo multiplicativo do *seasonal autoregressive integrated moving average* (SARIMA). O método faz um ajuste das séries originais por meio de médias móveis, e estima os valores iniciais e finais que seriam perdidos pela sua aplicação. Essa suavização ocorre em virtude da necessidade de evitar que o verdadeiro comportamento do ciclo seja obscurecido por fatores indesejáveis, como volatilidade de curto prazo (SALAZAR, 1996).

Tendo em vista que o IAE é um indicador ponderado, faz-se necessário adotar um método capaz de calcular os pesos de cada variável no índice composto. Para tanto, foi aplicada a técnica de Componentes Principais, a qual permite obter novas variáveis, não correlacionadas entre si, por meio de combinações lineares dos dados originais.

De acordo com Sharma (1996), e de maneira resumida, a análise dos componentes principais, tem por objetivo mensurar componentes por meio de combinações lineares dos dados originais, de modo que os primeiros (ou principais) componentes possam explicar grande parte da variância total das informações. Assim, considerando  $\rho$  variáveis, é possível calcular  $\rho$  combinações lineares, da seguinte maneira:

$$\begin{aligned}\xi_1 &= w_{11}x_1 + w_{21}x_2 + \dots, w_{\rho 1}x_\rho \\ \xi_2 &= w_{12}x_1 + w_{22}x_2 + \dots, w_{\rho 2}x_\rho \\ &\vdots \\ \xi_\rho &= w_{1\rho}x_1 + w_{2\rho}x_2 + \dots, w_{\rho\rho}x_\rho\end{aligned}\tag{3.1}$$

em que:  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_\rho$  são os  $\rho$  componentes principais;  $x_i$  é a variável  $i$  (com  $i = 1, 2, \dots, \rho$ ); e  $w_{ij}$  são os pesos da variável  $i$  para o componente  $j$  (com  $j = 1, 2, \dots, \rho$ ). Em sua estimação, o primeiro componente calculado representa a variância máxima dos dados; o segundo, a variância máxima que não foi capturada pelo primeiro; e assim por diante.

<sup>2</sup> As estimações realizadas em nível apresentaram grandes dimensões, prejudicando a comparação do IAE com indicadores oficiais de atividade econômica.

<sup>3</sup> Além disso, as variáveis monetárias foram deflacionadas pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), trazendo seus valores para o período mais recente, jul/2023.

De acordo com o método, os pesos são definidos como uma função crescente da variância das variáveis. Em essência, parte da ideia de que apenas as variáveis com alta variância devem influenciar de modo significativo o comportamento do índice, por serem mais sensíveis às flutuações econômicas.

Para a construção do IAE, apenas os componentes com coeficientes acima de 1 (um) são considerados. Essa regra, proposta por *Guttman* e adaptada por *Kaiser*, expressa que apenas componentes principais com raiz latente maior que 1 (um) são considerados essenciais e devem ser mantidos na análise<sup>4</sup>. Pela forma como o método de extração é executado, o primeiro componente principal tem uma raiz latente mais alta que o segundo; o segundo tem uma raiz latente mais alta que o terceiro, e assim sucessivamente. O processo de extração de componentes deve parar quando se encontra um componente principal com raiz latente menor que a unidade, pois todos os componentes restantes têm uma raiz latente ainda menor ([KOUTSOYIANNIS, 1998](#)). Diante disso, é possível calcular os pesos de cada variável no indicador final, conforme ilustrado a seguir:

$$IV_i = \frac{C_{i1}^2 P_1}{(P_1 + P_2 + \dots + P_j)} + \frac{C_{i2}^2 P_2}{(P_1 + P_2 + \dots + P_j)} + \dots + \frac{C_{ij}^2 P_j}{(P_1 + P_2 + \dots + P_j)} \quad (3.2)$$

em que:  $IV_i$  é o peso da variável  $i$  no IAE;  $C_{ij}$  é o coeficiente da variável  $i$  no componente  $j$ ; e  $P_j$  é a parcela da variância explicada pelo componente  $j$ . Em posse dos pesos de cada variável, é possível calcular o IAE como um indicador composto ponderado, conforme expresso abaixo:

$$IAE = \sum_{i=1}^{\rho} IV_i \times V_i \quad (3.3)$$

em que:  $V_i$  é o número índice da variável  $i$ . Em seguida, são retirados os fatores sazonais que ainda possam restar no índice.

Sua decomposição é realizada pelo filtro Hodrick-Prescott (HP), o qual permite o cômputo da tendência não linear da série, cuja inclinação pode ser alterada ao longo do tempo. O Filtro HP é uma técnica de suavização que decompõe as séries ajustadas de sazonalidade em componentes cíclicos e de tendência. Uma de suas vantagens é o fornecimento de uma estimativa razoável da tendência de longo prazo de uma série, conforme postula [Hodrick e Prescott \(1997\)](#).

Segundo o método, uma determinada série temporal  $y_t$  é composta pela soma de um componente de crescimento  $g_t$  e um componente cíclico  $c_t$ . Isto é:  $y_t = g_t + c_t$  para  $t = 1, 2, \dots, T$ . Essas considerações levam a seguinte problema de programação para determinar os componentes de crescimento:

<sup>4</sup> A raiz latente é o autovalor obtido pela soma em coluna de cargas fatoriais ao quadrado para um dado fator; ela representa a magnitude de variância explicada por um fator específico.

$$\min_{\{g_t\}_{t=-1}^T} \left\{ \sum_{t=1}^T c_t^2 + \lambda \sum_{t=1}^T [(g_t - g_{t-1}) - (g_{t-1} - g_{t-2})]^2 \right\} \quad (3.4)$$

em que  $c_t = y_t - g_t$ . Assim, retirando-se a tendência do IAE, é possível obter o ciclo da série. O parâmetro  $\lambda$  é um número positivo que penaliza a variabilidade na série de componentes de crescimento. Quanto maior for seu valor, mais suave é a série de soluções. No limite, a diferença no tempo do componente de crescimento ( $g_{t+1} - g_t$ ) tende a uma constante  $\beta$ , de modo que o limite dessa tendência é definido por  $g_0 + \beta_t$  (HODRICK; PRESCOTT, 1997). Por fim, são implementados os modelos de datação de ciclos econômicos (*Bry-Boschan* e *Markov Switching*) explicados nas seções a seguir.

### 3.3 Datação dos Ciclos Econômicos

Essa seção desenvolve os modelos *Bry-Boschan* e *Markov-Switching* que serão utilizados pela pesquisa com o objetivo de datar os ciclos econômicos dos estados analisados.

#### 3.3.1 Modelo *Bry-Boschan*

O método de *Bry e Boschan* (1971) foi criado como um estímulo do *National Bureau of Economic Research (NBER)*, com intuito de ser utilizado para detectar pontos de inflexão presentes em uma série temporal. Esta pesquisa aplica a versão original do modelo para a análise de dados mensais. Os resultados foram obtidos por meio da aplicação do pacote "*BCDating*" no *software RStudio*.

Conforme definido por *Camacho e Gadea* (2022), o procedimento atua, inicialmente, isolando os pontos de inversão (máximo e mínimo locais) de uma série temporal (seja em nível ou log), de modo a rastrear os picos e vales que separam períodos de expansões e recessões. Outras etapas são aplicadas sucessivamente, assim como desenvolvido na Subseção 3.3.2, de modo que o conjunto de pontos de inflexão resultante do processo satisfaça simultaneamente os requisitos de alternância de picos e vales e de fase e ciclo terem uma duração mínima.

O método realiza uma filtragem inicial da série (como ajuste sazonal, extração de componente cíclico e de tendência) antes de iniciar o processo de identificação de picos e vales. Em seguida, a *Curva de Spencer* é implementada para remover pontos aberrantes (*outliers*), definidos como valores cujas diferenças em valor absoluto da curva de 15 meses são maiores que 3 desvios padrão.

Posteriormente, o algoritmo localiza os máximos e mínimos locais em uma média móvel de  $m$  períodos da série de interesse,  $y_t$ , em que  $m = 12, 4, 1$  para dados mensais, trimestrais e anuais, respectivamente. Para uma janela simétrica de tamanho  $w$ , um pico potencial no tempo  $t$  é identificado se  $y_t > y_s$  para  $t - w < s < t$  e  $t + w > s > t$ , enquanto

um vale potencial aparece sempre que  $y_t > y_s$  para a mesma janela. A escolha de  $w$  deve ser suficientemente grande para capturar quedas ou aumentos significativos na atividade econômica, mas não pode ser muito baixa para evitar um grande número de pontos de inflexão potenciais. Tipicamente,  $w = 5, 2$  e  $1$  para dados mensais, trimestrais e anuais, respectivamente.

O conjunto de pontos de inflexão ou *turning points* é submetido a regras que garantem a alternância entre picos e vales e restringem o comprimento de fase e ciclo. Para picos e vales contíguos, o algoritmo elimina iterativamente os picos mais baixos e os vales mais altos que são adjacentes entre si. Desse modo, examinam-se as sequências resultantes para descartar episódios cíclicos breves ou leves, a fim de representar de maneira mais precisa as flutuações de médio prazo.

A etapa seguinte consiste em calcular um novo conjunto de datas de pontos de inversão a partir de uma curva de *Spencer* centrada de 15 meses, que é comparada com o conjunto anterior de *turning points*. Após uma verificação de alternância, as durações de um pico a pico ou um vale a vale (um ciclo completo) são restritas a serem pelo menos de 15 meses. Se as durações forem muito curtas, o menor dos dois picos ou o maior dos dois vales são eliminados. Agora, um refinamento adicional é realizado com os máximos e mínimos locais de uma média móvel de curto prazo de 3 a 6 meses. Esses valores dependem dos Meses de Dominância Cíclica (MDC), que é o número mínimo de meses nos quais a taxa média de mudança na Curva de *Spencer* excede a mudança média no componente irregular (diferença entre a série original e a Curva de *Spencer*). Novamente, a alternância é verificada no conjunto de máximos e mínimos locais.

A última etapa do algoritmo Bry-Boschan é a determinação de pontos de inflexão na série não suavizada. Os ótimos locais são alcançados como os valores mais altos ou mais baixos entre 4 meses ou o MDC, o que for maior. Em seguida, o conjunto de pontos de inversão é obrigado a atender a um conjunto final de restrições: (i) picos e vales devem alternar; (ii) picos e vales dentro de 6 meses do início e do final da série são eliminados; (iii) verifica-se se os ciclos de pico a pico e de vale a vale são inferiores a 15 meses; e (iv) fases (pico a vale ou vale a pico) cuja duração seja inferior a 5 meses são eliminadas.

### 3.3.2 Algoritmo Bry-Boschan

O algoritmo de Bry-Boschan pode ser obtido pelo desenvolvimento expresso na sequência das seguintes etapas:

**Passo 0** Ajustar sazonalmente a série de interesse  $y_t$  e remover componentes ruidosos

**Passo 1** Remover valores aberrantes ou *outliers* (diferença absoluta com a curva de *Spencer* maior que três desvios padrão)

**Passo 2** Datação com médias móveis:

1. Calcular  $m$  médias móveis centradas  $y_t^m$ , em que  $m = 12, 4, 1$  para dados mensais, trimestrais e anuais, respectivamente;
2. Date um primeiro conjunto de pontos de inflexão ou *turning points*  $\hat{\psi}_2 = \{ \hat{\psi}_{1,2}^P, \hat{\psi}_{1,2}^T, \dots, \hat{\psi}_{K,2}^P, \hat{\psi}_{K,2}^T \}$ , em que o valor de  $y_t$  é maior (ou menor) do que aqueles dos períodos  $w$  em ambos os lados; geralmente,  $w = 5, 2, 1$  para dados mensais, trimestrais e anuais, respectivamente;
3. Garanta a alternância de picos e depressões (selecione entre os picos adjacentes aquele com o valor maior e entre os vales adjacentes aquele com o menor valor).

**Passo 3** Refine picos e vales com a Curva de *Spencer*:

1. Compute a Curva de *Spencer*  $y_t^{sp}$ ;
2. Date um novo conjunto de pontos de inflexão  $\hat{\psi}_{3a} = \{ \hat{\psi}_{1,3a}^P, \hat{\psi}_{1,3a}^T, \dots, \hat{\psi}_{K,3a}^P, \hat{\psi}_{K,3a}^T \}$ ;
3. Compare  $\hat{\psi}_2$  e  $\hat{\psi}_{3a}$  e garanta picos e vales alternados;
4. Garanta uma distância mínima entre os ciclos P-P ou V-V de 15 meses (4 trimestres ou 2 anos). As datações resultantes  $hat{\psi}_{3b} = \{ \hat{\psi}_{1,3b}^P, \hat{\psi}_{1,3b}^T, \dots, \hat{\psi}_{K,3b}^P, \hat{\psi}_{K,3b}^T \}$  atendem às restrições.

**Passo 4** Refine picos e vales com média móvel de curto prazo:

1. Compute uma média móvel de curto prazo (3 a 6 meses);
2. Identifique um novo conjunto de *turning points*  $\hat{\psi}_4 = \{ \hat{\psi}_{1,4}^P, \hat{\psi}_{1,4}^T, \dots, \hat{\psi}_{K,4}^P, \hat{\psi}_{K,4}^T \}$ ;
3. Garanta picos e vales alternados.

**Passo 5** Refine picos e vales com a série não suavizada:

1. Defina um novo conjunto de *turning points* entre 4 e o MDC (Mês de Dominância Cíclica) períodos;
2. Garanta picos e vales alternados;
3. Elimine inflexões dentro de 6 meses do início e do final da série;
4. Duração mínima do ciclo de execução: 15 meses, 4-6 trimestres, 2 anos;
5. Duração mínima da fase de execução: 5 meses, 2 trimestres, 1 ano.

O *output* é um conjunto de pontos de inflexão  $\hat{\psi}_5 = \{ \hat{\psi}_{1,5}^P, \hat{\psi}_{1,5}^T, \dots, \hat{\psi}_{K,5}^P, \hat{\psi}_{K,5}^T \}$  que cumprem todas as restrições.

### 3.3.3 Modelo Markov-Switching

Os modelos Markov-Switching constituem uma ferramenta poderosa na análise de séries temporais. Esses modelos não lineares incorporam a probabilidade de transições (estocásticas) entre diferentes regimes, que estão intrinsecamente conectados ao período precedente e que são governados por uma variável de estado (não observada); esses regimes podem refletir diferentes estados da economia, como *boom*, desaceleração ou recessão.

O processo de estimação do modelo depende da formulação de uma função de verossimilhança e sua otimização, usando um algoritmo semelhante ao proposto por [Hamilton \(1989\)](#). Inicialmente, a função de verossimilhança é otimizada; em seguida, as probabilidades filtradas e suavizadas são calculadas; por fim, desvios padrão e estatísticas são computados para inferência.

Por meio da estimativa desse modelo, obtém-se a oportunidade de compreender não apenas a influência da relação entre variáveis macroeconômicas em diferentes contextos econômicos, mas também como essa influência pode mudar ao longo do tempo e em resposta a choques. Portanto, é possível obter uma visão mais completa e detalhada da dinâmica econômica, permitindo uma tomada de decisões mais informada e adaptável às diversas condições que a economia possa enfrentar.

Considere a modelagem simples que pressupõe a existência de dois regimes:

$$y_t = \begin{cases} c_1 + \phi_1 y_{t-1} + \epsilon_{1t}, & S_t = 1 \\ c_2 + \phi_2 y_{t-1} + \epsilon_{2t}, & S_t = 2 \end{cases} \quad (3.5)$$

em que:  $y$  é um vetor de observações  $p \times 1$ ; e  $\epsilon_t$  é o termo de erro independente no em  $t$ .

$S_t$  é uma cadeia de Markov em dois estados e assume os valores  $k \in \{1, 2\}$ , de tal modo que:  $S_t = 1$  (Regime 1) e  $S_t = 2$  (Regime 2). Assim, é possível definir um conjunto de probabilidades de transição entre os regimes como  $p_{ij}$ , por meio de um algoritmo iterativo que usa procedimentos repetidos de previsão e atualização semelhantes a um filtro de *Kalman*, no qual, dado  $P(S_t|\varphi_{t-1})$ , as chamadas probabilidades filtradas de recessão são obtidas usando a Lei de *Bayes*:

$$P(S_t = 1|\varphi_t) = \frac{P(S_t = 1|\varphi_{t-1})f(y_t|S_t = 1, \varphi_{t-1})}{f(y_t|\varphi_{t-1})} \quad (3.6)$$

em que:  $f(y_t|\varphi_{t-1}) = P(S_t = 1|\varphi_{t-1})f(y_t|S_t = 1, \varphi_{t-1}) + P(S_t = 2|\varphi_{t-1})f(y_t|S_t = 2, \varphi_{t-1})$ . Também é sugerido um filtro de recursão reversa para calcular as probabilidades de suavização,  $P(S_t = 1|\varphi_T)$ , que são baseados nas informações da amostra completa

(CAMACHO; GADEA, 2022). Como resultado, as probabilidades de transição poderiam ser expressas pela seguinte cadeia de *Markov*:

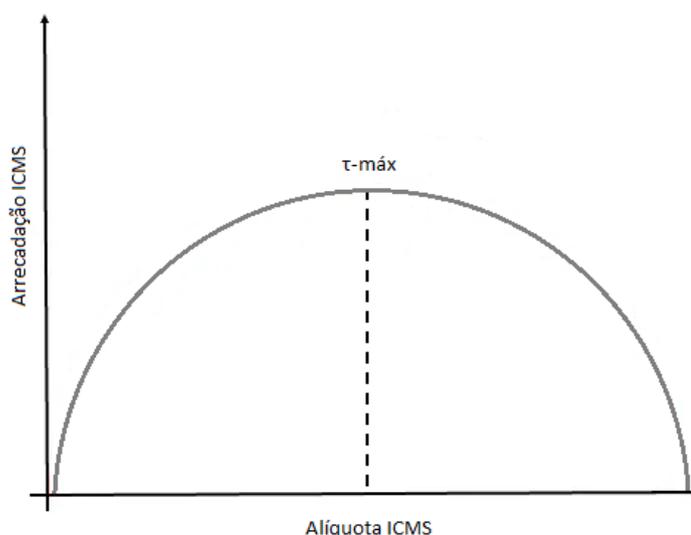
$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

Essa probabilidade ( $p_{ij}$ ) pode ser entendida como a chance de o regime  $i$  ser seguido pelo regime  $j$ . São probabilidades constantes, de modo que:  $p_{12} = 1 - p_{11}$  e  $p_{21} = 1 - p_{22}$ ; essas probabilidades afetam e definem os ciclos econômicos (MELO; GOMES, 2020). A partir disso, também é possível estimar a duração dos regimes 1 e 2, respectivamente, por:  $1/(1 - p_{11})$  e  $1/(1 - p_{22})$ .

### 3.4 Modelo de Definição da Alíquota Ótima de Tributos

Segundo a teoria da Curva de *Laffer*, uma mesma receita tributária pode ser gerada por meio de duas alíquotas nominais diferentes, com uma única exceção: a alíquota que gera uma arrecadação tributária máxima. A receita de tributos é função da base tributária e da alíquota nominal correspondente. Se a alíquota nominal é zero, a arrecadação tributária é igualmente nula, mas à medida que a alíquota aumenta, a receita cresce até atingir um ponto crítico, identificado como a arrecadação máxima ( $\tau$ -máx). Se a alíquota continuar a subir além desse ponto, a receita diminui gradualmente até atingir zero. Essa dinâmica é ilustrada na Figura 1.

Figura 1 – Representação Teórica da Curva de *Laffer*



Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma das abordagens para estimação da Curva de *Laffer* postula que existe uma relação de equilíbrio no longo prazo entre as variáveis do modelo (arrecadação, base

tributária e alíquota nominal); por meio desse entendimento, os parâmetros podem ser estimados com o auxílio de uma equação de cointegração (a qual reflete a hipótese supracitada). Conforme destacado por [Bueno \(2011\)](#), quando duas variáveis são integradas de mesma ordem, existe uma combinação linear entre elas que segue uma tendência estocástica comum. Nesse contexto, as duas variáveis mantêm uma relação de longo prazo. No entanto, no curto prazo, essas variáveis podem temporariamente se desviar do equilíbrio de longo prazo.

No contexto da Curva de *Laffer*, presume-se que tanto a base tributária quanto a receita tributária são variáveis não estacionárias e possuem a mesma ordem de integração. Adicionalmente, pressupõe-se a existência de uma combinação linear entre essas duas variáveis que gera resíduos estacionários, permitindo afirmar que a base e a arrecadação são cointegradas (ou apresentam uma relação de cointegração).

Dessa forma, com base nas contribuições de [Silveira e Gadelha \(2018\)](#) e [Aragón \(202?\)](#), o modelo estático a ser estimado (ou relação de equilíbrio de longo prazo), para o caso da Curva de *Laffer* em questão seria:

$$\ln T_t = \beta_0 + \beta_1 \ln IAE_t + \beta_2 \ln \tau_t + \beta_3 (\ln \tau_t)^2 + \epsilon_t \quad (3.8)$$

em que:  $T_t$  representa a arrecadação de tributos no período  $t$ ; IAE é o índice de atividade econômica no período  $t$ , utilizado como base tributária;  $\tau$  é a alíquota nominal do tributo no período  $t$ .

A partir da Equação [3.8](#) é possível estimar a elasticidade da receita tributária com relação à base tributária (Equação [3.9](#)) e com relação à alíquota nominal (Equação [3.10](#)).

$$\frac{\partial \ln T_t}{\partial \ln IAE_t} = \beta_1 \quad (3.9)$$

$$\frac{\partial \ln T_t}{\partial \ln \tau_t} = \beta_2 + 2\beta_3 \ln \tau_t \quad (3.10)$$

Isso significa que a sensibilidade da arrecadação está vinculada à alíquota nominal do ICMS. É esperado uma elasticidade positiva até atingir um ponto crítico da alíquota nominal, após o qual a elasticidade se torna negativa. Por meio da Equação [3.10](#), obtém-se a alíquota crítica (que maximiza a arrecadação tributária):

$$\tau^{máx} = \left( \frac{-\beta_2}{2\beta_3} \right) \quad (3.11)$$

Desse forma é possível estimar a Curva de *Laffer* para os estados nordestinos, entre jan/2004 e jul/2023. A aplicação a ser realizada utiliza a arrecadação de ICMS como receita tributária ( $T_t$ ), tendo em vista que o imposto é a principal fonte de financiamento dos estados brasileiros ([ELLERY Jr.; NASCIMENTO Jr., 2017](#)).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Análise dos Componentes Principais

Utilizando os números índices dessazonalizados das variáveis, foi realizado o cálculo dos componentes principais por meio de uma matriz de correlação<sup>1</sup>, como demonstrado na Tabela 2. Para a construção do IAE, foram selecionados os dois primeiros componentes para Paraíba (IAE-PB), Pernambuco (IAE-PE) e Rio Grande do Norte (IAE-RN); e três componentes para Bahia (IAE-BA), Ceará (IAE-CE) e Maranhão (IAE-MA)<sup>2</sup>.

A primeira coluna, intitulada "Comp. 1", e o vetor correspondente, "Vetor 1", representam o primeiro componente principal; a segunda coluna, "Comp. 2", e o vetor "Vetor 2", representam o segundo componente principal; e assim por diante. A linha "Autovalores" apresenta os autovalores estimados em ordem decrescente da esquerda para a direita. A linha "Prop. Var." ilustra a proporção da variação explicada por cada componente principal. Já a linha "Prop. Acum." exibe a soma cumulativa da linha "Prop. Var." da esquerda para a direita, indicando a proporção da variância explicada pelos componentes principais até a ordem em questão.

Desse modo, depreende-se que, no caso do IAE-PB, o primeiro componente é responsável por explicar 71,1% da variação total dos dados. Isso significa que quase três quartos das informações contidas nas 13 variáveis inseridas no modelo podem ser descritas apenas por meio desse primeiro componente. O segundo componente, por sua vez, explica 8,3% da variação dos dados. Os dois componentes em conjunto, portanto, representam 79,4% da variação total dos dados.

Com relação aos demais indicadores, pode-se afirmar que os componentes principais representam, em conjunto, 73,9% (IAE-BA), 84,0% (IAE-CE), 84,5% (IAE-MA), 77,9% (IAE-PE) e 80,1% (IAE-RN) da variação dos dados originais. Percebe-se, portanto, que apenas dois componentes (para o IAE-PB, IAE-PE e IAE-RN) ou três componentes (para o IAE-BA, IAE-CE e IAE-MA) são suficientes para explicar parcela significativa das informações originais, o que justifica não ser necessário utilizar todos os 13 (treze) componentes calculados, reforçando a utilidade na aplicação da regra de *Kaiser*.

<sup>1</sup> Também é possível estimar os componentes principais por meio de uma matriz de covariância, quando os dados são transformados (padronizados), pois isso equivaleria a uma matriz de correlação. Entretanto, as estimações realizadas com a matriz de covariância resultaram em um IAE concentrado em poucas variáveis. Além disso, o comportamento do índice final apresentava menor coeficiente de correlação quando comparado ao IBCR-NE. Desse modo, optou-se por manter as estimações realizadas por meio da matriz de correlação.

<sup>2</sup> Para gerar os componentes principais, foram utilizadas as 13 variáveis, de modo que, como resultado, foram obtidos 13 componentes para cada estado. Entretanto, apenas os componentes cujos autovalores são superiores a 1 (um) foram utilizados para estimar os pesos das variáveis, tendo em vista que foram os únicos a atender o critério de *Kaiser*.

Tabela 2 – Componentes principais estimados por matriz de correlação para as variáveis que compõe o IAE (jan/2004 - jul-2023)

Índice/CP	IAE-PB			IAE-BA			IAE-CE			IAE-MA			IAE-PE			IAE-RN		
	CP. 1	CP. 2	CP. 3	CP. 1	CP. 2	CP. 3	CP. 1	CP. 2	CP. 3	CP. 1	CP. 2	CP. 3	CP. 1	CP. 2	CP. 3	CP. 1	CP. 2	CP. 3
Autovvalor	3,0401	1,0407		2,5653	1,3937	1,041	2,9620	1,0619	1,0101	2,9235	1,1962	1,0078	2,9263	1,2494	1,0078	3,0027	1,1818	
Prop. Var.	0,7109	0,0833		0,5062	0,1494	0,0833	0,6750	0,0867	0,0785	0,6574	0,1101	0,0781	0,6587	0,1201	0,0781	0,6935	0,1074	
Prop. Acum.	0,7109	0,7942		0,5062	0,6556	0,7390	0,6750	0,7617	0,8402	0,6574	0,7675	0,8456	0,6587	0,7788	0,8456	0,6935	0,8010	
Variável	Autovetores																	
	Vetor 1	Vetor 2	Vetor 3	Vetor 1	Vetor 2	Vetor 3	Vetor 1	Vetor 2	Vetor 3	Vetor 1	Vetor 2	Vetor 3	Vetor 1	Vetor 2	Vetor 3	Vetor 1	Vetor 2	Vetor 3
X1	0,2796	0,2288		0,2203	0,4448	0,2536	0,3188	-0,1448	0,0150	0,2265	0,4879	0,3700	0,3132	-0,2073	0,3700	0,2758	0,2710	
X2	0,2925	0,0407		0,2100	0,2855	-0,6078	0,2880	0,0378	0,0901	0,3131	-0,0179	0,1351	0,2946	0,0229	0,1351	0,2432	0,2622	
X3	0,3224	-0,0257		0,3575	-0,0288	0,0458	0,3250	0,0206	-0,0119	0,3126	-0,0689	-0,0436	0,3320	0,0056	-0,0436	0,3218	-0,0252	
X4	0,1735	-0,3525		-0,0498	0,2785	0,3390	0,1046	-0,4361	-0,7698	0,1410	-0,4385	0,2711	0,1110	-0,5857	0,2711	0,2682	-0,0557	
X5	-0,1977	0,4176		-0,2473	0,3484	0,1838	0,1672	-0,3643	0,5209	-0,2660	0,2134	0,3445	0,1258	-0,6163	0,3445	-0,2520	0,4102	
X6	0,3013	0,0995		0,3346	0,0663	0,1221	0,2945	-0,0862	-0,0724	0,3109	-0,0013	0,0067	0,2841	-0,0593	0,0067	0,2991	0,1323	
X7	0,3122	0,0527		0,2672	0,2290	-0,5015	0,2904	0,0343	0,0961	0,3128	0,0102	0,1163	0,2700	0,1281	0,1163	0,3057	-0,0098	
X8	0,0603	0,7625		0,1934	-0,0584	-0,1002	-0,1162	-0,7017	0,2834	0,0632	-0,5869	0,5104	-0,0542	-0,2803	0,5104	-0,0108	0,6599	
X9	0,3001	0,1601		0,2984	0,3197	0,2806	0,3200	-0,1477	0,0064	0,2605	0,4060	0,3412	0,3263	-0,1398	0,3412	0,2934	0,1456	
X10	0,3220	-0,0901		0,3631	-0,1315	0,1964	0,3192	0,1069	-0,0832	0,3334	0,0315	-0,0874	0,3210	0,1251	-0,0874	0,3217	-0,0926	
X11	0,2779	0,0660		-0,0751	0,5296	-0,0481	0,2841	-0,1792	-0,1100	-0,2474	0,0299	0,4796	0,3223	0,1185	0,4796	0,2333	0,3374	
X12	0,3141	-0,0938		0,3653	-0,1707	0,1102	0,3161	0,2156	0,1074	0,3329	-0,0790	-0,1063	0,3216	0,2081	-0,1063	0,3150	-0,2145	
X13	0,3186	-0,0760		0,3678	-0,1776	0,0850	0,3185	0,2038	0,0462	0,3359	-0,0388	-0,1060	0,3214	0,2062	-0,1060	0,3155	-0,2077	

Fonte: Elaborado pelo autor.

A segunda parte da tabela apresenta os autovetores correspondentes a cada autovalor. O primeiro componente principal é calculada como uma combinação linear da série de dados, utilizando os pesos fornecidos pelo primeiro autovetor. Da mesma forma, o segundo componente principal é uma combinação linear dos dados com os pesos fornecidos pelo segundo autovetor, e assim por diante.

## 4.2 Índice de Atividade Econômica (IAE)

Com base nos coeficientes estimados e na proporção da variância total explicada por cada componente (vide Eq. 3.2), pode-se computar os pesos de cada variável na construção dos indicadores finais. Na Tabela 3 estão ilustrados os pesos calculados para as variáveis que compõem os índices.

Tabela 3 – Peso (em %) das variáveis que compõem o IAE - Estados do Nordeste (jan/2004 - jul/2023)

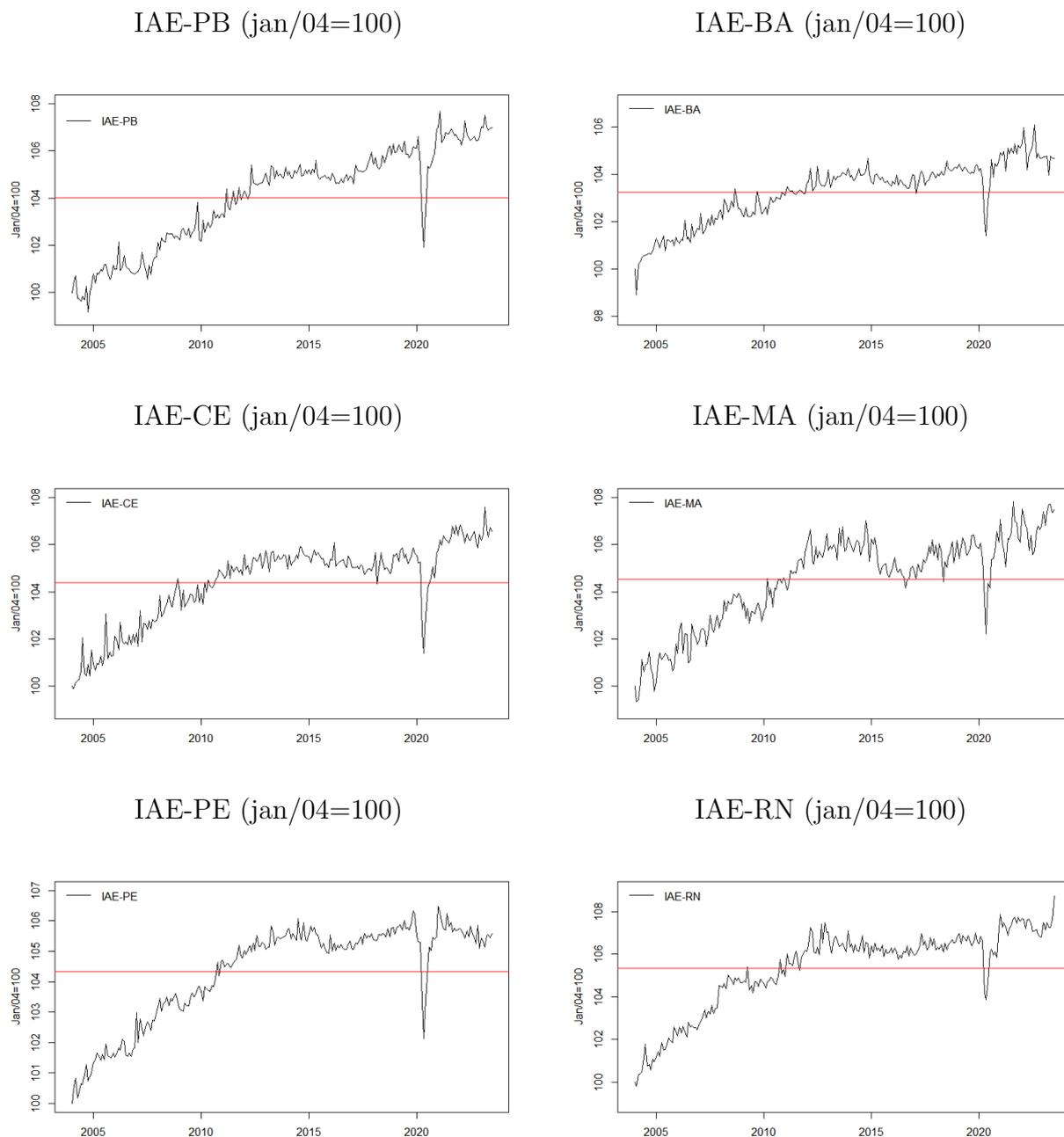
Variável	IAE-PB	IAE-BA	IAE-CE	IAE-MA	IAE-PE	IAE-RN
X1	7,5484	8,0505	8,3812	8,3535	8,9604	7,5694
X2	7,6770	8,8371	6,7542	7,7938	7,3469	6,0412
X3	9,3098	8,7948	8,4921	7,6762	9,3237	8,9767
X4	3,9984	3,0333	8,3778	4,7274	6,3337	6,2710
X5	5,3277	7,0230	6,1499	7,1884	7,1953	7,7555
X6	8,2297	7,9242	7,0942	7,5152	6,8827	7,9783
X7	8,7528	8,7869	6,8740	7,7322	6,4187	8,0915
X8	6,4238	2,7430	6,9175	7,2029	1,4600	5,8481
X9	8,3307	9,0543	8,4537	8,4975	9,3076	7,7388
X10	9,3675	9,8164	8,3678	8,7253	8,9569	9,0725
X11	6,9579	6,0830	6,9270	6,8937	9,0051	6,2371
X12	8,9231	9,8648	8,6157	8,7993	9,4169	9,2090
X13	9,1482	9,9860	8,5973	8,8923	9,3922	9,1984

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ressalta-se a variável X12 (Consumo de Energia - Residencial) que surge como a variável de maior peso nos casos da Bahia, Ceará, Pernambuco e Rio Grande do Norte; e a segunda maior no Maranhão; na Paraíba, o maior peso fica por conta de X10 (Consumo de Energia - Comercial). Apesar disso, no geral os pesos não diferem muito entre si, denotando que variações isoladas nas variáveis não influenciam de maneira significativa o comportamento do IAE. Em essência, as oscilações dos índices decorrem da combinação das flutuações simultâneas do conjunto de dados.

Em posse dos pesos, é possível estimar o IAE por meio de uma média ponderada das 13 variáveis, conforme ilustra a Eq. 3.3. A Figura 2 expressa o comportamento dos indicadores ao longo do período jan/04 - jul/23.

Figura 2 – Índice de Atividade Econômica (IAE) - Estados do Nordeste (jan/04 - jul/23)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 11 (Apêndice A), tem-se o *Monthplot* do IAE, por meio do qual é possível traçar sub-séries sazonais para cada estação definida (nesse caso, os meses do ano). Assim, ela expressa uma série cronológica de cada mês dos índices, com o tracejado representando sua média em cada estação. Como as médias mensais são bem próximas umas das outras, haveria, aqui, um primeiro indício de ausência de sazonalidade nos indicadores estimados.

Essa dúvida é elucidada ao ser realizada a decomposição do IAE, ilustrada na Figura 12 do mesmo apêndice. O primeiro gráfico mostra o comportamento do IAE ao longo do período analisado; o segundo expressa a tendência da série; o terceiro indicaria

o fator sazonal do indicador - nesse caso, inexistente; e, por fim, o quarto denota o componente irregular do índice. Diante disso, não foi necessário retirar a sazonalidade do IAE estimado, tendo em vista a ausência do componente sazonal. O indicador final adotado foi o próprio IAE inicialmente mensurado, uma vez que ele reflete as variações reais da economia paraibana (por não apresentar fator sazonal).

A Tabela 4 ilustra as principais estatísticas descritivas obtidas dos Índices de Atividade Econômica (IAE) estimados.

Tabela 4 – Estatísticas Descritivas - IAE Estados do Nordeste (jan/2004 - jul/2023)

	IAE-PB	IAE-BA	IAE-CE	IAE-MA	IAE-PE	IAE-RN
Média	104,02	103,26	104,40	104,52	104,30	105,34
Máximo	107,67	106,10	107,59	107,81	106,50	108,73
Mínimo	99,18	98,89	99,88	99,35	100,00	99,81
Desv. Pad.	2,098	1,289	1,699	1,913	1,599	1,918
Coef. Var.	2,02%	1,25%	1,63%	1,83%	1,53%	1,82%
Tx. Cresc.*	6,98%	4,69%	6,55%	7,48%	5,58%	8,74%

Fonte: Elaborado pelo autor.

\* Taxa de crescimento =  $[(IAE_{final} - IAE_{inicial}) \div IAE_{inicial}] \times 100$ .

Inicialmente, percebe-se que o valor médio dos indicadores não diverge muito entre si. O maior valor médio é apresentado pelo IAE-RN (105,34); o menor, pelo IAE-BA (103,26). O mais alto pico dentre os indicadores foi alcançado pelo IAE-RN (108,73 em jul/23); o menor dos vales foi atingido pelo IAE-BA (98,89 em fev/04).

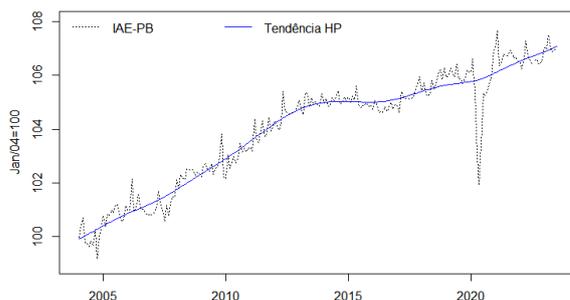
Em contraste, o IAE-PB possui maior volatilidade dentro da amostra (com coeficiente de variação de 2,02%), enquanto o IAE-BA possui a menor oscilação (1,25%). Quando considerados os extremos das séries temporais, a maior taxa de crescimento é do IAE-RN (8,74%), seguido pelos IAE-MA (7,48%), IAE-PB (6,98%), IAE-CE (6,55%), IAE-PE (5,58%) e IAE-BA (4,69%).

A tendência não linear do IAE, estimada pelo filtro HP, está ilustrada na Figura 3 sobreposta ao valor do próprio indicador. Em linhas gerais, ressalta-se que:

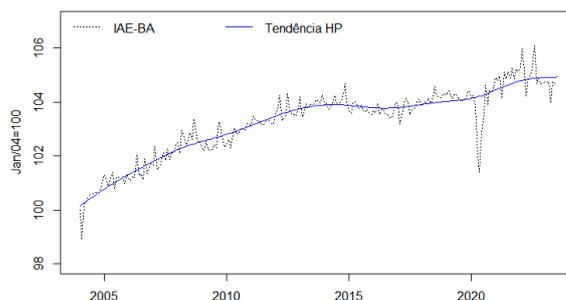
- IAE-PB, IAE-BA e IAE-RN: apresentam tendência positivamente inclinada nos extremos da série, com achatamento (desaceleração) no período 2014-2016, e posterior recuperação (acentuada no caso da Paraíba);
- IAE-CE e IAE-MA: crescimento positivo da tendência no longo prazo, com declínio vivenciado entre 2014 e 2016, seguido por enfática restauração da expansão;
- IAE-PE: tendência positiva até o ano de 2014, invertida em queda gradual no crescimento.

Figura 3 – IAE x Tendência Filtro HP - Estados do Nordeste (Jan/04 - jul/23)

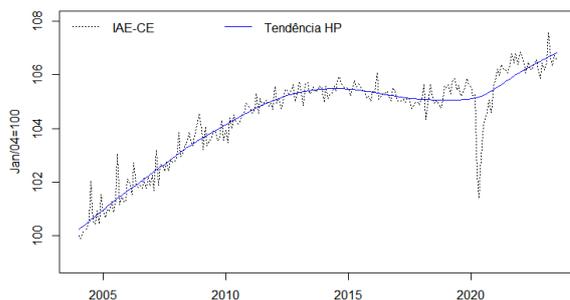
IAE-PB x Tendência HP



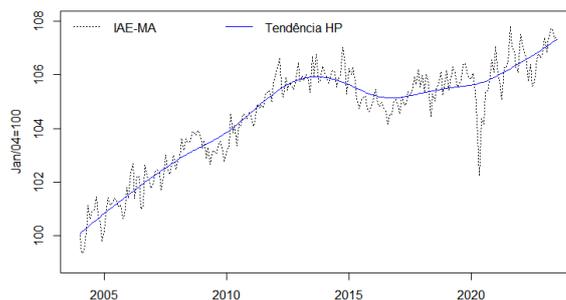
IAE-BA x Tendência HP



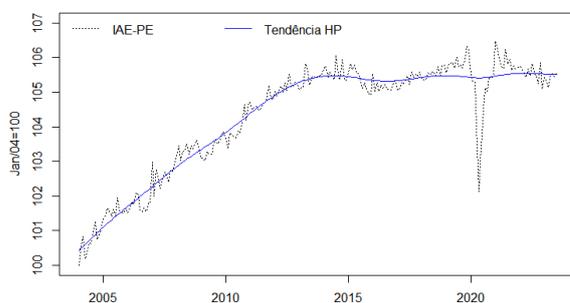
IAE-CE x Tendência HP



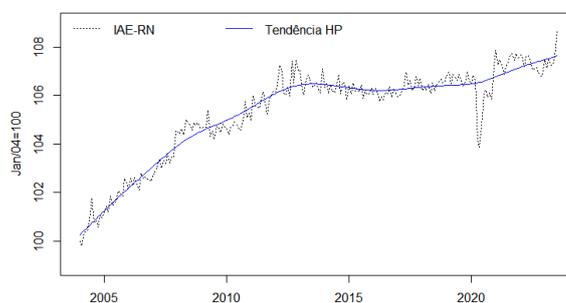
IAE-MA x Tendência HP



IAE-PE x Filtro HP



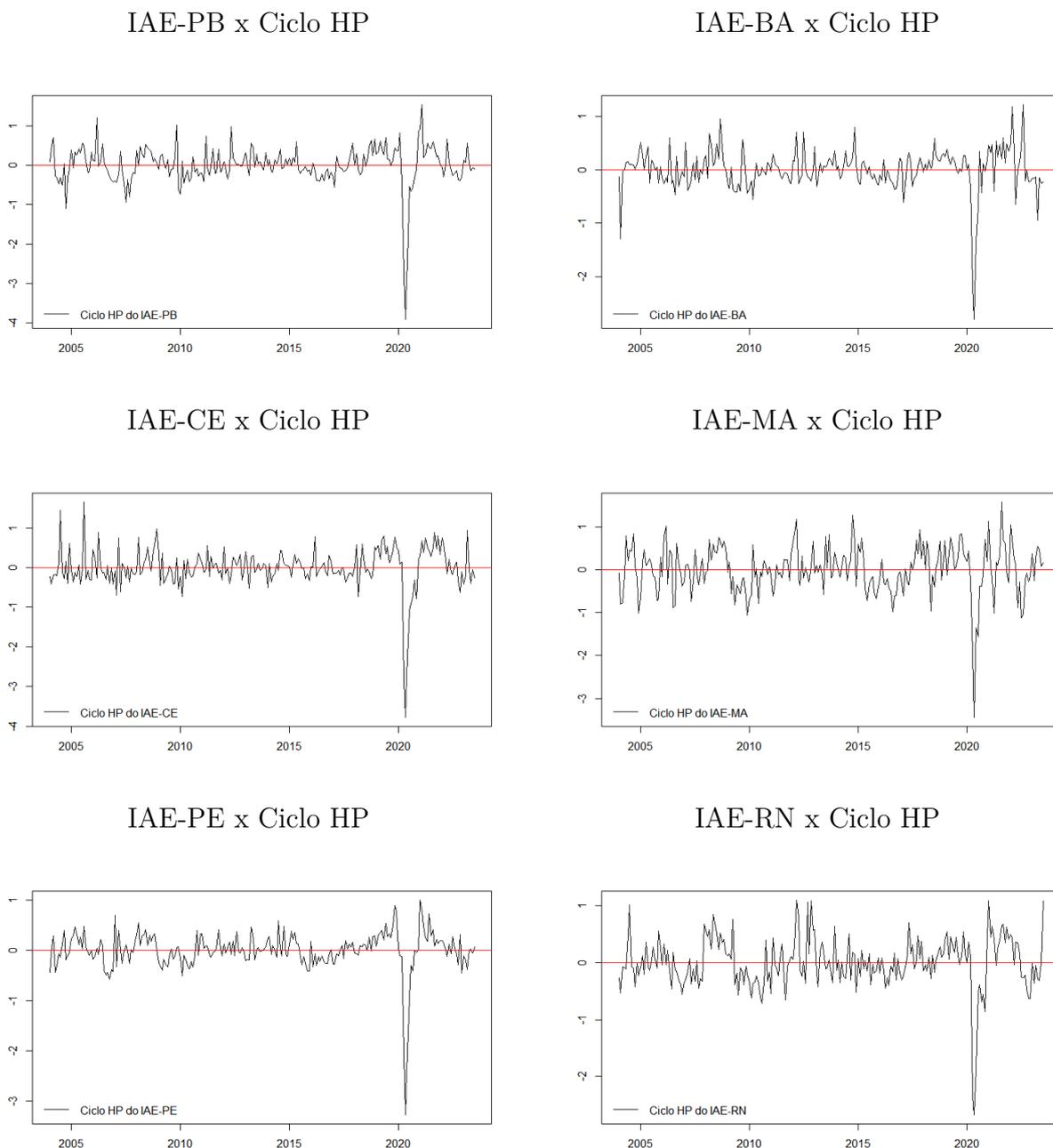
IAE-RN x Tendência HP



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao retirar-se, do IAE, sua tendência, obtém-se o ciclo econômico do estado, entre o período de jan/04 e jul/23, conforme ilustrado na Figura 4

Figura 4 – IAE x Ciclo Econômico Filtro HP - Estados do Nordeste (jan/04 - jul/23)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Como é possível perceber, seu comportamento é de oscilação em torno de sua média (zero). O ciclo econômico reflete as flutuações da atividade econômica, capturando seus períodos de expansão (quando acima de zero) ou de contração (quando menor que zero). Uma análise mais minuciosa acerca dos ciclos econômicos da atividade econômica estadual é realizada na seção 4.3

Um importante aspecto a ser considerado é se o IAE mensurado realmente se comporta de maneira similar à atividade econômica estadual, ou mesmo regional. Para isso, compara-se o indicador com o Índice Atividade Econômica Regional do Nordeste (IBCR-NE), estimado e divulgado pelo Banco Central do Brasil (BCB) em dados mensais. Essa análise parte do pressuposto de que as economias dos estados analisados devem, pelo menos em certo grau, acompanhar a atividade econômica da região à qual pertencem. Com isso, a Figura 5 expressa o confronto dos indicadores.

Como observado, as duas variáveis se comportam de modo semelhante ao longo do tempo, o que pode ser identificado pelo elevado coeficiente de correlação entre os indicadores: 0,88 (IAE-PB), 0,89 (IAE-BA), 0,92 (IAE-CE), 0,91 (IAE-MA), 0,93 (IAE-PE) e 0,91 (IAE-RN). Nesse sentido, os indicadores conseguem capturar o comportamento de longo prazo da economia nordestina.

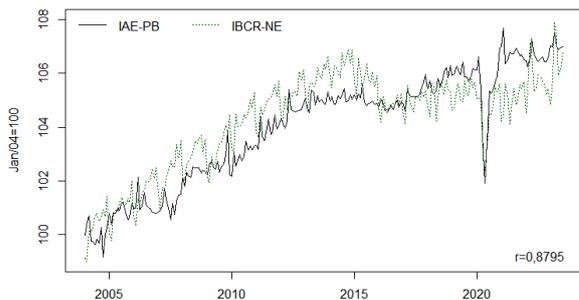
No geral, é possível identificar um período de expansão dos indicadores de 2004 até 2014. Em seguida, o cenário se inverte havendo contração da atividade econômica - o que ocorre com maior intensidade na economia regional (e maranhense). Apesar disso, após 2016, uma recuperação é visualizada até a quebra de março 2020, possivelmente associada à eclosão da pandemia no novo coronavírus (e capturada de forma precisa por todos indicadores). Logo mais, a recuperação do nível de atividade pré-pandêmico passa a ser vivenciada a partir de dez/2020 e jan/2021. Sob essa ótica, o IAE estimado se comporta bem quando comparado com IBCR-NE e expressa uma boa aderência ao indicador oficial.

Quando comparados ao Índice de Atividade Econômica do Banco Central – Brasil (IBC-Br), que é um indicador mensal contemporâneo da atividade econômica brasileira mensurado e divulgado pelo BCB, os resultados são ligeiramente diferentes, como ilustrado pela Figura 6. Nesse caso, é possível identificar uma correlação menor, o que denota uma menor aderência do IAE ao indicador nacional. Nesse sentido, há maiores descolamentos entre os indicadores, o que pode ser um reflexo do nível de agregação dos dados do IBC-Br e da sua conseqüente redução na captura das especificidades subnacionais que são expressas pelo indicador estadual.

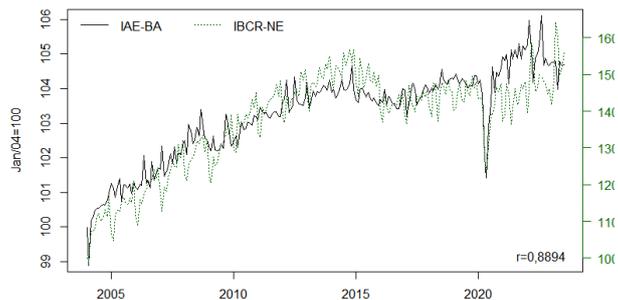
Outro fator a ser considerado para justificar esse descolamento entre os indicadores é a baixa participação dos estados nordestinos no PIB brasileiro. Segundo dados o Sistema de Contas Regionais (SCR) do IBGE, para o ano de 2021, o estado da Bahia representava 3,9% do PIB nacional; seguido por Pernambuco (2,5%), Ceará (2,2%), Maranhão (1,4%), Paraíba e Rio Grande do Norte (ambos com 0,9%).

Figura 5 – IAE Estados do Nordeste x IBCR-NE do BCB (jan/04 - jul/23)

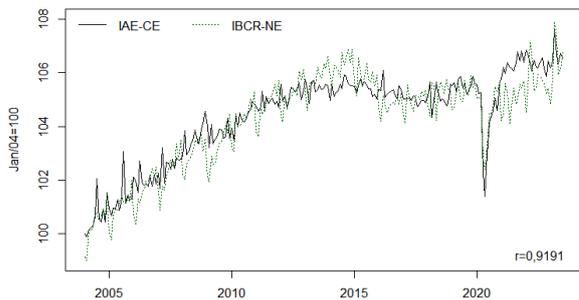
IAE-PB x IBCR-NE



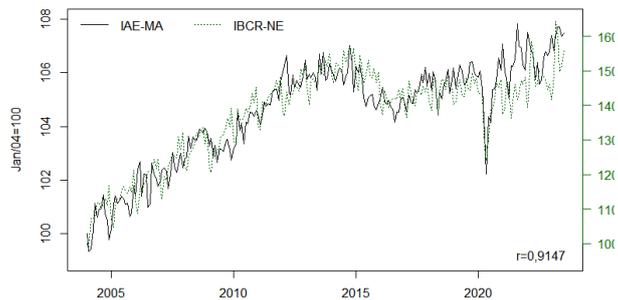
IAE-BA x IBCR-NE



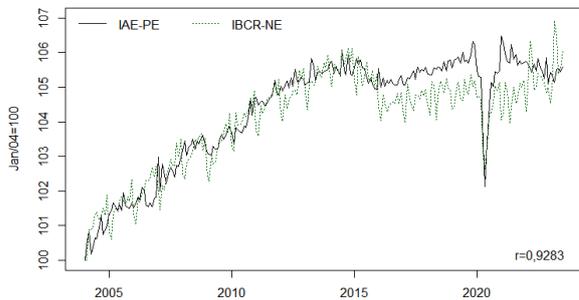
IAE-CE x IBCR-NE



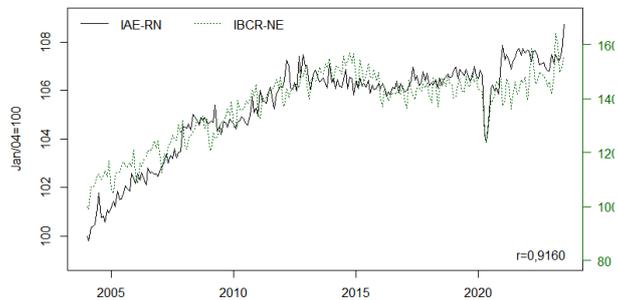
IAE-MA x IBCR-NE



IAE-PE x IBCR-NE



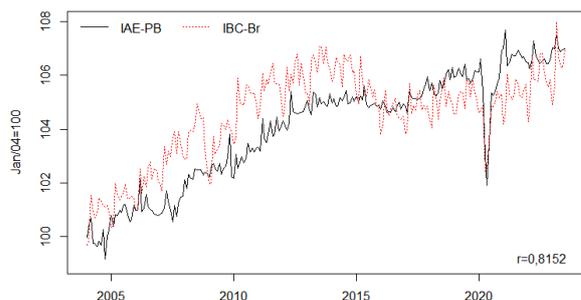
IAE-RN x IBCR-NE



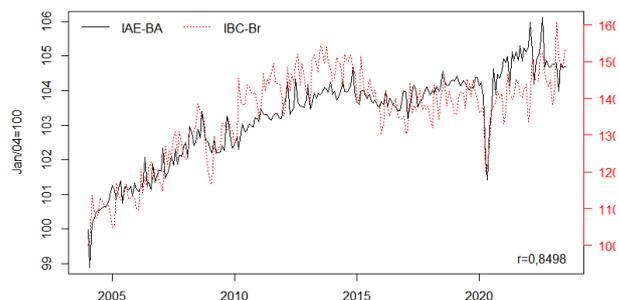
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 6 – IAE Estados do Nordeste x IBC-Br do BCB (jan/04 - jul/23)

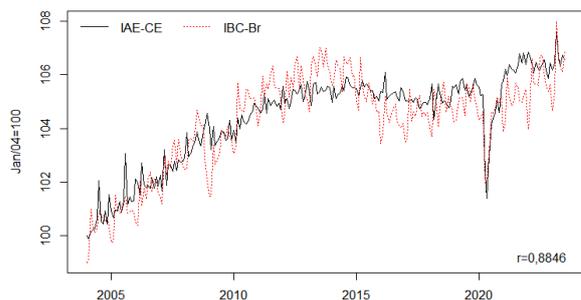
IAE-PB x IBC-Br



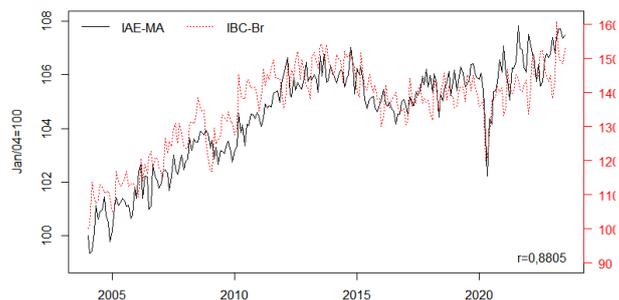
IAE-BA x IBC-Br



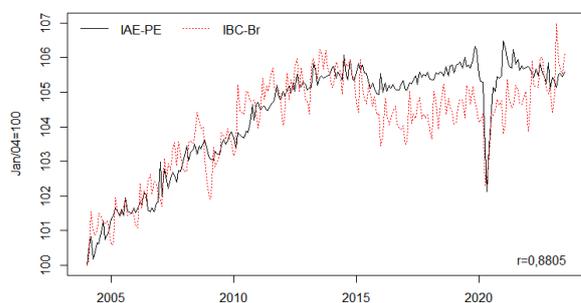
IAE-CE x IBC-Br



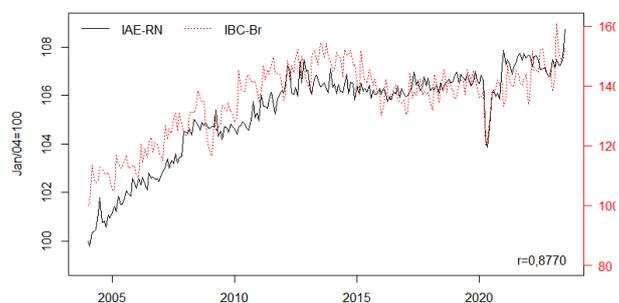
IAE-MA x IBC-Br



IAE-PE x IBC-Br



IAE-RN x IBC-Br



Fonte: Elaborado pelo autor.

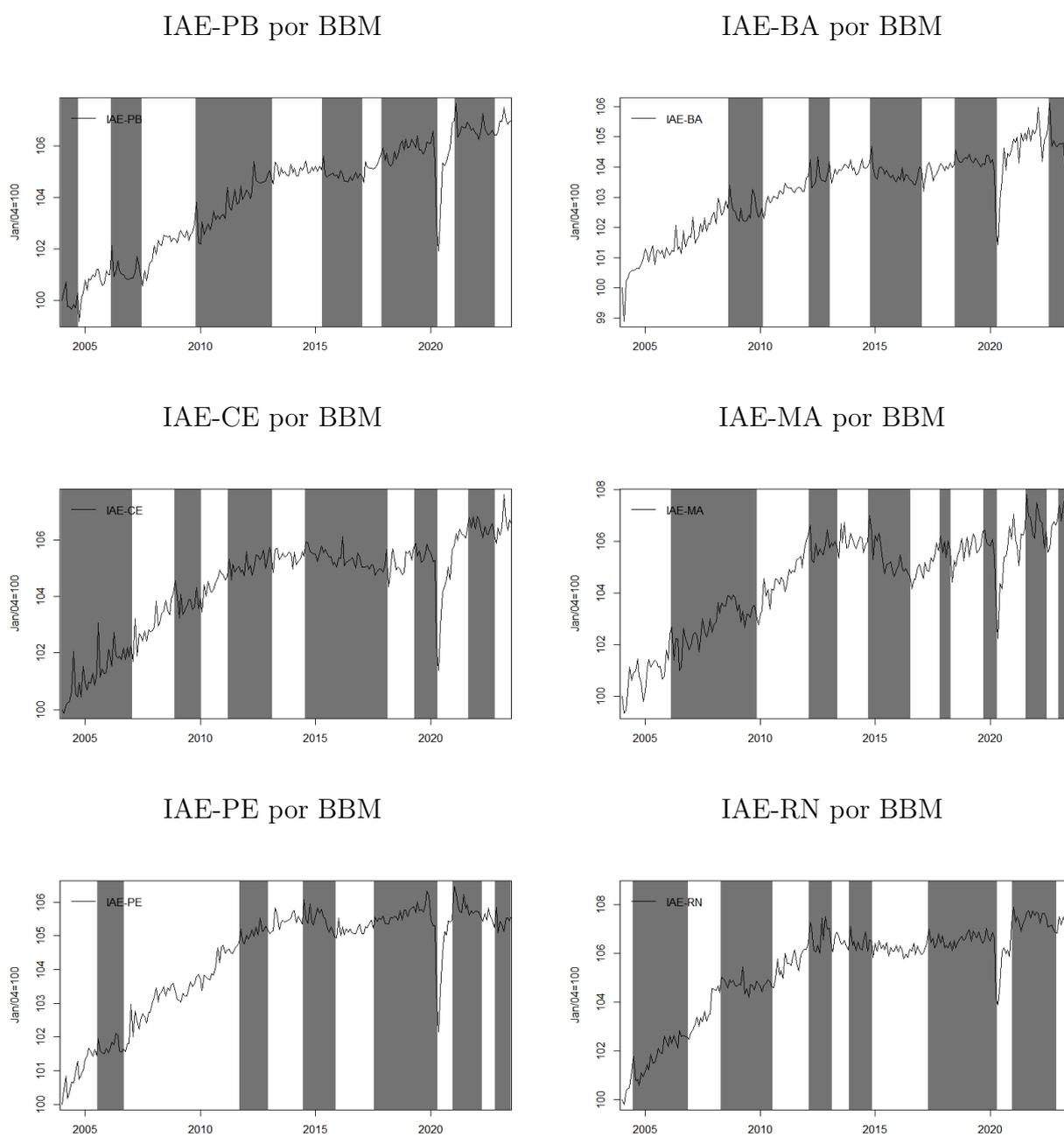
### 4.3 Datação de Ciclos Econômicos

Essa seção comporta os principais resultados e implicações dos modelos de datação de ciclos econômicos aplicados pela pesquisa.

#### 4.3.1 Modelo Bry-Boschan (BBM)

A Figura 7 ilustra graficamente os resultados obtidos por meio do Modelo de Bry-Boschan.

Figura 7 – Datação de Ciclos Econômicos do IAE - Modelo Bry-Boschan (jan/04 - jul/23)



Fonte: Elaborado pelo autor.

As áreas sombreadas (mais escuras) representam os períodos de recessão identificados no ciclo econômico dos estados, enquanto as áreas em branco (mais claras) refletem as expansões dessa mesma variável. Isso posto, é possível identificar os picos e vales das séries temporais analisadas. Nesse cenário, o IAE é sobreposto ao ciclo econômico estimado, de modo a visualizar se os indicadores mensurados apresentam comportamento convergente com relação às expansões e recessões pontuadas pelo modelo.

No geral, percebe-se um comportamento de alternância entre momentos de expansão e recessão econômica no ciclo dos estados. Existem, entretanto, dois pontos de divergência desse comportamento: O IAE-BA apresenta um extenso período de expansão econômica no início da série (equivalente a 57 meses), prologando-se até set/2008; e o IAE-PE vivencia um também longo período de expansão de sua atividade econômica (com duração de 60 meses), entre nov/2006 e out/2011.

Uma análise mais aprofundada (dos resultados tabelados no Anexo **B**) revela que:

- i. conforme ilustrado na Tabela **9**, o IAE-PB possui uma média de 18 meses (1,5 ano) de expansão aproximada e 25 meses (2,1 anos) de recessão. O indicador demora cerca de 43 meses (3,6 anos) para completar um ciclo de vale a vale; e 44 meses (ou 3,7 anos) para concluir um ciclo de pico a pico; a Paraíba vivenciou, no período estudado, 5 eras de recessão econômica;
- ii. segundo a Tabela **10**, o IAE-BA apresenta média de expansão de 22 meses (1,8 ano) e de 19 meses (1,6 ano) de recessão; o ciclo de vale a vale dura em média 40 meses (3,4 anos), enquanto o de pico a pico equivale a 41 meses (3,5 anos); a Bahia experimentou 4 períodos de contração da atividade;
- iii. pela Tabela **11**, entende-se que o IAE-CE passa em média 16 meses (1,4 ano) em expansão e 21 meses (1,8 ano) em recessão; seu ciclo é concluído em 37 meses (3,1 anos) ou 38 meses (3,2 anos), de vale a vale ou de pico a pico, respectivamente; o Ceará apresentou 5 fases de recessão da atividade;
- iv. o IAE-MA, conforme demonstrado na Tabela **12**, vivencia em média 16 meses (1,3 ano) de crescimento e 17 meses (1,5 ano) de contração econômica; da vale a vale, seu ciclo demora 30 meses (2,5 anos), enquanto de pico a pico essa duração é de 33 meses (2,8 anos); Maranhão suportou 6 intervalos de contração econômica;
- v. pela Tabela **13**, percebe que o IAE-PE apresenta média de crescimento de 22 meses (1,6 ano) e 18 meses (1,5 ano) de contração; duração de ciclo de 46 meses (3,9 anos) de vale a vale, e de 41 meses (3,4 anos) de pico a pico; Pernambuco sofreu 5 estágios de recessão econômica;
- vi. a Tabela **14** indica que o IAE-RN vivenciou um crescimento com duração média de 16 meses (1,4 ano) e um decréscimo médio de 23 meses (1,9 ano); de vale a vale seu ciclo dura 38 meses (3,2 anos), já de pico a pico

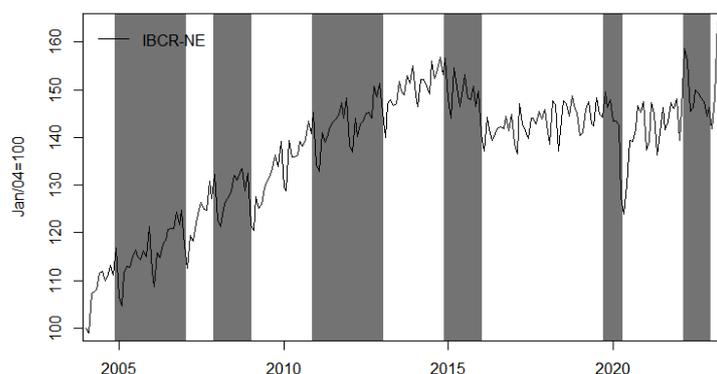
esse tempo é de 39 meses (3,3 anos); o Rio Grande do Norte experimentou 5 momentos de recessão econômica;

- vii. segundo a Tabela 15, o IBCR-NE vivenciou uma média de 24 meses (2 anos) de expansão e 16 meses (1,3 ano) de recessão da atividade econômica; seu ciclo de vale a vale durou em média 38 meses (3,2 anos) e de pico a pico 41 meses (3,4 anos); a Região Nordeste conheceu 6 estágios recessivos durante o período.

Em suma, percebe-se que Bahia e Pernambuco são os estados nos quais a expansão econômica tende a ser mais duradoura (22 meses ou 1,9 ano); as recessões são mais longas na Paraíba (média de 25 meses ou 2,1 anos); Pernambuco apresenta o maior tempo para completar um ciclo de vale a vale (46 meses ou 3,9 anos), enquanto a Paraíba é o estado que mais demora a encerrar um ciclo de pico a pico (43 meses ou 3,6 anos); Maranhão possui o tempo mais curto para completar os ciclos de vale a vale (30 meses ou 2,5 anos) e de pico a pico (33 meses ou 2,8 anos).

Nas tabelas do Anexo B também é possível visualizar as datas (de início e término) dos períodos de expansão e contração da atividade econômica experimentadas pelos indicadores estaduais (bem como pelo indicador regional). Já a Figura 8 ilustra a aplicação do BBM ao IBCR-NE.

Figura 8 – Datação de Ciclos Econômicos do IBCR-NE - Modelo Bry-Boschan (jan/04 - jul/23)



Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 5 apresenta um resumo das estatísticas sobre as recessões captadas pelo BBM. A partir disso, é possível afirmar que os indicadores estimados apresentam recessões em número igual (nos casos do IAE-MA e do IAE-RN) ou menor (nos demais casos) que o IBCR-NE. Além disso, as recessões estaduais tendem a durar mais que as contrações experimentadas pela economia regional (média de 16 meses ou 1,3 ano).

Tabela 5 – Estatísticas Descritivas das Recessões por BBM (jan/2004 - jul/2023)

	IAE-PB	IAE-BA	IAE-CE	IAE-MA	IAE-PE	IAE-RN	IBCR-NE
Nº Reces.*	05	04	05	06	05	06	06
Dur. Méd.	25,40	19,50	21,20	17,67	18,80	23,17	16,17
Dur. Máx.	40	27	43	45	33	36	26
Dur. Mín.	16	11	12	06	14	12	07
Desv. Pad.	9,397	6,758	12,911	14,610	8,012	9,621	8,060
Coef. Var.	36,99	34,65%	60,90%	82,70%	42,62%	41,53%	49,86%
Tempo Rec.**	54,04%	33,19%	45,10%	45,10%	40,00%	59,15%	41,27%
Interv. Méd.***	1,85	3,01	2,22	2,22	2,50	1,69	2,42

Fonte: Elaborado pelo autor.

\* Nº Reces. considera apenas as recessões com início e término dentro de período analisado

\*\* Nº meses em recessão ÷ nº total de meses da amostra.

\*\*\* Intervalo médio (em meses) entre dois momentos de recessão dentro de 1 (um) ano.

A recessão mais prolongada foi vivenciada pelo IAE-MA (45 meses ou 3,7 anos), entre mar/06 e dez/12; a economia maranhense também experimentou a recessão mais curta dentro da amostra (6 meses ou 0,5 ano) de nov/17 a maio/18. Em comparação, o IBCR-NE apresentou duração de 26 meses (2,2 anos) em sua recessão mais longa e 7 meses (0,6 ano) na mais curta. No geral, as recessões tendem a ser mais voláteis exatamente no estado do Maranhão (variabilidade de 82,7%) e menos oscilatórias na Bahia (coeficiente de variação de 34,6%). Apenas IAE-CE e IAE-MA conservam mais volatilidade que a região nordestina.

O Nordeste esteve em períodos recessivos durante 41,3% do período amostral considerado. Dois estados apresentam percentual inferior - BA (33,2%) e PE (40,0%); quatro manifestaram percentual superior - CE (45,1%), MA (45,1%), PB (54,0%) e RN (59,1%). Em média, a cada 2,4 meses ocorridos em 1 (um) ano, a região nordeste vivenciou 1 (um) momento recessivo. Esse intervalo médio é maior em BA (3,0 meses) e PE (2,5 meses); e menor em RN (1,7 mês), PB (1,8 mês), CE e MA (2,2 meses).

### 4.3.2 Modelo Markov-Switching

Os modelos Markov-Switching foram implementados sobre a taxa de crescimento dos índices de atividade econômica (IAE), estimada como  $\Delta IAE$  (aqui,  $IAE \equiv \ln IAE$ ). A Figura 13 (Anexo C) expressa as taxas de crescimentos de cada estado. Analogamente, a Tabela 6 apresenta as principais estatísticas descritivas dessas taxas de crescimento.

A taxa média de crescimento para os 234 meses da amostra é maior no IAE-RN (0,034%), seguido pelo IAE-MA (0,031%); e menor no IAE-BA (0,020%), seguido pelo IAE-PE (0,023%). Ao considerar apenas os meses com crescimento positivo (entre 120 e 124 meses), o IAE-MA apresenta a maior taxa média (0,434%), com o IAE-CE vindo em seguida (0,362%); novamente, as menores taxas são visualizadas no IAE-PE (0,241%) e IAE-BA (0,285%). Já com relação a média dos meses com taxas negativas (entre 110 e 114 meses), os maiores decréscimos ficam por conta do IAE-MA (-0,408%) e IAE-CE (-0,351%); os menores ocorrem no IAE-PE (-0,207%) e no IAE-BA (-0,264%).

Tabela 6 – Estatísticas Descritivas da Taxa de Crescimento do IAE (fev/2004 - jul/2023)

	IAE-PB	IAE-BA	IAE-CE	IAE-MA	IAE-PE	IAE-RN
Nº Meses Tot.	234	234	234	234	234	234
Nº Meses (+)	124	121	124	122	120	122
Nº Meses (-)	110	113	110	112	114	112
Média Tot.	0,0288	0,0196	0,0271	0,0308	0,0232	0,0358
Média (+)	0,3059	0,2848	0,3623	0,4337	0,2416	0,3341
Média (-)	-0,2834	-0,2644	-0,3507	-0,4080	-0,2067	-0,2891
Máx.	1,8327	1,4424	1,7146	2,0531	1,2226	1,3573
Mín.	-2,2268	-1,7702	-2,8488	-1,6106	-1,8549	-2,3023
Desv. Pad.	0,4392	0,3983	0,5124	0,5440	0,3262	0,4195
Coef. Var.	1.522,57%	2.032,00%	1.888,94%	1.764,91%	1.405,59%	1.171,04%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: Tot. considera todas observações; (+) apenas os meses positivos; (-) apenas os negativos.

Em sentido amplo, a maior taxa de crescimento foi apresentada pelo IAE-MA (2,053%) em jun/2020; seguido pelo IAE-PB (1,833%) em jul/2020. A menor taxa, por outro lado, foi detectada no IAE-CE (-2,849%) em abr/2020; seguido pelo IAE-RN (-2,302%) também em abr/2020. Desse modo, as menores taxas de crescimentos ocorreram no início da eclosão da pandemia de Covid-19, enquanto as maiores taxas foram experimentadas meses após o fato, quando da recuperação das economias.

Além disso, percebe-se que os indicadores com maior volatilidade em suas taxas de crescimento foram IAE-BA (2.032%) e IAE-CE (1.888,94%). Seguidos pelo IAE-MA (1.764,91%), IAE-PB (1.522,57%), IAE-PE (1.405,59%) e IAE-RN (1.171,04%).

No processo de escolha da melhor especificação para o método de Markov-Switching, foram estimados 24 modelos para cada indicador, variando o número de autorregressores de 1 a 24, dentro do limite de 2 (dois) regimes - totalizando 144 modelos. Diante disso, foram destacados os modelos melhor especificados - isto é, aqueles que apresentavam ao menos dois regimes distintos de crescimentos (um positivo e outro negativo). Dentro dessa subamostra, as melhores especificações foram escolhidas com base no critério de informação de Akaike (AIC), ao ordená-las em função do menor valor absoluto da estatística.

As especificações finais dos modelos selecionados estão expressos na Tabela 7. Os modelos escolhidos possuem 12 fatores autorregressivos para o IAE-PB, IAE-CE e IAE-RN, 10 para o IAE-PE, 9 para o IAE-MA e 5 para o IAE-BA; ressalta-se que as probabilidades de transição (que refletem a probabilidade da economia permanecer no mesmo regime ou mudar para um outro) estão dispostas na segunda parte da mesma tabela.

Após a estimação das especificações finais, foram analisadas as propriedades de seus resíduos. Pela aplicação do teste *Ljung-Box*, até sua décima segunda ordem, não há indícios da presença de correlação serial (autocorrelação) nos resíduos dos modelos, ao nível de 5% de significância estatística. Analogamente, ao aplicar o teste sobre os resíduos ao quadrado, a metodologia atesta ausência de comportamento heterocedástico nos resíduos, a 5% de significância. Isso posto, em seguida é realizada a interpretação dos modelos selecionados.

Tabela 7 – Datação de ciclos econômicos do IAE Estados do Nordeste por Markov Switching (fev/04 - jul/23)

Estimativas	$\Delta IAE-PB$		$\Delta IAE-BA$		$\Delta IAE-CE$		$\Delta IAE-MA$		$\Delta IAE-PE$		$\Delta IAE-RN$	
	Reg. 1	Reg. 2										
$\Delta IAE(-1)$	-0,1411***	-0,4856***	-0,1413	-0,6127***	-0,7351***	0,2236	0,1359	-0,5978***	-0,7915**	-0,6171***	0,3128***	-0,6100***
$\Delta IAE(-2)$	-0,4981***	-0,3161***	0,1431	-0,5093***	-0,4011***	0,2766	0,4730**	-0,6611***	-0,4000***	-0,2715***	-0,4250***	-0,2692***
$\Delta IAE(-3)$	-0,1756***	-0,0620	-0,1016	-0,4780***	-0,2230***	-0,1799	0,0680	-0,3583**	0,4166***	-0,0811	-1,1898***	-0,2344***
$\Delta IAE(-4)$	-0,7671***	-0,0350	-0,2937	-0,1615*	-0,0795	0,3523	-0,0900	-0,3389**	0,1310	-0,0601	0,2251***	-0,1199
$\Delta IAE(-5)$	0,7761***	-0,0736	0,1837	-0,1298*	-0,0381	0,0195	0,1933	-0,2529*	-0,8116***	-0,0055	0,5252***	-0,0111
$\Delta IAE(-6)$	-0,9708***	-0,0302	-	-	-0,0925	-0,0773	-0,0187	-0,0695	-2,1150***	0,1380*	-0,4383***	-0,1005
$\Delta IAE(-7)$	2,9340***	-0,1059*	-	-	0,0715	-0,6145**	-0,2354*	-0,0761	-1,2143***	0,0961	0,3879***	0,0031
$\Delta IAE(-8)$	3,4446***	-0,1732***	-	-	0,1300*	0,0633	-0,3503***	-0,1311	1,7297***	-0,1178*	0,5744***	0,1373*
$\Delta IAE(-9)$	3,3442***	-0,1428**	-	-	0,1365	-0,3170	0,0561	0,0458	4,9847***	-0,1152*	-0,4798***	0,1151
$\Delta IAE(-10)$	2,0205***	-0,0507	-	-	0,0844	0,1163	-	-	3,3237***	-0,0760	4,2756***	0,0119
$\Delta IAE(-11)$	0,8978***	0,0709	-	-	0,0165	0,0097	-	-	-	-	1,3736***	0,0162
$\Delta IAE(-12)$	1,2601***	0,0001	-	-	-0,0182	-0,9927***	-	-	-	-	-2,7794***	-0,0766
Constante	-0,6537***	0,0666**	-0,0135	0,0428*	-0,0008	0,1922	-0,0046	0,1221*	-0,8394***	0,0428**	-0,2595***	0,0354
Matriz de Prob.	Reg. 1	Reg. 2										
Regime 1	0,5486	0,0425	0,5945	0,1237	0,8551	0,5592	0,2510	0,6712	0,8075	0,0115	0,4763	0,0370
Regime 2	0,4514	0,9575	0,4055	0,8763	0,1449	0,4408	0,7490	0,3288	0,1925	0,9885	0,5237	0,9630
Duração (meses)	2,2152	23,5549	2,4658	8,0845	6,9008	1,7884	1,3351	1,4899	5,1945	87,2632	1,9095	27,0270

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: \*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01; \*\*\*\*p<0,001

Como pretendido, cada estimação possui dois regimes distintos de crescimento, um positivo e outro negativo. O Regime 1 expressa os momentos recessivos do IAE (como destacado pela média negativa de crescimento); o Regime 2 ilustra os momentos de expansão (média de crescimento positiva). Além disso, o valor médio de cada modelo (constante) possui significância estatística, a qual varia entre 0,1% e 10%.

No caso do IAE-PB, existe a probabilidade de 54,8% de continuar em estado recessivo, o que é bem menor do que os 95,7% de probabilidade de permanecer em expansão. Esse cenário é refletido na duração média (em meses) dos regimes; enquanto o Regime 1 possui duração média de 2,2 meses, o Regime 2 possui uma média de 23,5 meses. A probabilidade da economia paraibana sair de um momento de recessão para um de expansão é bem superior a probabilidade de ocorrer o inverso (45,1% contra 4,2%).

Com relação ao IAE-BA, a probabilidade de permanecer em expansão também é superior a de continuar em recessão (87,6% contra 59,4%); é mais provável que a economia baiana mude de um momento recessivo para um de expansão do que o contrário (40,5% contra 12,4%); O regime recessivo dura em média 2,5 meses, enquanto o expansivo se prolonga por 8,1 meses.

No que concerne ao IAE-CE, a probabilidade de permanecer em recessão supera a de continuar em expansão (85,5% contra 44,1%). Desse modo, as chances de que o regime 2 mude para o 1 é maior do que o oposto (55,9% contra 14,5%). Assim, as recessões tendem a durar mais que as expansões (6,9 meses contra 1,8 mês).

No que diz respeito ao IAE-MA, existe uma probabilidade de 25,1% de permanecer em recessão e de 32,9% em expansão. A duração média dos dois regimes é bem próxima; 1,3 mês para o primeiro e 1,5 mês para o segundo. Já a probabilidade da economia maranhense mudar de um regime recessivo para um expansivo é de 74,9%, enquanto do movimento oposto é de 67,1%.

Quanto ao IAE-PE, a probabilidade de permanecer no Regime 2 supera a de continuar no Regime 1 (98,8% contra 80,7%). A duração média da expansão é de 87,2 meses, contra 5,2 meses da recessão. Assim, a probabilidade de transição do primeiro para o segundo regime é de 19,2%, e de apenas 1,1% no caso contrário.

Por fim, para o IAE-RN, existe uma probabilidade de 47,6% de permanecer em recessão, o que é bem inferior aos 96,3% de chance de continuar em estado de expansão. Assim, há uma chance maior de que a economia caminhe de um estado de crescimento negativo para um positivo (52,4%) do que a situação contrária (3,7%). Nesse sentido, a duração média das expansões (27 meses) tende a superar a das recessões (1,9 meses)

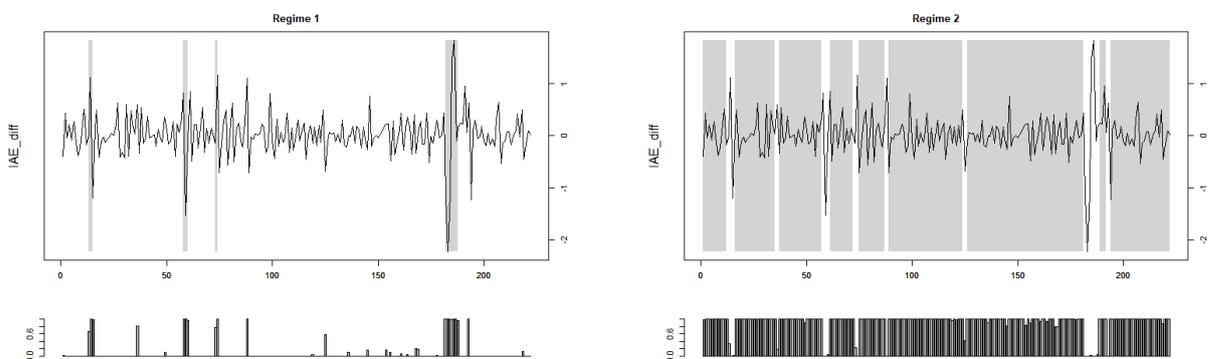
Em síntese, existem dois regimes de grandes distinções nos estados. Com exceção do IAE-CE, a maior probabilidade é de continuar (ou transicionar para) o regime de expansão. E, nesse aspecto, a duração da expansão tende a superar (significativamente) a da recessão. A situação contrária ocorre apenas no CE, com maior probabilidade de permanência (ou

de transição para) o regime recessivo, e duração mais prologanda do mesmo.

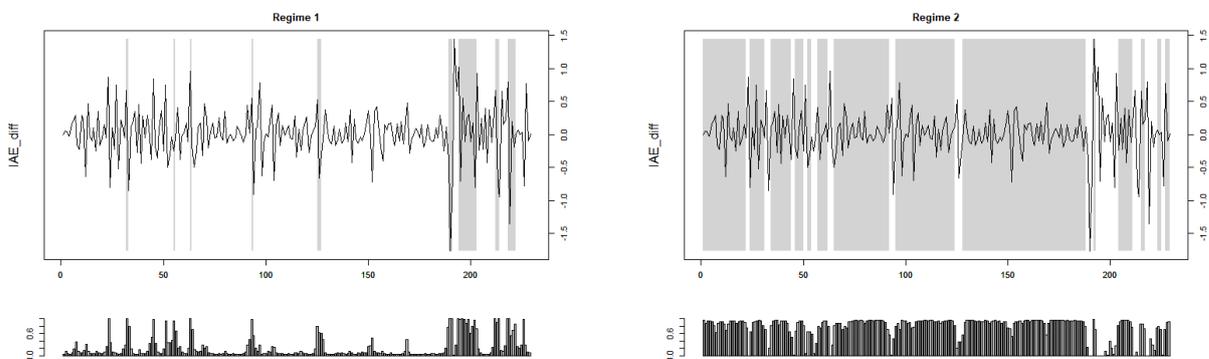
As conclusões captadas sobre o estado da economia advém das probabilidades suavizadas, conforme ilustradas para cada mês da amostra na Figura 14 (Anexo C). Via de regra, quando a probabilidade de recessão for maior que 50%, considera-se que a economia está em estágio recessivo. A partir disso, é possível catalogar os momentos de recessão e expansão. A Figura 9 contrapõe a taxa de crescimento dos estados com os ciclos recessivo (à esquerda, Regime 1) e expansivo (à direita, Regime 2) capturados pelo modelo MSM.

Figura 9 – Ciclos Econômicos do Modelo MSM para a Taxa de Crescimento do IAE Estados do Nordeste (fev/04 - jul/23)

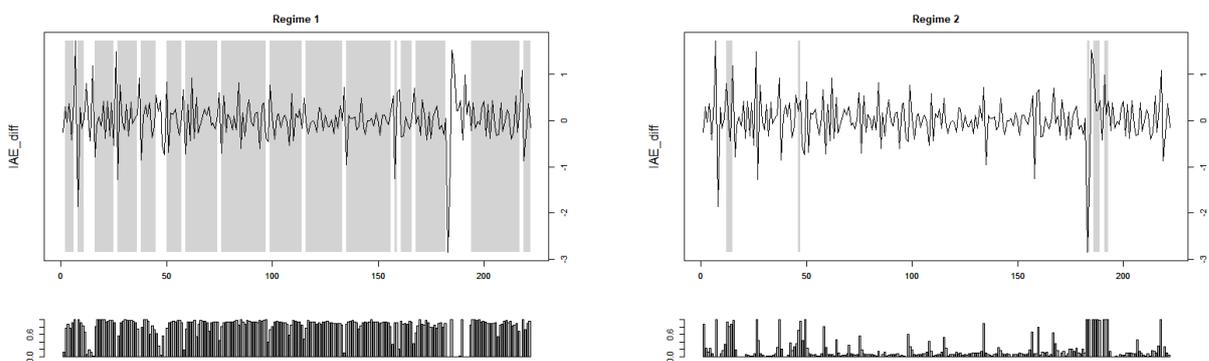
Ciclo MSM:  $\Delta$ IAE-PB (Regimes 1 e 2)



Ciclo MSM:  $\Delta$ IAE-BA (Regimes 1 e 2)

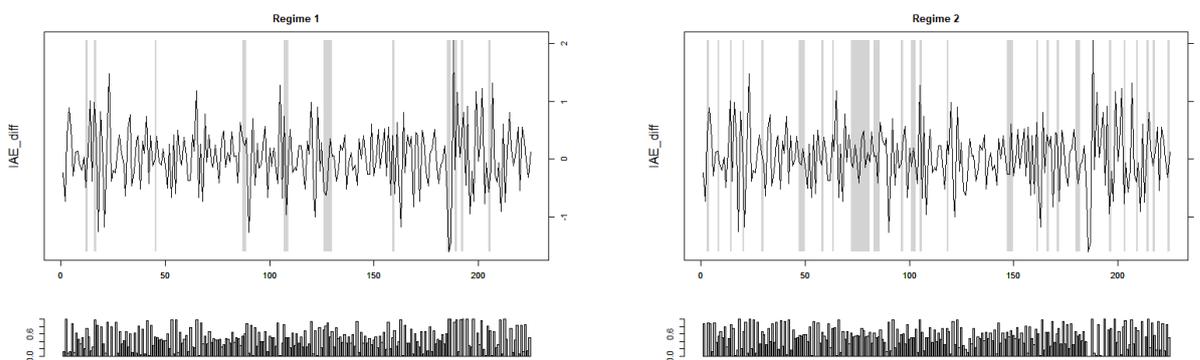


Ciclo MSM:  $\Delta$ IAE-CE (Regimes 1 e 2)

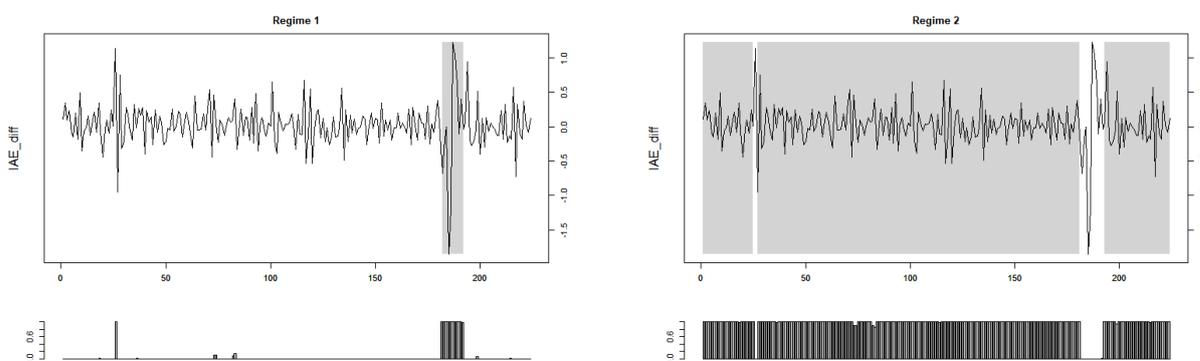


(continua)

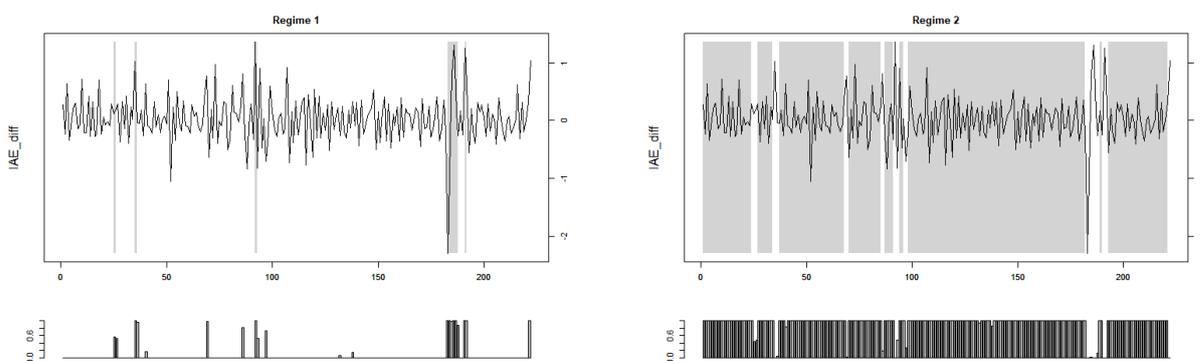
Ciclo MSM:  $\Delta$ IAE-MA (Regimes 1 e 2)



Ciclo MSM:  $\Delta$ IAE-PE (Regimes 1 e 2)



Ciclo MSM:  $\Delta$ IAE-RN (Regimes 1 e 2)



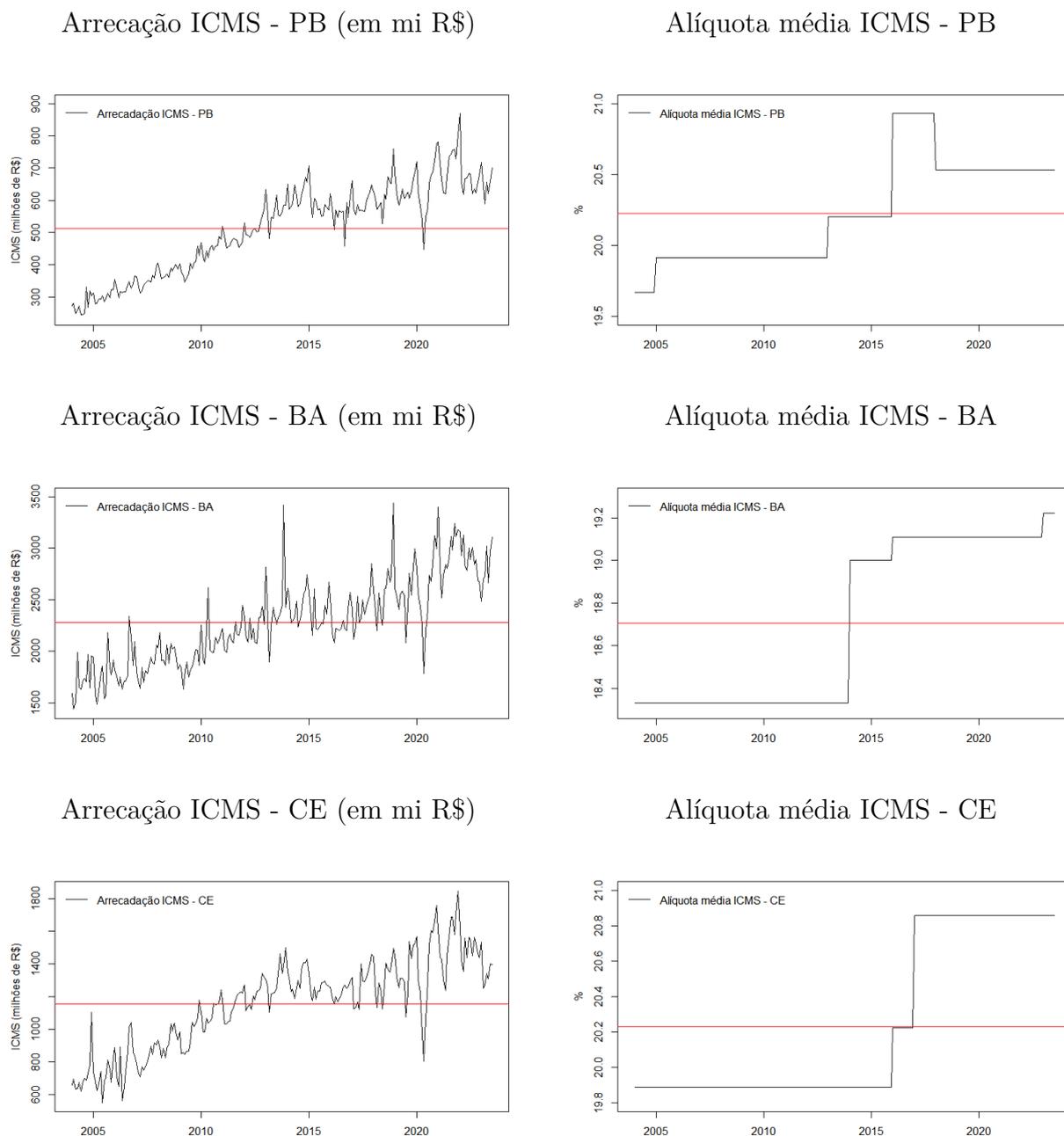
Fonte: Elaborado pelo autor.

As áreas hachuradas destacam os momentos recessivos (Regime 1) e expansivos (Regime 2), o que permite uma visão geral dos ciclos econômicos estaduais, de fev/2004 a jul/2023. Visualmente, percebe-se que os momentos classificados como recessivos compreendem ao menos uma queda brusca do crescimento da atividade econômica dos estados. No geral, nota-se uma alternância de momentos de quedas e de recuperações no caso do IAE-BA, IAE-CE e IAE-MA. Esse comportamento ocorre de maneira mais discreta nos demais indicadores, que apresentam poucos (abaixo de cinco) estágios de recessão, especialmente no IAE-PE (com apenas um momento recessivo datado).

## 4.4 Modelo de alíquota ótima para a Arrecadação de ICMS na Paraíba

Para estimar a Curva de *Laffer* foram utilizadas as variáveis IAE (como base tributária), arrecadação estadual de ICMS (em mi R\$) e alíquota média de ICMS do estado (em %) <sup>3</sup>. Essas duas últimas estão expressas na Figura 10.

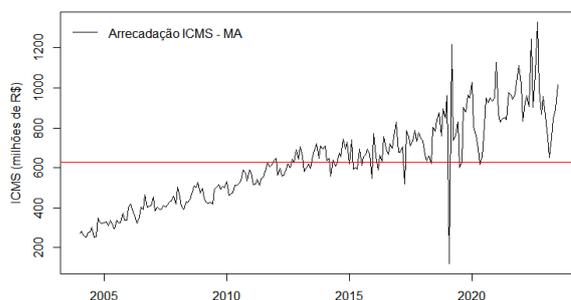
Figura 10 – Séries temporais do modelo de alíquota ótima ICMS (Jan/04 - jul/23)



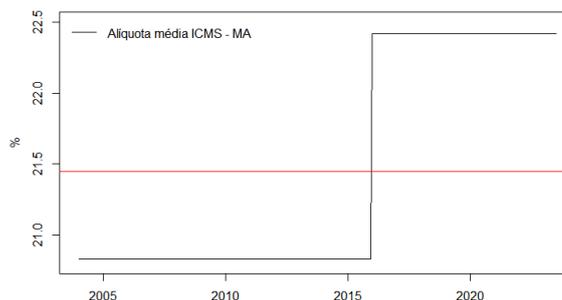
(continua)

<sup>3</sup> Os dados sobre alíquotas nominais foram retirados do Regulamento do ICMS (RICMS) obtido no sítio da SEFAZ de cada estado.

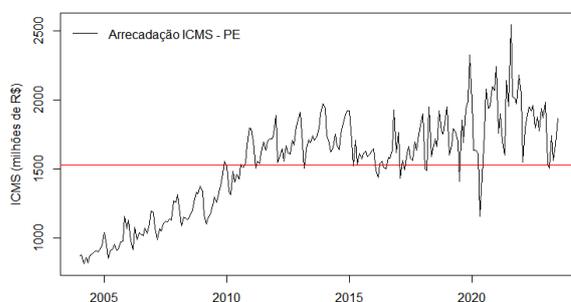
Arrecação ICMS - MA (em mi R\$)



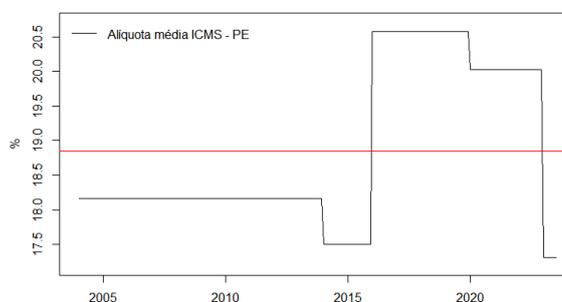
Alíquota média ICMS - MA



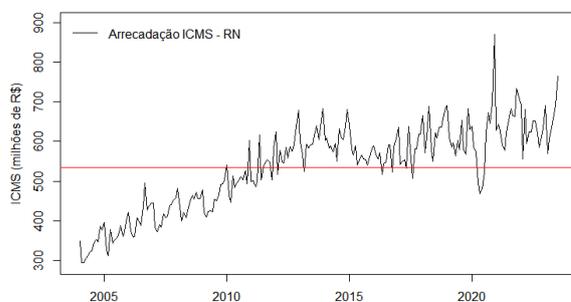
Arrecação ICMS - PE (em mi R\$)



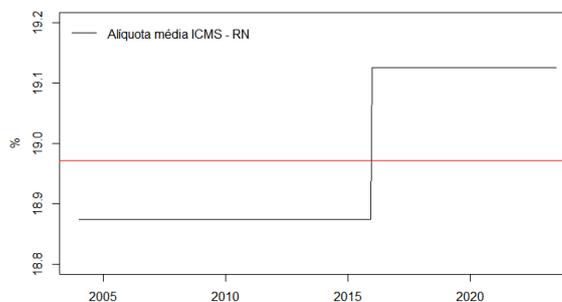
Alíquota média ICMS - PE



Arrecação ICMS - RN (em mi R\$)



Alíquota média ICMS - RN



Fonte: Elaborado pelo autor.

O intuito da modelagem é definir a alíquota crítica (ou ótima) de ICMS para os estados nordestinos estudados, no período de jan/04 a jul/23. Essa alíquota marca o ponto de máxima arrecadação do governo, de modo que movimentos (para mais ou para menos no percentual) tendem a reduzir a arrecadação tributária.

O passo inicial consistiu em testar a presença de raiz unitária nas variáveis. Para tanto, foram aplicados três testes: Augmented Dickey-Fuller (ADF); Phillips-Perron (PP); e Elliot, Rothenberg e Stock (ERS). Como hipótese nula, os testes afirmam existência de raiz unitária (ou não estacionariedade dos dados). Os resultados dos testes estão expressos na Tabela 16 (Apêndice D). Com base nisso, percebe-se que as variáveis são integradas em

ordem 1 (um); isto é, elas apresentam comportamento estacionário (rejeitam a presença de raiz unitária) ao serem diferenciadas uma vez.

O passo seguinte compreendeu a análise de cointegração dos dados, por meio da aplicação do teste de *Phillips-Ouliaris*<sup>4</sup>. Os resultados estão expressos na Tabela 17 (Apêndice D). Conforme demonstrado, os modelos apresentam cointegração das séries temporais, o que denota uma relação de longo prazo entre elas.

A Tabela 8 ilustra as estimações das equações de cointegração (relações de longo prazo) que definem a Curva de *Laffer*<sup>5</sup>.

Tabela 8 – Equação de cointegração modelo de alíquota ótima ICMS (jan/04 - jul/23)

Estimativas	Regressando: $\ln T$					
	PB	BA	CE	MA	PE	RN
$\ln IAE$	11,672***	10,538***	12,701***	-	16,150***	-
$\ln \tau$	561,34***	-796,621	-309,623	-	96,438***	-
$\ln \tau^2$	-92,807***	136,313	51,7297	-	-16,3603***	-
<i>Constante</i>	-882,95***	1136,473	425,0704	-	-195,9904***	-
<i>Obs.</i>	235	235	235	-	235	-
$R^2$	0,9211	0,7805	0,8305	-	0,8839	-
$R^2$ -Ajust	0,9201	0,7777	0,8283	-	0,8824	-
$\tau$ -máx	<b>20,578</b>	<b>18,579</b>	<b>19,939</b>	-	<b>19,055</b>	-
$\tau$ (jul/23)	20,533	19,111	20,856	-	20,029	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota: ·p<0,10; \*p<0,05; \*\*p<0,01; \*\*\*p<0,001.

A elasticidade da receita tributária em relação à atividade econômica (IAE) varia entre 10,54% e 16,15%. Nesse sentido, uma oscilação de 1% no IAE impacta a arrecadação de ICMS em 10,54% (na BA), 11,67% (na PB), 12,70% (no CE) e 16,15% (em PE), para o nível de 0,1% de significância. A significância estatística encontrada é de 0,1% nos demais parâmetros para PB e PE; 10% no caso da BA; e não significativa para o CE.

De maneira suplementar, foram mensuradas as alíquotas críticas dos modelos: 20,58% (PB), 18,58% (BA), 19,94% (CE) e 19,05% (PE). Em comparação com o valor final da alíquota (em jul/23), apenas a Paraíba aplicava uma taxa bem próxima da alíquota crítica<sup>6</sup>. Os demais estados apresentam alíquotas superiores ao valor limítrofe, de modo que, segundo os resultados das estimações realizadas, existe espaço para otimização da arrecadação de IMCS nesses casos, tendo em vista que se situam fora do ótimo.

<sup>4</sup> O teste de *Phillips-Ouliaris* atua por meio da aplicação de duas etapas: i) estimação da equação 3.8 por Mínimos Quadrados Ordinários (MQO); ii) realização de teste de raiz unitária Phillips-Perron (PP) para os resíduos do modelo. A hipótese nula consiste em ausência de raiz unitária dos resíduos (o que seria equivalente a ausência de cointegração das séries).

<sup>5</sup> Em razão de inconsistências encontradas nos parâmetros calculados, as estimações para Maranhão e Rio Grande do Norte não foram possíveis de serem obtidas.

<sup>6</sup> Resultado que converge com o encontrado por Aragón (202?)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa objetivou, em um primeiro momento, estimar os índices de atividade econômica (IAE) mensais para os estados da região Nordeste (Paraíba, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco e Rio Grande do Norte), para o período de jan/2004 a jul/2023, à luz do IMEC-FIPE. Os indicadores foram mensurados como uma média ponderada dos valores das 13 variáveis inseridas no modelo. Os pesos de cada variável foram definidos com base na metodologia de componentes principais. No geral, os pesos não apresentam grandes concentrações, de modo que oscilações isoladas das variáveis não possuem grande influência sobre o comportamento do IAE; suas variações dependem, nesse sentido, da combinação de flutuações no conjunto dos dados.

Em posse dos pesos, realizou-se o cômputo dos indicadores finais (os quais não apresentaram comportamento sazonal). Dentro da amostra analisada, o IAE-RN demonstrou maior valor médio (105,34), maior taxa de crescimento (8,74%) e mais alto pico (108,73 em jul/23); por sua vez, o IAE-PB denotou maior volatilidade (2,02%); enquanto o IAE-BA apresentou menor valor médio (103,26), menor dos vales (98,89 em fev/04), menor oscilação (1,25%) e menor taxa de crescimento (4,69%).

Com exceção do IAE-PE, os indicadores apresentam tendência positivamente inclinada nos extremos da série, com desaceleração (para o IAE-PB, IAE-BA e IAE-RN) e declínio (para o IAE-CE e IAE-MA) no período 2014-2016; o IAE-PE apresentou tendência positiva até 2014, e após permaneceu em queda gradual. O ciclo econômico do filtro HP ilustra um comportamento de oscilação dos índices em torno de uma média (zero).

Quando confrontados com o IBCR-NE, os indicadores estimados apresentam elevado coeficiente de correlação (entre 0,88 e 0,93), com alto grau de aderência ao índice oficial, quando avaliados a longo prazo. Quando a comparação é realizada em relação ao IBC-Br a situação é mais assimétrica, com menor correlação; isso pode ser um reflexo do baixo peso dos estados no PIB nacional, bem como do nível de agregação do índice nacional, o que dificulta a captura de comportamentos isolados dos entes subnacionais.

Como objetivo secundário, o trabalho buscou ampliar o escopo de utilidade do IAE ao realizar aplicações econômicas. Inicialmente, pela construção de uma cronologia mensal das recessões nos estados nordestinos para o período estudado, por meio da aplicação dos modelos Bry-Boschan e Markov-Switching.

Pela implementação do modelo Bry-Boschan, foi possível catalogar os principais momentos de expansão e recessão econômicas para as unidades federativas. Em linhas gerais, os principais resultados apontam que os estados apresentaram entre 4 e 6 estágios de recessão, enquanto a região Nordeste apresentou 6; as recessões tendem a ser mais prolongadas na Paraíba; PB e RN apresentam os menores intervalos médios entre períodos

recessivos (1,7 e 1,8 mês, respectivamente) e foram os únicos estados que vivenciaram mais de 50% do período amostral em recessão (acima inclusive do Nordeste, com 41,3%).

Já com relação ao modelo Markov-Switching, aplicado sobre a taxa de crescimento dos indicadores, percebe-se que existem dois regimes de crescimento distintos nos estados. Com exceção do IAE-CE, a maior probabilidade é de continuar (ou transicionar para) o regime de expansão. E, sob esse aspecto, a duração da expansão tende a superar (significativamente) a da recessão. A situação contrária ocorre apenas no CE, com maior probabilidade de permanência (ou de transição para) o regime recessivo, e duração mais prologanda do mesmo.

Por fim, pretendeu-se estimar a Curva de *Laffer*, de modo a determinar as alíquotas críticas que maximizam a arrecadação de ICMS nos estados. Os resultados estimados indicam que seus valores variam entre 18,58% e 20,58%, sendo que apenas o estado paraibano aplicava uma alíquota nominal próxima de seu valor crítico; os demais estados aplicam alíquotas maiores que o valor limítrofe; existe, portanto, espaço para otimização do processo de arrecadação de ICMS nesses entes.

Diante do exposto, foi possível realizar o cômputos dos indicadores de atividade econômica para os estados nordestinos. Nesse sentido, o IAE é capaz de auxiliar a mensurar o nível de atividade econômica dos estados, traduzir o cenário econômico em tempo hábil e reduzir o *gap* existente entre os momentos de coleta, manipulação e divulgação dos indicadores. De maneira conclusiva, o IAE também é capaz de auxiliar o processo de formação de expectativas dos agentes econômicos e nortear a gestão de políticas públicas, especialmente as de desenvolvimento regional.

No que tange a datação de ciclos econômicos centrada nos estados, existe uma relevante contribuição metodológica, ao permitir a identificação de características específicas dessas localidades e contribuir para decisões individuais ou mesmo para formulação de políticas governamentais e estratégias de negócios em níveis global, nacional e local. Os resultados apresentados neste estudo podem ser interpretados como uma primeira abordagem para datar recessões das economias nordestinas analisadas; este trabalho complementa pesquisas anteriores que se dedicaram à descrição dos padrões observados nos ciclos a nível regional, bem como à formulação e análise de indicadores antecedentes do nível de atividade estadual.

# Referências

- ARAGÓN, E. K. da S. B. **Estimação da Curva de *Laffer* para arrecadação do ICMS no Estado da Paraíba. 202?**
- AZZONI, C. R.; LATIF, Z. A. Indicador de movimentação econômica imec-fipe: aspectos metodológicos e relevância como indicador antecedente da atividade econômica. **Encontro Brasileiro de Econometria**, Salvador, v. 1, n. 17, p. 53–69, dez. 1995.
- BACKUS, D. K.; KEHOE, P. J. International evidence on the historical properties of business cycles. **American Economic Review**, v. 82, n. 4, p. 864–888, 1992.
- BASU, S.; TAYLOR, A. M. Business cycles in international historical perspective. **Journal of Economic Perspectives**, v. 13, n. 2, p. 45–68, 1999.
- BRY, G.; BOSCHAN, C. Cyclical analysis of time series: Selected procedures and computer programs. **National Bureau of Economic Research (NBER)**, New York, v. 7, p. 1–10, 1971.
- BUENO, R. D. L. da S. **Econometria de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011. 360 p. Ndn.
- BURNS, A.; MITCHELL, W. Measuring business cycles. **Studies in Business Cycles - National Bureau of Economic Research (NBER)**, New York, n. 2, 1946.
- CAMACHO, M.; GADEA, M. D. Econometric methods for business cycle dating: a practical guide. **Oxford Research Encyclopedia of Economics and Finance**, Oxford, 2022.
- CHAUVET, M. The brazilian business and growth cycles. **Revista Brasileira de Economia**, v. 56, n. 1, p. 75–106, jan./mar. 2002.
- CHAUVET, M.; SILVA, J. A. B. Indicadores antecedentes de recessões brasileiras. In: **Encontro Brasileiro de Econometria (EBE)**. João Pessoa: Anais [...], 2004. 21p.
- DELGADO, J. de S.; BASSO, A. P. A tributação ótima sobre a renda estruturada com os impostos especiais de consumo. **Revista Direito Mackenzie**, v. 16, n. 1, p. 1–29, 2022.
- DIAS, J.; MONTEIRO, W. F.; SCHUMACHER, F. I. Projeções do índice de atividade econômica de maringá para 2009. **Economia & Tecnologia**, Curitiba, v. 17, n. 5, p. 65–72, abr./jun. 2009.
- ELLERY Jr., R.; NASCIMENTO Jr., A. Análise do ICMS e a questão federativa. In: SACHSIDA, Adolfo (org.). **Tributação no Brasil: estudos, ideias e propostas**. Brasília: IPEA, p. 11-30. 2017.
- FAVA, V. L.; ALVES, D. C. O. Indicador de movimentação econômica, plano real e análise de intervenção. **Revista Brasileira de Economia**, Rio de Janeiro, v. 51, n. 1, p. 133–143, jan./mar. 1997.
- GOMES, F. A. R.; MAGALHÃES, M. A. de. Construindo uma cronologia mensal de recessões para o estado do espírito santo. **Brazilian Business Review - BRB**, Vitória, v. 12, n. 2, p. 249–276, mar./abr. 2015.

- HAMILTON, J. D. A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycles. **Econometrica**, v. 57, n. 2, p. 357–384, 1989.
- HODRICK, R. J.; PRESCOTT, E. C. Postwar u.s. business cycles: an empirical investigation. **Journal of Money, Credit and Banking**, v. 29, n. 1, p. 01–16, feb. 1997.
- KOUTSOYIANNIS, A. **Theory of econometrics**. 2. ed. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers, 1998. 681 p.
- MAIA, S. F. et al. **Elaboração de um Índice de Atividade Econômica do Estado da Paraíba**. 2011. Projeto de Pesquisa (Curso de Ciências Econômicas) – Universidade Federal da Paraíba, 2011.
- MELO, L. C. M.; GOMES, F. A. R. Ciclos de negócios e políticas econômicas: uma análise da indústria do rio grande do sul. **Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 38, n. 75, p. 249–276, mar. 2020.
- NILSSON, R. Confidence indicators and composite indicators. **Instituto de Desenvolvimento Econômico/ Escola de Economia de Varsóvia**, Varsóvia, v. 1, n. 74, p. 111–117, 2004.
- NOGUEIRA, H. C.; SANTOS, C. E. R. Indicadores econômicos: a definição e o uso do índice de movimentação econômica. In: **SEMANA DE ECONOMIA DA UESB**, 11. Vitória da Conquista: Anais [...] Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), 2012.
- OCDE. **OECD System of Composite Leading Indicators**. Paris, França, 2012. Disponível em: <https://bitly.com/U0Hu4N>. Acesso em: 14 mar. 2023.
- PEROBELLI, F. S. et al. **Indicador De Atividade Econômica Para Os Municípios Mineiros**. 2017. Juiz de Fora: Laboratório de Análises Territoriais e Setoriais (LATES), 2017. (Texto para Discussão, n. 02).
- RIBEIRO, C. G. **Índice De Movimentação Econômica Como Indicador Do Nível De Atividade No Município De Belo Horizonte, MG**. 2003. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.
- RIBEIRO, V. S. **Elaboração De Um Índice De Atividade Econômica: município de Maringá**. 2003. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade Estadual de Maringá, 2003.
- SALAZAR, E. Leading indicators. **Meeting on OECD Leading Indicators**, 27p, 1996.
- SAMPAIO, D. M. S. **Análise Comparativa do Indicador de Movimentação Econômica de Salvador e Índices de Produção Física da Indústria Baiana no Período 1995-2002**. 2004. Monografia (Ciências Econômicas) - Universidade Federal da Bahia, 2004.
- SHARMA, S. Applied multivariate techniques. **John Wiley & Sons**, p. 58–59, 1996.
- SILVEIRA, J. W.; GADELHA, S. R. d. B. **Estimular o nível de atividade econômica ou au- mentar alíquota tributária?: uma investigação empírica sobre os determinantes da arrecadação do ICMS**. 2018. Brasília: Tesouro Nacional, 2018. (Texto para Discussão, n. 30).

STOCK, J. H.; WATSON, M. W. Business cycle fluctuations in u.s. macroeconomic time series. **Handbook of Macroeconomics**, North-Holland, p. 3–64, 2000.

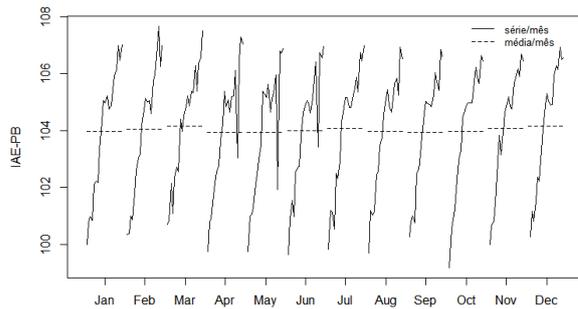
U. S. CENSUS BUREAU. **X-13-ARIMA-SEATS Reference Manual**. Washington, USA, 2000. 288 p. Disponível em: <https://encurtador.com.br/ahwV4>. Acesso em: 08 mai. 2023.

# APÊNDICE A – Tratamento do IAE

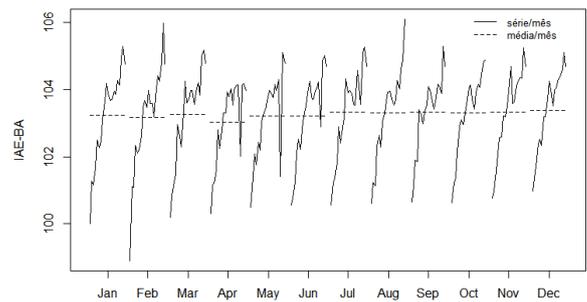
## Estados do NE

Figura 11 – *Monthplot* do IAE Estados do Nordeste (jan/04 - jul/23)

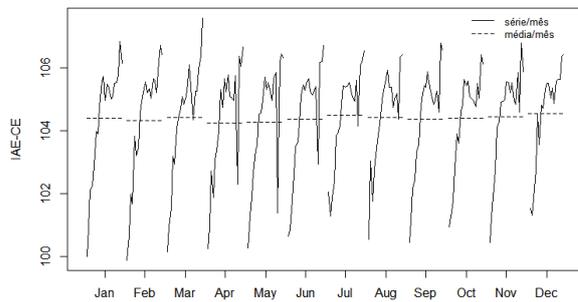
*Monthplot* do IAE-PB (jan/04 - jul/23)



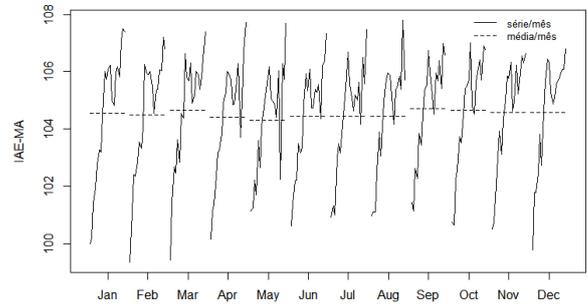
*Monthplot* do IAE-BA (jan/04 - jul/23)



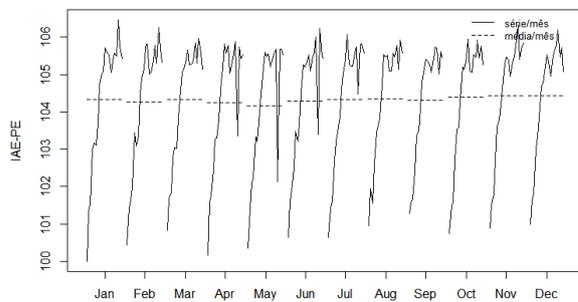
*Monthplot* do IAE-CE (jan/04 - jul/23)



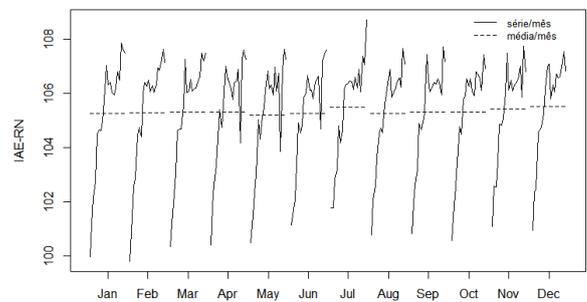
*Monthplot* do IAE-MA (jan/04 - jul/23)



*Monthplot* do IAE-PE (jan/04 - jul/23)



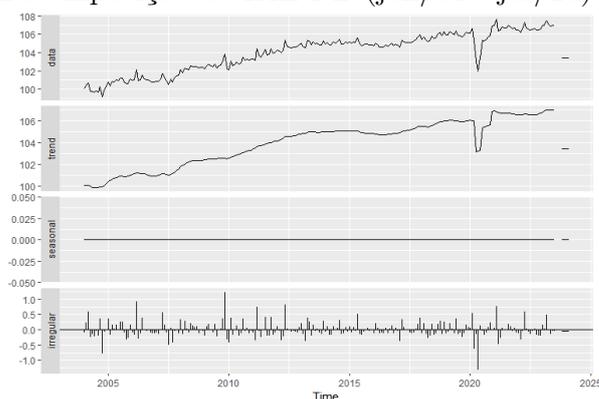
Decomposição do IAE-CE (jan/04 - jul/23)



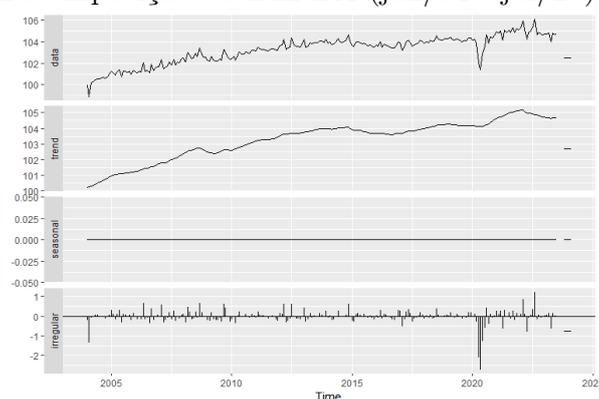
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 – Decomposição do IAE Estados do Nordeste (jan/04 - jul/23)

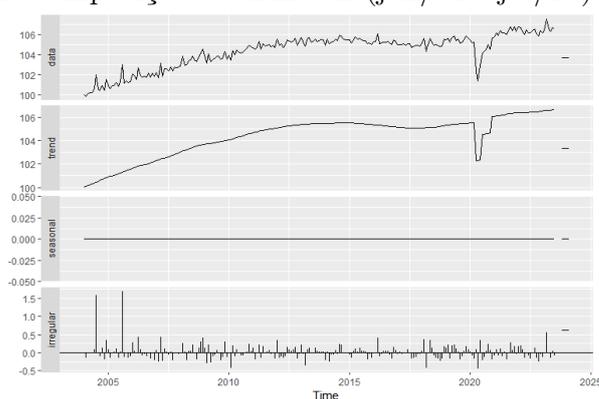
Decomposição do IAE-PB (jan/04 - jul/23)



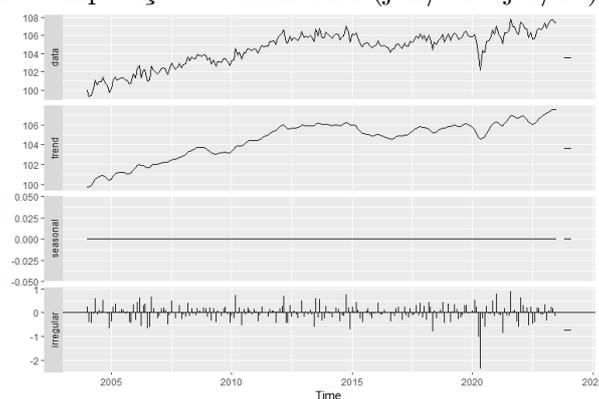
Decomposição do IAE-BA (jan/04 - jul/23)



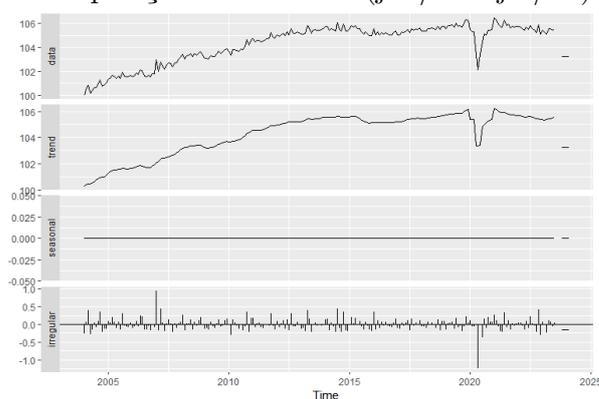
Decomposição do IAE-CE (jan/04 - jul/23)



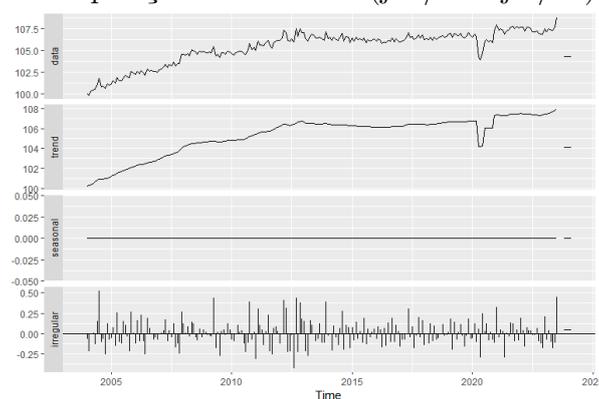
Decomposição do IAE-MA (jan/04 - jul/23)



Decomposição do IAE-PE (jan/04 - jul/23)



Decomposição do IAE-RN (jan/04 - jul/23)



Fonte: Elaborado pelo autor.

# APÊNDICE B – Datação de Ciclos Bry-Boschan

Tabela 9 – Datação de ciclos econômicos do IAE-PB por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23)

Datas		Duração (em meses)			
Vale (V)	Pico (P)	Expansão	Recessão	Ciclo	
		V→P	P→V	V→V	P→P
2004-10	2006-03	17	16	33	44
2007-07	2009-11	28	40	68	66
2013-03	2015-05	26	21	47	31
2017-02	2017-12	10	29	39	38
2020-05	2021-02	9	21	30	-
2022-11	—	-	-	-	-
	<b>média</b>	18,00	25,40	43,40	44,75
	<b>≡ anos</b>	1,50	2,12	3,62	3,73

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 10 – Datação de ciclos econômicos do IAE-BA por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23)

Datas		Duração (em meses)			
Vale (V)	Pico (P)	Expansão	Recessão	Ciclo	
		V→P	P→V	V→V	P→P
—	2008-09	-	18	-	42
2010-03	2012-03	24	11	35	32
2013-02	2014-11	21	27	48	44
2017-02	2018-07	17	22	39	49
2020-05	2022-08	27	-	-	-
	<b>média</b>	22,25	19,50	40,67	41,75
	<b>≡ anos</b>	1,85	1,62	3,39	3,48

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 11 – Datação de ciclos econômicos do IAE-CE por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23)

Datas		Duração (em meses)			
Vale (V)	Pico (P)	Expansão	Recessão	Ciclo	
		V→P	P→V	V→V	P→P
2007-02	2008-12	22	14	36	28
2010-02	2011-04	14	23	37	40
2013-03	2014-08	17	43	60	57
2018-03	2019-05	14	12	26	28
2020-05	2021-09	16	14	30	-
2022-11	—	-	-	-	-
	<b>média</b>	16,60	21,20	37,80	38,25
	<b>≡ anos</b>	1,38	1,77	3,15	3,19

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 12 – Datação de ciclos econômicos do IAE-MA por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23)

Datas		Duração (em meses)			
Vale (V)	Pico (P)	Expansão	Recessão	Ciclo	
		V→P	P→V	V→V	P→P
—	2006-03	-	45	-	72
2009-12	2012-03	27	15	42	31
2013-06	2014-10	16	22	38	37
2016-08	2017-11	15	6	21	23
2018-05	2019-10	17	7	24	22
2020-05	2021-08	15	11	26	17
2022-07	2023-01	6	-	-	-
	<b>média</b>	16,00	17,67	30,20	33,67
	<b>≡ anos</b>	1,33	1,47	2,52	2,80

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 13 – Datação de ciclos econômicos do IAE-PE por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23)

Datas		Duração (em meses)			
Vale (V)	Pico (P)	Expansão	Recessão	Ciclo	
		V→P	P→V	V→V	P→P
—	2005-08	-	14	-	74
2006-10	2011-10	60	15	75	33
2013-01	2014-07	18	17	35	37
2015-12	2017-08	20	33	53	41
2020-05	2021-01	8	15	23	22
2022-04	2022-11	7	-	-	-
	<b>média</b>	22,60	18,80	46,50	41,40
	<b>≡ anos</b>	1,57	1,47	3,87	3,45

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 14 – Datação de ciclos econômicos do IAE-RN por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23)

Datas		Duração (em meses)			
Vale (V)	Pico (P)	Expansão	Recessão	Ciclo	
		V→P	P→V	V→V	P→P
—	2004-07	-	29	-	46
2006-12	2008-05	17	27	44	46
2010-08	2012-03	19	12	31	21
2013-03	2013-12	9	12	21	41
2014-12	2017-05	29	36	65	44
2020-05	2021-01	8	23	31	-
2022-12	—	-	-	-	-
	<b>média</b>	16,40	23,17	38,40	39,60
	<b>≡ anos</b>	1,37	1,93	3,20	3,30

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 15 – Datação de ciclos econômicos do IBCR-NE por Bry-Boschan (jan/04 - jul/23)

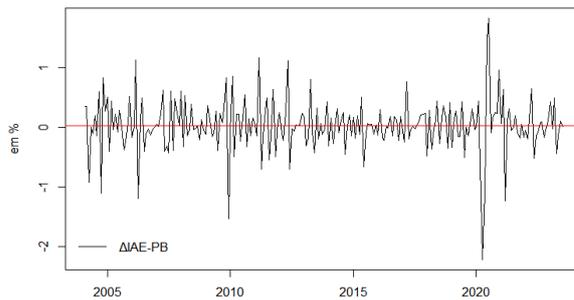
Datas		Duração (em meses)			
Vale (V)	Pico (P)	Expansão	Recessão	Ciclo	
		V→P	P→V	V→V	P→P
—	2004-12	-	26	-	36
2007-02	2007-12	10	14	24	36
2009-02	2010-12	22	26	48	48
2013-02	2014-12	22	14	36	58
2016-02	2019-10	44	7	51	29
2020-05	2022-03	22	10	32	-
2023-01	—	-	-	-	-
	<b>média</b>	24,00	16,17	38,20	41,40
	<b>≡ anos</b>	2,00	1,35	3,18	3,45

Fonte: Elaborado pelo autor.

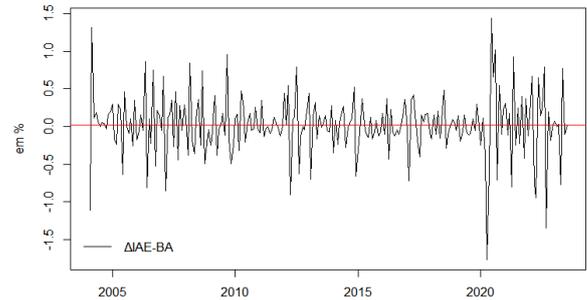
# APÊNDICE C – Datação de Ciclos Markov-Switching

Figura 13 – Taxa de Crescimento (em %) do IAE Estados do Nordeste (fev/04 - jul/23)

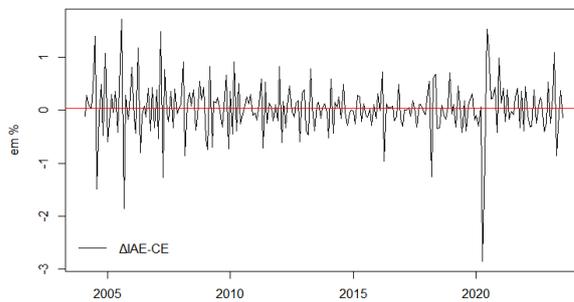
Taxa de Crescimento do IAE-PB



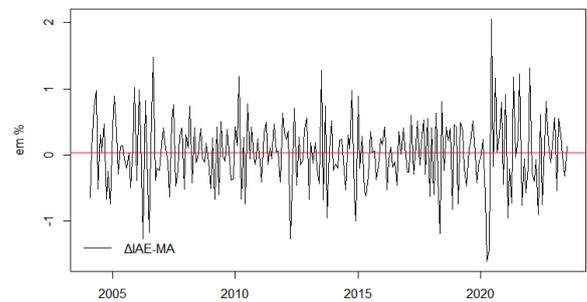
Taxa de Crescimento do IAE-BA



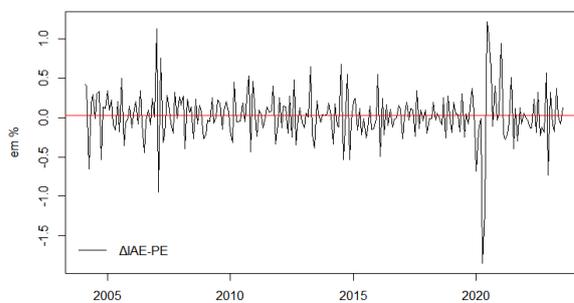
Taxa de Crescimento do IAE-CE



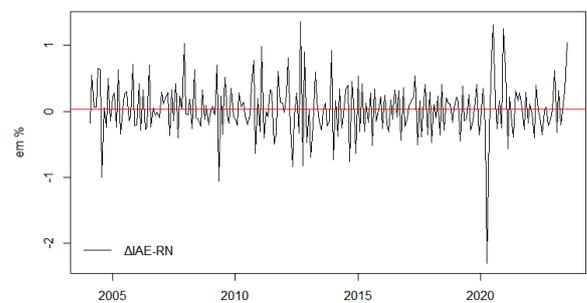
Taxa de Crescimento do IAE-MA



Taxa de Crescimento do IAE-PE

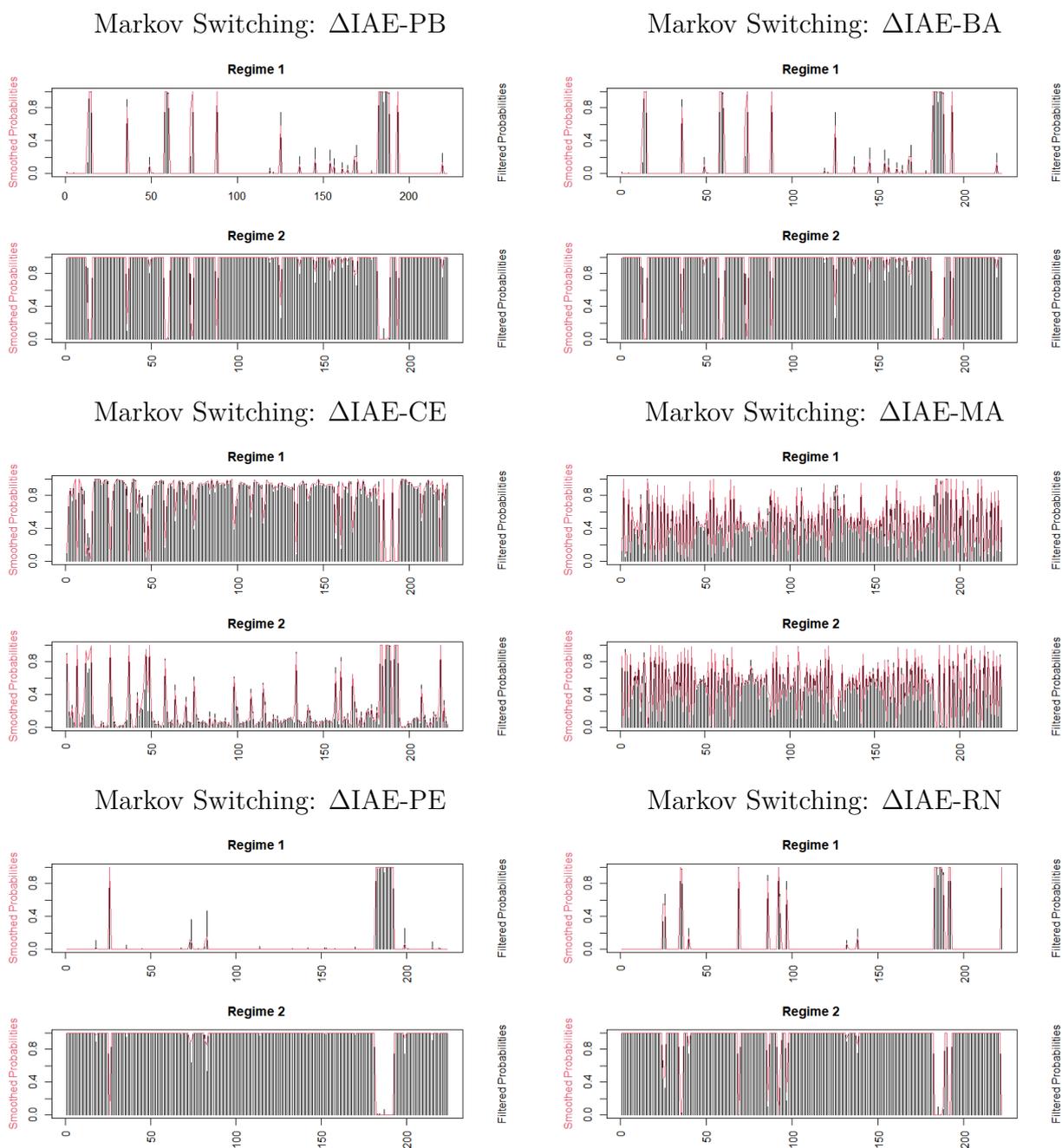


Taxa de Crescimento do IAE-RN



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 – Probabilidades Suavizadas e Filtradas do MSM para o IAE Estados do Nordeste (fev/04 - jul/23)



Fonte: Elaborado pelo autor.

# APÊNDICE D – Modelo de alíquota ótima de ICMS

Tabela 16 – Testes de raiz unitária das séries temporais modelo de alíquota ótima ICMS

Variável/Teste	IAE-PB			IAE-BA		
	ADF	PP	ERS	ADF	PP	ERS
$\ln T$	-2,7698	-42,8480*	0,3512	-5,9059*	-139,91*	-0,4522
$\Delta \ln T$	-8,4337*	-254,320*	-5,5804*	-9,3047*	-256,06*	-2,3375*
$\ln IAE$	-2,9243	-38,805*	0,6839	-2,8663	-45,755*	0,5218
$\Delta \ln IAE$	-7,2754*	-221,77*	-3,9022*	-7,4832*	-254,4*	-1,0698
$\ln \tau$	-2,1675	-10,0950	-0,2536	-2,0771	-8,3782	0,2509
$\Delta \ln \tau$	-5,7054*	-232,710*	-6,7187*	-5,7517*	-232,57*	-6,7392*
Variável/Teste	IAE-CE			IAE-MA		
	ADF	PP	ERS	ADF	PP	ERS
$\ln T$	-3,5720*	-63,786*	-0,6185	-4,7118*	-235,22*	0,0064
$\Delta \ln T$	-10,444*	-239,67*	-5,0690*	-8,7466*	-316,70*	-7,6841*
$\ln IAE$	-2,1556	-28,490*	0,5379	-2,4590	-28,043*	0,6954
$\Delta \ln IAE$	-7,7063*	-270,33*	-6,2366*	-7,6455*	-255,44*	-2,1760*
$\ln \tau$	-1,7280	-5,2596*	0,3630	-2,0994	-8,2159	-0,1602
$\Delta \ln \tau$	-5,8151*	-232,43*	-6,7438*	-5,6943*	-232,74*	-6,7207*
Variável/Teste	IAE-PE			IAE-RN		
	ADF	PP	ERS	ADF	PP	ERS
$\ln T$	-2,3405	-45,722*	-0,2702*	-3,4943*	-61,356*	-0,1489
$\Delta \ln T$	-9,2462*	-262,06*	-8,8875*	-9,5324*	-268,25*	-1,0365
$\ln IAE$	-2,2293	-15,970	0,3315*	-2,1348	-17,268	1,1808
$\Delta \ln IAE$	-7,1483*	-248,97*	-2,4052*	-6,9408*	-254,98*	-4,9070*
$\ln \tau$	-1,4755	-7,1134	-1,5824*	-2,0994	-8,2159	-0,1602
$\Delta \ln \tau$	-5,3937*	-232,77*	-6,6946*	-5,6943*	-232,74*	-6,7207*

Fonte: Elaborado pelo autor.

\* Ausência de raiz unitária/estacionariedade.

Tabela 17 – Testes de cointegração das séries temporais modelo de alíquota ótima ICMS

Espec. do modelo	Phillips–Ouliaris
$T$ , IAE-PB, $\tau$ , $\tau^2$	-134,9587*
$T$ , IAE-BA, $\tau$ , $\tau^2$	214,5300*
$T$ , IAE-CE, $\tau$ , $\tau^2$	152,7398*
$T$ , IAE-MA, $\tau$ , $\tau^2$	267,8055*
$T$ , IAE-PE, $\tau$ , $\tau^2$	-142,7472*
$T$ , IAE-RN, $\tau$ , $\tau^2$	190,503*

Fonte: Elaborado pelo autor.

\* Presença de cointegração.