



SENAI CIMATEC

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM
COMPUTACIONAL E TECNOLOGIA INDUSTRIAL
Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

Dissertação de mestrado

Estudo do Comportamento da Produção da Indústria de Transformação

Apresentada por: Everaldo Freitas Guedes
Orientador: Gilney Figueira Zebende

Novembro de 2014

Everaldo Freitas Guedes

Estudo do Comportamento da Produção da Indústria de Transformação

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial, Curso de Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial do SENAI CIMATEC, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**

Área de conhecimento: Interdisciplinar

Orientador: Gilney Figueira Zebende
SENAI CIMATEC

Salvador
SENAI CIMATEC
2014

Nota sobre o estilo do PPGMCTI

Esta dissertação de mestrado foi elaborada considerando as normas de estilo (i.e. estéticas e estruturais) propostas aprovadas pelo colegiado do Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial e estão disponíveis em formato eletrônico (*download* na Página Web http://ead.fieb.org.br/portal_faculdades/dissertacoes-e-teses-mcti.html ou solicitação via e-mail à secretaria do programa) e em formato impresso somente para consulta.

Ressalta-se que o formato proposto considera diversos itens das normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), entretanto opta-se, em alguns aspectos, seguir um estilo próprio elaborado e amadurecido pelos professores do programa de pós-graduação supracitado.

SENAI CIMATEC

Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, leram e recomendam a aprovação [com distinção] da Dissertação de mestrado, intitulada “Estudo do Comportamento da Produção da Indústria de Transformação”, apresentada no dia 28 de novembro de 2014, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial**.

Orientador:

Prof. Dr. Gilney Figueira Zebende
SENAI CIMATEC

Membro interno da Banca:

Prof. Dr. Roberto Luiz Souza Monteiro
SENAI CIMATEC

Membro externo da Banca:

Prof. Dr. José Garcia Vivas Miranda
Universidade Federal da Bahia

Dedico esta dissertação a Zenaide Sales, a Maria Helena Purificação, a Cremilda Reis, a Cristovão Freitas (in memoriam), a Epaminondas Guedes (in memoriam) e a Narcísio Reis (in memoriam).

Agradecimentos

A Deus por todas as vitórias e conquistas durante a minha vida. “Tudo posso naquele que me fortalece”.

A minha família, em especial a minha mãe Eliana e a Daniela, por todo o incentivo e apoio dado desde o início do curso e pela compreensão do tempo de convívio muitas vezes sacrificado para realização deste trabalho.

Ao meu orientador e amigo professor Dr. Gilney Figueira Zebende, que sempre de forma amigável, orientou-me na elaboração desta dissertação.

Aos docentes do Mestrado em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial da Faculdade de Tecnologia do SENAI CIMATEC, que sempre compreensivos e pacientes com nossas deficiências, me proporcionou um grande aprendizado. De maneira especial, ao amigo professor Dr. Valter de Senna, pelo profissionalismo, empatia e ricas orientações concedidas durante o curso de Mineração de Dados.

Aos professores membros da banca Dr. Roberto Luiz Souza Monteiro e Dr. José Garcia Vivas Miranda, pelas valiosas sugestões para a melhoria deste trabalho.

Ao amigo professor Dr. Paulo Jorge Silveira Ferreira, da universidade portuguesa de Évora, pela imensurável contribuição na elaboração desta tese.

Ao amigo Professor Rodolfo Exller pelo grande apoio na realização do tirocínio docente.

Aos meus colegas de curso, por serem grandes companheiros durante esta jornada.

Aos amigos da Federação das Indústrias do Estado da Bahia (FIEB) pelo incentivo e confiança em mim depositada, além das contribuições para a realização deste estudo.

A FIEB pelo apoio financeiro.

Por fim, a todos que de alguma forma contribuíram e me incentivaram pela conclusão deste trabalho.

Resumo

Compreender o comportamento da indústria de transformação é de fundamental importância para a sociedade baiana, pois o setor possui capacidade de absorver imenso contingente de mão de obra e gerar renda, além de ter grande destaque na economia do estado. Visando contribuir com o estudo de métodos estatísticos recentes, a exemplo do *Detrended Fluctuation Analysis*, do *Detrended Cross-Correlation Analysis* e do coeficiente ρ_{DCCA} , esta dissertação tem o objetivo analisar a dinâmica do indicador de produção da indústria de transformação da Bahia ao longo do tempo, bem como dos segmentos industriais: alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia básica, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool. Ademais, essa pesquisa poderá no futuro fornecer subsídios para a tomada de decisão dos agentes econômicos sobre investimento e planejamento das atividades industriais, baseando-se em análises qualitativas.

Palavras chave: Indústria de transformação, indicador de produção industrial, séries temporais, método DFA, método DCCA, coeficiente de correlação cruzada ρ_{DCCA} .

Abstract

The knowledge of the behavior of the manufacturing industry is very important for the state of Bahia, because the sector has the capacity to absorb a large labor contingent, generating income, and because has featured in the state's economy. To contribute to the study of recent statistical methods, like the Detrended Fluctuation Analysis, the Detrended Cross-Correlation Analysis and the coefficient ρ_{DCCA} , this master thesis has the objective analyze the dynamics of the manufacturing production indicator of the state of Bahia (BR) over time, as well as their segments. Moreover, this research may in the future will provide information for decision-making of economic agents investment and industrial activities planning, based on qualitative analysis.

keywords: Manufacturing industry, manufacturing production indicator of, times series, method DFA, method DCCA, cross-correlation coefficient ρ_{DCCA} .

Sumário

1	Introdução	1
2	A Indústria	3
2.1	Definições	3
2.2	Caracterização	4
2.3	A industrialização da Bahia	7
2.4	O indicador de produção industrial	14
3	Séries Temporais	20
3.1	Introdução	20
3.1.1	Classificação	22
3.1.2	Componentes	23
3.1.2.1	Estimação da tendência	25
3.1.2.2	Estimação da sazonalidade	25
3.1.2.3	Estimação das variações aleatórias	27
3.1.3	Objetivos	27
3.2	Processos estocásticos	29
3.2.1	Processos estacionários	30
3.2.2	Ruído Branco	34
3.2.3	Ruído rosa	34
3.2.4	Passeio aleatório	34
3.3	Teste Dickey-Fuller (DF)	35
3.4	Teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF)	37
3.5	Testes de normalidade	38
3.5.1	Teste Jarque-Bera	39
3.6	A Função de autocorrelação (FAC)	39
3.7	Memória de longo alcance em séries temporais	42
3.7.0.1	Método R/S	43
3.7.0.2	Método DFA	44
3.7.0.3	Método DCCA	48
4	Resultados	53
4.1	Base de dados	53
4.2	Análise exploratória	54
4.3	Análise via DFA	57
4.4	DCCA e Coeficiente ρ_{DCCA}	61
5	Considerações finais	71
A	Séries Temporais	73
A.1	Estacionariedade	73
A.2	Decomposição das séries	76
	Referências	79

Lista de Tabelas

2.1	Estrutura da Indústria Extrativa, Segundo a CNAE 2.0	5
2.2	Estrutura do Segmento de Transformação, Segundo a CNAE 2.0	6
2.3	Estrutura dos Serviços Industriais de Utilidade Pública, segundo a CNAE 2.0	7
2.4	Estrutura do Segmento Indústria da Construção, segundo a CNAE 2.0	7
2.5	Bahia: Participação % das Atividades Industriais no VTI - 2011	12
2.6	Bahia: Número de empresas e pessoal empregado na indústria de transformação por atividade - 2012	13
2.7	Setores industriais investigados pela PIM-PF na Bahia.	15
2.8	Bahia: quantidades produzidas pelo setor alimentos e bebidas.	19
3.1	Decomposição de séries temporais	24
3.2	Observações de uma série temporal com p anos.	26
3.3	Classificação da faixa dinâmica e valores do expoente de flutuação.	47
3.4	ρ_{DCCA} : Níveis de correlação cruzada.	51
4.1	Resumo descritivo das séries.	54
4.2	Resultados do teste Jarque-Bera.	54
4.3	Resultados do teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF).	55
4.4	Resultados do teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para a primeira diferença.	56
4.5	Resumo comparativo da decomposição das séries	57
4.6	Valores do expoente α para o indicador de produção da indústria de transformação (agregado) e dos setores industriais alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool para o período (Jan/91 a Dez/13).	58
4.7	Expoente λ do DCCA no indicador de produção industrial dos segmentos analisados.	62
4.8	Ind. de transformação: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA}	63
4.9	Alimentos e bebidas: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA}	64
4.10	Borracha e plástico: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA}	65
4.11	Celulose e papel: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA}	66
4.12	Metalurgia: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA}	67
4.13	Minerais não metálicos: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA}	68
4.14	Químico: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA}	69
4.15	Refino de petróleo e álcool: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA}	70

Lista de Figuras

2.1	Ilustração dos Subsetores Industriais.	4
2.2	Distritos Industriais da Bahia.	10
2.3	Bahia: Participação dos Setores Industriais no PIB da Indústria - 2011 . .	11
2.4	Bahia: Exportações de produtos industrializados (1991-2013)	14
3.1	Bahia: Índice mensal da produção da indústria de transformação (Jan/1991 a Dez/2013).	21
3.2	Bahia: Evolução mensal das exportações e importações (Jan/1989 a Dez/2013). 21	21
3.3	Bahia: Exportações anuais de produtos industrializados (1998 a 2012). . .	22
3.4	Participação % anual da indústria, no Produto Interno Bruto (1995 a 2011). 22	22
3.5	Representação de um sistema dinâmico.	28
3.6	Um processo estocástico interpretado como uma família de variáveis aleatórias. 29	29
3.7	Série não-estacionária quanto ao nível e inclinação.	31
3.8	Bahia: Índice mensal de produção da indústria de transformação (jan/91 a dez/13). (b) Primeiro diferença e (c) Segunda diferença.	33
3.9	Séries temporais caracterizadas por ruído branco, ruído rosa e ruído marrom. 35	35
3.10	Bahia: Índice mensal de produção do segmento refino de petróleo e álcool (jan/91 a dez/13). (b) Função de autocorrelação.	41
3.11	Bahia: Índice de produção industrial do setor de transformação (jan/91 a dez/13). (b) Série integrada $y(k)$	45
3.12	Divisão da série integrada $y(k)$ em <i>boxes</i> de tamanho n	46
3.13	Ilustração do passo 2. Aqui temos o polinômio de grau 1 sendo ajustado. .	46
3.14	Resultado do DFA para o indicador de produção física da indústria de transformação da Bahia (jan/91 a dez/13).	47
3.15	Séries originais do indicador de produção industrial do setores celulose e papel e metalurgia (Jan/91 a Dez/13); tomadas mês a mês.	49
3.16	Divisão dos sinais integrados R_k e R'_k em $(N-n)$ <i>boxes</i> com superposição de tamanho $n=4$, cada um contendo $n+1$ valores. Fonte: Filho (2009).	49
3.17	Análise de correlação cruzada (DCCA) entre o indicador de produção industrial dos setores celulose e papel e metalurgia (Jan/91 a Dez/13). . . .	50
3.18	Correlação Cruzada entre dados meteorológicos da cidade de Salvador/BA. Estes dados foram gravados a partir de 12 de março de 2010 a 10 de junho de 2010 e demonstra a correlação cruzada através do coeficiente DCCA entre as seguintes variáveis climáticas: temperatura do ar X radiação solar (●), temperatura do ar X umidade relativa do ar (■), umidade relativa do ar X radiação solar (○), e velocidade do vento X direção do vento (□). As linhas tracejadas verticais correspondem a um dia e uma semana respectivamente, em escala de tempo.	52
4.1	Séries temporais estudadas.	53
4.2	Bahia: Índice mensal de produção da indústria de transformação (Jan/91 a Dez/13).	58
4.3	F_{DFA} em função de n para o índice de produção da indústria de transformação.	58

4.4	Bahia: Índice mensal de produção do setor alimentos e bebidas (Jan/91 a Dez/13).	59
4.5	F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor alimentos e bebidas.	59
4.6	Bahia: Índice mensal de produção do setor borracha e plástico (Jan/91 a Dez/13).	59
4.7	F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor borracha e plástico.	59
4.8	Bahia: Índice mensal de produção do setor celulose e papel (Jan/91 a Dez/13).	59
4.9	F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor celulose e papel.	59
4.10	Bahia: Índice mensal de produção do setor metalurgia básica (Jan/91 a Dez/13).	60
4.11	F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor metalurgia.	60
4.12	Bahia: Índice mensal de produção do setor minerais não metálicos (Jan/91 a Dez/13).	60
4.13	F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor minerais não metálicos.	60
4.14	Bahia: Índice mensal de produção do setor químico (Jan/91 a Dez/13).	60
4.15	F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor químico.	60
4.16	Bahia: Índice mensal de produção do setor refino de petróleo e álcool (Jan/91 a Dez/13).	61
4.17	F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor refino de petróleo e álcool.	61
4.18	Níveis de correlação cruzada da produção da indústria de transformação com os segmentos alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool.	63
4.19	Níveis de correlação cruzada da produção de alimentos e bebidas com os segmentos borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool.	64
4.20	Níveis de correlação cruzada da produção de borracha e plástico com os setores alimentos e bebidas, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool.	65
4.21	Níveis de correlação cruzada da produção de celulose e papel com os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico, metalurgia, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool.	66
4.22	Níveis de correlação cruzada da produção de metalurgia com os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool.	67
4.23	Níveis de correlação cruzada da produção de minerais não metálicos com os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, químico e refino de petróleo e álcool.	68
4.24	Níveis de correlação cruzada da produção de químico com os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos e refino de petróleo e álcool.	69
4.25	Níveis de correlação cruzada da produção de refino de petróleo e álcool com os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos e químico.	70
A.1	Bahia: Índice de produção da indústria de transformação (a). Correlograma (gráfico b)	73

A.2	Bahia: Índice de produção do setor alimentos e bebidas (a). Correlograma (gráfico b)	73
A.3	Bahia: Índice de produção do setor borracha e plástico (a). Correlograma (gráfico b)	74
A.4	Bahia: Índice de produção do setor celulose e papel (a). Correlograma (gráfico b)	74
A.5	Bahia: Índice de produção do setor metalurgia (a). Correlograma (gráfico b)	75
A.6	Bahia: Índice de produção do setor minerais não metálicos (a). Correlograma (gráfico b)	75
A.7	Bahia: Índice de produção do setor químico (a). Correlograma (gráfico b) .	76
A.8	Bahia: Índice de produção do setor refino de petróleo e álcool (a). Correlograma (gráfico b)	76
A.9	Decomposição da série indústria de transformação.	77
A.10	Decomposição da série alimentos e bebidas.	77
A.11	Decomposição da série borracha e plástico.	77
A.12	Decomposição da série celulose e papel.	77
A.13	Decomposição da série metalurgia.	78
A.14	Decomposição da série minerais não metálicos.	78
A.15	Decomposição da série químico.	78
A.16	Decomposição da série refino de petróleo e álcool.	78

List of Algorithms

Lista de Siglas

ADF	Teste Dickey Fuller Aumentado
ARFIMA ...	Autorregressivo Fracionário Integrado de Média Móvel
ARIMA	Autorregressivo Integrado de Média Móvel
ARMA	Autorregressivo e de Média Móvel
CIA	Centro Industrial de Aratu
CIS	Centro Industrial do Subaé
CNAE	Classificação Nacional de Atividades Econômicas
CNI	Confederação Nacional da Indústria
COI	Custo das Operações Industriais
COPEC	Complexo Petroquímico de Camaçari
CV	Coefficiente de Variação
DCCA	<i>Detrended Cross-Correlation Analysis</i>
DF	Teste Dickey Fuller
DFA	<i>Detrended Fluctuation Analysis</i>
FAC	Função de Autocorrelação
FOB	<i>Free On Board</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBOVESPA .	Índice da Bolsa de Valores de São Paulo
IGP	Índice Geral de Preços
INPC	Índice Nacional de Preços ao Consumidor
IPCA	Índice de Preços ao Consumidor Amplo
JB	Teste Jarque-Bera
LB	Estatística Ljung-Box
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
PIB	Produto Interno Bruto
PIM-PF	Pesquisa Industrial Mensal Produção Física
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
RB	Ruído Branco
ρ_{DCCA}	Coefficiente de Correlação Cruzada
RLAM	Refinaria Landulpho Alves
RMS	Região Metropolitana de Salvador
SIUP	Serviços Industriais de Utilidade Pública
SEI	Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia
SUDIC	Superintendência de Desenvolvimento Industrial e Comercial
USIBA	Usina Siderúrgica da Bahia
VA	Variável Aleatória
VBPI	Valor Bruto da Produção Industrial
VTI	Valor da Transformação Industrial

Introdução

A indústria de transformação é um setor da indústria, que tem por finalidade transformar matéria-prima em produtos comercializáveis (acabados ou semiacabados), utilizando para esse fim trabalho manual ou mecânico e energia. Essa atividade industrial possui grande relevância para a economia, pois produz materiais exigidos por setores de importância estratégica, como por exemplo, a infraestrutura nacional e a defesa, além de empregar grande parcela da população.

No Brasil, esse setor industrial exerce um papel essencial no desenvolvimento da economia, devido principalmente à capacidade de geração de emprego e renda, contribuindo ativamente para o desenvolvimento econômico e social do país. De acordo com os dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), o número de trabalhadores na indústria de transformação cresceu 49,1% entre 1990 e 2012, saltando de 5,5 milhões em 1990 para 8,1 milhões em 2012. Dentre os estados mais industrializados, a Bahia se destaca no cenário nacional por possuir o maior complexo industrial integrado do Hemisfério Sul, o Pólo Petroquímico de Camaçari (COPEC) e por contar com a produção da segunda maior refinaria de petróleo, a Landulpho Alves de Mataripe (RLAM), elementos que levaram o estado a ocupar a sétima posição do *ranking* referente ao Valor da Transformação Industrial (VTI), em 2012. Como característica, a produção dessa importante atividade econômica no estado apresenta-se concentrada em torno de segmentos especializados na fabricação de bens intermediários, destinados em grande parte, a abastecer as regiões Sul e Sudeste do país (UDERMAN, 2005). Entretanto, por causa da interferência de fatores de mercado, endógenos ou exógenos, a produção industrial ao longo do tempo, tem sido caracterizada por apresentar um comportamento complexo, exibindo por exemplo, sazonalidade e intensas variações aleatórias. Estes fatores dificultam diretamente o planejamento e a tomada de decisão, provocando incertezas para quem mantém investimentos nesse setor.

Assim, se aplicarmos com eficiência métodos quantitativos e qualitativos, poderemos alcançar um diferencial no planejamento e na tomada de decisão. Nessa perspectiva, a estatística tem desempenhado papel fundamental, por ser uma ciência destinada a fornecer métodos para lidar, racionalmente, com situações sujeitas a incertezas, entre os quais destacamos a análise de séries temporais. O estudo de variáveis econômicas admite o emprego de tais técnicas, no intuito de qualificar e quantificar características de um tipo e/ou segmento da indústria. Essas análises vêm sendo realizadas em diversas áreas do conhecimento, nas quais os fenômenos podem ser dispostos no tempo, como por exemplo, o índice de produção industrial da Bahia. Modernas técnicas estatísticas têm sido utilizadas

para investigar tal comportamento em função do tempo, dentre as quais podemos citar aqui: o método *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA), criado por Peng et al. (1994). Este método tem como característica importante a identificação de correlação de longo alcance, nas séries temporais, via o seu expoente de correlação (FILHO, 2009). O método *Detrended Cross-Correlation Analysis* (DCCA), criado por Podobnik e Stanley (2008) e o coeficiente ρ_{DCCA} , proposto por Zebende (2011), tem como característica a identificação e a mensuração do nível de correlação cruzada de longo alcance em séries temporais não estacionárias, o que não é possível alcançar com metodologias tradicionais.

Logo, pretendemos nesta dissertação contribuir de alguma forma no estudo da indústria de manufatura do estado da Bahia, na perspectiva de fornecer subsídios para o processo de planejamento das empresas, além de auxiliar o governo na adoção de políticas de fomento ao setor. Nesse sentido, o presente trabalho de dissertação objetiva analisar a dinâmica temporal da produção física da indústria de transformação da Bahia, utilizando os métodos DFA, DCCA e o coeficiente ρ_{DCCA} . De maneira específica, buscamos caracterizar o comportamento exibido pela produção deste tipo de indústria, ao longo do tempo e identificar e mensurar correlações entre as atividades industriais que compõem o setor.

Para contemplar tais objetivos, estruturamos esta dissertação em 4 capítulos. A contar com a introdução, capítulo já lido. No capítulo 2, expomos de maneira breve, o conceito de indústria e sua composição, alguns dos acontecimentos históricos do desenvolvimento industrial na Bahia, a partir da década de 50 até os dias atuais. Por fim, apresentamos o índice da produção industrial. No capítulo 3, abordamos a fundamentação teórica dos métodos de análise de séries temporais, destacando os métodos já mencionados anteriormente. Por último, no Capítulo 4, apresentamos os resultados obtidos, as conclusões e as considerações finais.

A Indústria

Aqui neste capítulo vamos introduzir os conceitos relacionados a indústria e apresentar a sua evolução histórica, no estado da Bahia, a partir da década de 1950, dando ênfase à indústria de transformação. Em seguida, abordamos a importância do setor para a economia da Bahia, caracterizando com a sua atual configuração. Por fim, discutimos o índice de produção industrial, principal medida estatística do segmento.

2.1 Definições

Segundo a [CNI \(2008\)](#), a palavra indústria significa empenho, trabalho, habilidade ou disposição de realizar algo. Ainda segundo o autor, o termo foi introduzido no vocabulário português no século XIV, um pouco antes dos portugueses terem aportado no litoral da América do Sul. Logo, a ideia que se tem de indústria, se estende às organizações produtivas agrupadas e organizadas, segundo critérios de análise e planejamento.

Uma definição plausível é apresentada por [Kon \(2003\)](#), na qual a indústria é um conjunto de empresas que elaboram produtos idênticos ou semelhantes, quanto à sua constituição física ou ainda baseada na mesma matéria-prima, de modo que podem ser tratadas analiticamente em conjunto. Na abordagem de [Kupfer e Hasenclever \(2002\)](#), a indústria é um grupo de empresas voltadas para a produção de mercadorias ou representa um conjunto de atividades que guardam algum grau de correlação técnico-produtiva, constituindo um conjunto de empresas que operam métodos produtivos semelhantes.

Diante desse universo conceitual, definir o que venha a ser indústria não é uma tarefa fácil. Portanto, para o presente estudo adotou-se as abordagens de [Renault \(1987\)](#) e [Sandroni \(1999\)](#), na qual a indústria é delimitada como um conjunto de atividades produtivas que se caracteriza pela transformação de matérias primas, de modo manual ou com o auxílio de máquinas e ferramentas, no sentido de fabricar mercadorias.

Entretanto, apesar das pequenas diferenças conceituais, todos os autores abordam que a indústria produz (fabrica ou monta) algum tipo de produto (bens ou serviços). Essas empresas se apresentam em formas diferenciadas de organização, do tipo de propriedades individuais, sociedades limitadas ou anônimas, *holdings* ou cooperativas.

Por sua vez, a atividade industrial pode ser definida como uma combinação de recursos que gera bens e serviços específicos, sendo caracterizada pela entrada de recursos, um processo de produção e uma saída de produtos (LIMA, 1976).

2.2 Caracterização

No Brasil, as empresas industriais são agrupadas de acordo com a Classificação Nacional de Atividade Econômica ¹ (CNAE), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Essa classificação tem o objetivo de organizar as informações das empresas, para então gerar estatísticas de fenômenos derivados da participação dessas firmas no processo econômico (LIMA, 1976; IBGE, 2004; WONGTSCHOWSKI, 2011).

Na CNAE, as empresas industriais são agrupadas com base nas características comuns e classificadas em Indústria Extrativa Mineral, Indústria de Transformação, Serviços Industriais de Utilidade Pública (SIUP) e Indústria da Construção (vide a Figura 2.2).

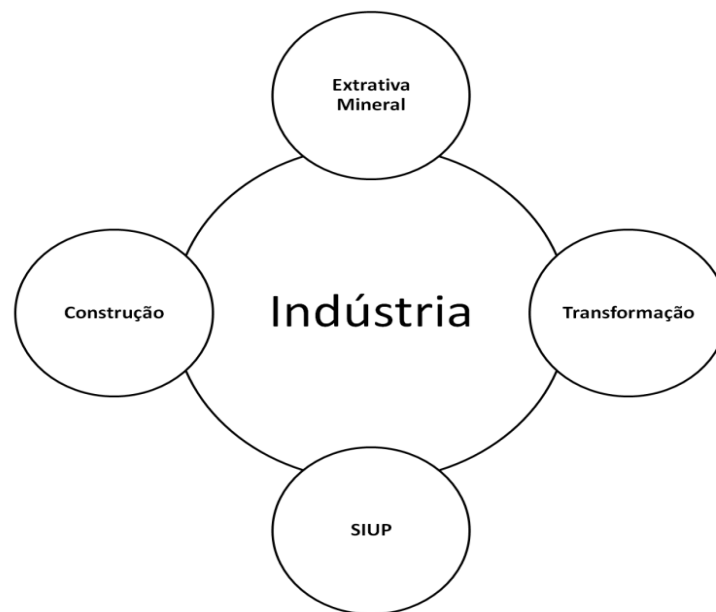


Figura 2.1: Ilustração dos Subsetores Industriais.
Elaboração própria.

A **indústria extrativa mineral** refere-se às atividades industriais voltadas para a extração de recursos naturais, sem ou com pouco processamento (semi-processamento), que adicione valor ao recurso em si, antes deste recurso ser posto à disposição de outro utilizador (CASTEL-BRANCO, 2010). Este agrupamento compreende as empresas classificadas na seção B da CNAE e abrange as atividades apresentadas na Tabela 2.1, a seguir.

¹Atividade econômica pode ser definida como um conjunto de empresas caracterizadas pelo produto produzido e classificadas conforme a sua produção principal (IBGE, 2004).

Tabela 2.1: Estrutura da Indústria Extrativa, Segundo a CNAE 2.0

Seção	Divisão	Atividades
B	5	Extração de carvão mineral
	6	Extração de petróleo e gás natural
	7	Extração de minerais metálicos
	8	Extração de minerais não metálicos
	9	Atividades de apoio à extração de minerais

A **indústria de transformação** é direcionada para a transformação de matérias-primas em bens, distinguindo-se da produção agrícola e da indústria extrativa mineral, pois abrange todos os momentos da produção industrial, incluindo a produção agroindustrial, como açúcar, sucos e beneficiamento de produtos agrícolas (SANDRONI, 1999).

Este segmento compreende as empresas classificadas na seção C do CNAE e abrange os estabelecimentos industriais dedicados às atividades de fabricação que implicam transformação física das matérias-primas utilizadas ao longo do processo de produção (vide a Tabela 2.2).

Na indústria de transformação as atividades industriais podem ser classificadas conforme as categorias de uso dos bens produzidos, sendo portanto, classificadas como indústrias de bens de capital, indústrias de bens intermediários e indústrias de bens de consumo, conforme explica (MENDES et al., 2007).

Os **bens de capital** são bens que permitem produzir outros bens, como por exemplo, máquinas e equipamentos e computadores. Os **bens intermediários** são bens que ainda estão inacabados e precisam ser transformados para atingir a sua finalidade principal, a exemplo do aço, do vidro e da borracha usados na produção de carros. Por fim, os **bens de consumo** são aqueles bens diretamente usados para a satisfação das necessidades humanas. Estes podem ser duráveis (carros, móveis, eletrodomésticos) e ou não duráveis (gasolina, alimentos, cigarro). Os bens de consumo duráveis prestam serviço durante um período de tempo relativamente longo. Enquanto os bens de consumo não duráveis possuem utilidade durante um curto período de tempo (SANDRONI, 1999). Já os bens duráveis diferem dos não duráveis pelo fato de sua comercialização estar sujeita a oscilações muito maiores, por modismos, situação econômica e a outras influências. Em consequência, as indústrias produtoras desses bens são muito mais afetadas por crises econômicas.

Tabela 2.2: Estrutura do Segmento de Transformação, Segundo a CNAE 2.0

Seção	Divisão	Atividades
C	10	Fabricação de produtos alimentícios
	11	Fabricação de bebidas
	12	Fabricação de produtos do fumo
	13	Fabricação de produtos têxteis
	14	Confecção de artigos do vestuário e acessórios
	15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados
	16	Fabricação de produtos de madeira
	17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel
	18	Impressão e reprodução de gravações
	19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis
	20	Fabricação de produtos químicos
	21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos
	22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico
	23	Fabricação de produtos de minerais não metálicos
	24	Metalurgia
	25	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos
	26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos
	27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos
	28	Fabricação de máquinas e equipamentos
	29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias
	30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores
	31	Fabricação de móveis
	32	Fabricação de produtos diversos
	33	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos

Os **serviços industriais de utilidade pública** abrangem as atividades industriais classificadas nas Seções D e E da CNAE, que inclui a produção e distribuição de eletricidade e gás, além de água e esgoto (vide a Tabela 2.3).

Tabela 2.3: Estrutura dos Serviços Industriais de Utilidade Pública, segundo a CNAE 2.0

Seção	Divisão	Atividades
D	35	Eletricidade, gás e outras utilidades
E	36	Captação, treinamento e distribuição de água
	37	Esgoto e atividades relacionadas
	38	Coleta, tratamento e disposição de resíduos;
	38	recuperação de materiais
	39	Descontaminação e outros serviços de gestão de resíduos

A **indústria da construção** seção F da CNAE (ver Tabela 2.4), inclui as atividades relacionadas com a construção civil. Dentre elas, obras de edificações e engenharia civil relacionadas com demolições e preparação de terreno (terraplanagem, drenagem, etc.) e de canteiros de obras; a realização de obras de edificações (residenciais, comerciais, industriais e de serviços) e de engenharia civil; a instalação de equipamentos necessários ao funcionamento do imóvel; e a realização de obras de acabamento e obras de infraestrutura para engenharia elétrica e de comunicações.

Tabela 2.4: Estrutura do Segmento Indústria da Construção, segundo a CNAE 2.0

Seção	Divisão	Atividades
F	36	Construção de edifícios
	37	Obras de infraestrutura
	38	Serviços especializados para construção

Essa atividade abrange construções novas, grandes reformas e restauração e manutenção de imóveis, tanto na área urbana quanto na rural. Também, cobre a atividade de cessão de operários junto como aluguel de máquinas e equipamentos de construção.

2.3 A industrialização da Bahia

A industrialização é definida por [Sandroni \(1999\)](#) como um processo histórico-social, por meio do qual a indústria fabril se torna o setor predominante de uma economia.

“Embora em certos casos (como no Brasil) inicie-se com a implantação da indústria leve (produtos alimentícios e têxteis), o processo de industrialização caracteriza-se pela formação de um núcleo de indústria pesada, produtora de matérias-primas básicas e de máquinas-ferramentas (indústrias de base) e alimentadora de todo o parque industrial. Ademais, corresponde a um intenso desenvolvimento urbano e do setor de serviços, particu-

larmente o relacionado com as atividades comerciais e financeiras. No Brasil, essas condições surgiram no final do século XIX, quando se implantaram as primeiras indústrias no país, mas o processo só se intensificou durante a Segunda Guerra Mundial, sendo retomado entre 1956 e 1960 e atingindo seu auge na década de 70.”

([SANDRONI, 1999](#), p. 301)

Ao final da metade do século XX, a economia baiana caracterizava-se por um modelo de produção primário-exportador, subordinado ao desempenho da cultura de cacau para exportação. Nessa época, o setor agropecuário empregava cerca de 3/4 da população e respondia por aproximadamente 87% da renda do Estado. Ademais, a indústria de manufatura concentrava-se somente nos setores alimentício e têxtil. A partir da década de 1950 esse cenário começou a ser modificado, com a implantação da Refinaria Landulpho Alves (RLAM), na Região Metropolitana de Salvador (RMS). Ressalta-se que tal acontecimento é considerado o marco inicial da industrialização da Bahia ([CAVALCANTE, 2008](#); [UDERMAN, 2008](#)). Para a [CNI \(1986\)](#), as transformações econômicas nesta época decorreram da exploração dos campos de petróleo e gás natural, aliado ao refino de petróleo, uma vez que os resíduos resultantes dessa atividade, principalmente os gases, constituíram matéria-prima para as indústrias químicas de solventes, detergentes, plásticos e fertilizantes.

De um modo geral, a operação da RLAM possibilitou a criação de uma infraestrutura de grande porte nos arredores de Salvador e proporcionou a criação de uma indústria mecânica local voltada para o suprimento e a manutenção de equipamentos utilizados na atividade de refino de petróleo.

“ A estratégia para desenvolver possibilidades industriais derivadas da atividade petrolífera além de integrar a produção estadual de bens semielaborados aos principais mercados nacionais provinha não apenas da intenção de aproveitar as vantagens oriundas da recente implantação da RLAM, mas também das perspectivas abertas por importantes obras de infraestrutura no estado, como por exemplo a rodovia Rio-Bahia e a usina Hidrelétrica de Paulo Afonso, que viabilizava um incremento significativo da oferta energética.”

([UDERMAN, 2008](#), p. 158)

A partir daí, o governo estadual passou a adotar a industrialização como estratégia de desenvolvimento econômico. Na década de 1960, o Estado buscou acelerar o processo de desenvolvimento industrial com a construção de centros e distritos industriais na RMS e nas cidades do interior, mais dotadas de infraestrutura e vocacionadas para a implantação de empreendimentos industriais.

Em 1967, ocorreu a criação do Centro Industrial de Aratu (CIA), primeiro centro industrial da Bahia, localizado na RMS. Para [Spinola \(2001\)](#), com esta medida, esperava-se criar condições básicas necessárias para o desenvolvimento industrial, de modo a promover a criação de empresas industriais direcionadas para o aproveitamento de recursos naturais das regiões em que se inserissem. De acordo com [Spinola \(2001\)](#), o centro industrial é uma área bem definida, à qual se associa um conjunto de motivações industriais, harmonizadas ao processo geral de desenvolvimento econômico da região. Tais áreas podem ser divididas em:

- Complexos - são um conjunto de unidades manufatureiras (empresas) localizado em determinado espaço geográfico, planejado com base em uma estrutura física comum, criado em torno de uma indústria principal.
- Distritos - são uma área industrial planejada, estreitamente vinculada a um núcleo urbano e dotada de infraestrutura física e serviços de apoio necessários à indução de um processo de desenvolvimento industrial.

Em consequência dessa estratégia, várias áreas industriais foram criadas, das quais podemos citar: o Centro Industrial do Subaé (CIS), em Feira de Santana e os distritos de Ilhéus, Vitória da Conquista, Juazeiro e Jequié. Atualmente, o estado possui 14 distritos industriais, conforme pode ser observado na [Figura 2.2](#).

Na década de 1970, a Bahia foi incorporada à matriz industrial nacional, já desenvolvida nas regiões Sul e Sudeste. O Estado foi contemplado com projetos industriais que buscavam a produção de bens intermediários para complementar a matriz produtiva do país. Dentre esses projetos, o mais importante foi o Complexo Petroquímico de Camaçari (COPEC), implantado em 1978 na RMS. Este complexo foi direcionado inicialmente para a industrialização centrada nos segmentos químico, especialmente petroquímica e na metalurgia, fato conhecido como especialização regional ([SEI, 2002](#)).

Nesse período, a implantação do COPEC e a expansão do parque metalúrgico do CIA fortalecido pela inauguração da Usina Siderúrgica da Bahia (USIBA), consolidaram a Bahia como fornecedora de bens intermediários, sendo o COPEC responsável pelo fornecimento de 50% de todo o produto petroquímico nacional ([SEI, 2002](#)).



Figura 2.2: Distritos Industriais da Bahia.

Fonte: Superintendência de Desenvolvimento Industrial e Comercial (SUDIC).

Os efeitos do ciclo de industrialização dos anos 1970 deixou marcas positivas na Bahia, até meados dos anos 1980. Entre 1975 e 1985, a participação do setor industrial no Produto Interno Bruto ² da Bahia ampliou-se de 25,7% para 42,3%, refletindo sobretudo, a implantação e maturação dos investimentos petroquímicos e metalúrgicos. Assim, o setor de transformação firmou-se como carro-chefe da economia estadual, ampliando a sua participação no PIB de 14,7% para 25,5% (UDERMAN, 2008; SEI, 2002).

No entanto, diante das condições macroeconômicas que o país se encontrava entre 1980 e 1990, a indústria de transformação baiana apresentou ritmo de crescimento mais lento, sendo a década de 1990 caracterizada pela recessão econômica ³ e pela abertura comercial, o que provocou uma forte reestruturação nas empresas industriais.

Segundo a SEI (2002), a crise na indústria baiana se intensificou nesta época, pois os bens intermediários produzidos no Estado chegavam mais caros ao Sul e Sudeste do país, fato que antecipava a crise no setor petroquímico baiano. No ano de 1992, em meio a crise, a indústria de manufatura passou por um processo de revitalização com a implantação de uma importante empresa do segmento de celulose e papel no extremo sul do Estado. A partir de 1995, com a estabilização da economia propiciada pelo Plano Real, o governo estadual voltou a estimular a indústria local através de uma política agressiva de concessão

²De acordo com Sandroni (1999) o PIB refere-se ao valor agregado de todos os bens e serviços finais produzidos dentro do território econômico de um país, independentemente da nacionalidade dos proprietários das unidades produtoras desses bens e serviços.

³O termo recessão significa conjuntura de declínio da atividade econômica, caracterizada por queda da produção, aumento do desemprego, diminuição da taxa de lucros e crescimento dos índices de falências e concordatas. Essa situação pode ser superada num período breve ou pode estender-se de forma prolongada, configurando então uma depressão ou crise econômica. O fenômeno da recessão está ligado ao processo de desenvolvimento dos ciclos econômicos próprios da economia de mercado ou capitalista (SANDRONI, 1999).

de incentivos fiscais, o que ajudou o estado a captar novos empreendimentos industriais, sendo o mais importante a instalação do Complexo Ford no COPEC em 2001. Porém, apesar dos esforços para a renovação da indústria do estado, verificou-se que os mais importantes segmentos da indústria de transformação em 2000 eram os mesmos de 1985, a saber: químico, metalurgia e produtos alimentares (SEI, 2002).

Nos tempos atuais, a indústria de manufatura apresenta-se como o setor mais importante da indústria baiana, contribuindo com 39,7% do PIB da indústria (Figura 2.3).

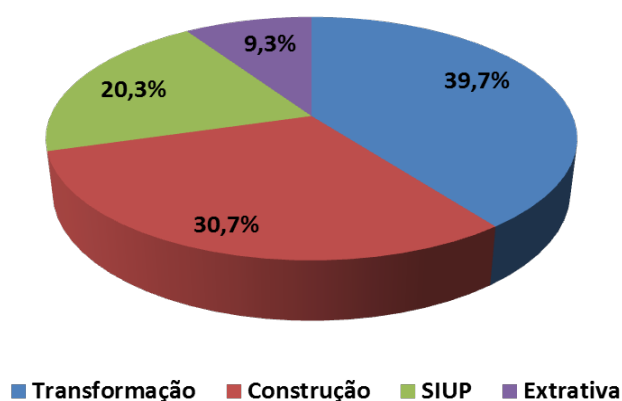


Figura 2.3: Bahia: Participação dos Setores Industriais no PIB da Indústria - 2011
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

O setor é caracterizado pelo alto grau de concentração em atividades de capital intensivo, isto é, em atividades que possuem tecnologia sofisticada, com operários altamente especializados e elevada taxa de investimento por pessoa empregada (SANDRONI, 1999). Dentre essas atividades destaca-se Refino de Petróleo, Químico, Veículos Automotores, Celulose e Papel e Metalurgia, que responderam por 69,3% do Valor da Transformação Industrial (VTI⁴), em 2011 (Tabela 2.5).

Outra essencial característica para se compreender a indústria de transformação da Bahia refere-se ao elevado grau de concentração geográfica, pois somente a Região Metropolitana de Salvador e o Recôncavo Baiano são responsáveis por aproximadamente 60,4% do PIB industrial do Estado, com destaque para o Complexo Petroquímico de Camaçari (maior complexo petroquímico integrado da América Latina), a RLAM (2^a maior refinaria do País, com capacidade de processamento de 323.000 barris/dia); e o Complexo Automotivo da Ford em Camaçari (cuja capacidade produtiva atual é de 250 mil veículos por ano).

⁴Segundo o IBGE (2004), o VTI é a diferença entre o Valor Bruto da Produção Industrial (VBPI) e o Custo das Operações Industriais (COI). Por sua vez, o VBPI é a soma da Receita Líquida Industrial à variação dos estoques de produtos acabados e em elaboração e à produção própria realizada para o ativo imobilizado. Finalmente, o COI são custos ligados diretamente à produção industrial.

Tabela 2.5: Bahia: Participação % das Atividades Industriais no VTI - 2011

Atividades	(%)
Refino de Petróleo	29,4
Químico	18,4
Veículos Automotores	11,4
Produtos Alimentícios	8,2
Celulose e Papel	6,7
Metalurgia	3,4
Outros	22,5

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

De acordo com dados do MTE apresentados na Tabela 2.6, em 2012 contabilizou-se no setor de transformação 10,5 mil indústrias, com destaque para Fabricação de Produtos Alimentícios, Confecção de Artigos do Vestuário e Acessórios, Fabricação de Produtos de Borracha e de Material Plástico e Fabricação de Produtos de Metal, Exceto Máquinas e Equipamentos, que juntas somaram 5,5 mil empresas, equivalente a 52,2% do total.

Em relação ao pessoal empregado, observa-se que existe uma tendência de concentração em atividades de trabalho intensivo, isto é, em atividades que ocupam grande contingente de mão de obra e se apoiam em tecnologia atrasada (SANDRONI, 1999). Dentre essas atividades, destaca-se Fabricação de Produtos Alimentícios, Confecção de Artigos do Vestuário e Acessórios, Preparação de Couros e Fabricação de Artefatos de Couro, Artigos para Viagem e Calçados, Fabricação de Produtos de Borracha e de Material Plástico e Fabricação de Produtos de Minerais não Metálicos, que empregaram 119,4 mil trabalhadores no período analisado (54,7% do total).

No âmbito do comércio exterior baiano (Figura 2.4), verifica-se que entre 1991 e 2013 a participação dos produtos industrializados na pauta exportadora apresentou trajetória declinante, saltando de 86,1% em 1991 para 78,7% em 2013. Entretanto, nos últimos dois anos, observou-se uma nova trajetória de crescimento na exportação de produtos manufaturados (74% em 2012 e 78,7% em 2013).

Em 2013, os principais produtos industrializados exportados pelo Estado foram celulose, óleo combustível, automóveis e cobre (54,5% do total exportado).

Tabela 2.6: Bahia: Número de empresas e pessoal empregado na indústria de transformação por atividade - 2012

CNAE	Atividade	Número de empresas	Pessoal empregado
10	Fabricação de produtos alimentícios	2.060	35.000
11	Fabricação de bebidas	86	6.653
12	Fabricação de produtos do fumo	21	442
13	Fabricação de produtos têxteis	320	7.881
14	Confecção de artigos do vestuário e acessórios	1.246	15.051
15	Preparação de couros e fabricação de artefatos, de couro, artigos para viagem e calçados	323	32.818
16	Fabricação de produtos de madeira	398	2.793
17	Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	129	6.305
18	Impressão e reprodução de gravações	615	3.656
19	Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	22	3.470
20	Fabricação de produtos químicos	416	12.871
21	Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	19	990
22	Fabricação de produtos de borracha e de material plástico	382	16.877
23	Fabricação de produtos de minerais não metálicos	1.204	19.667
24	Metalurgia	77	4.706
25	Fabricação de produtos de metal, exceto máquinas e equipamentos	985	10.834
26	Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	92	3.297
27	Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	79	3.760
28	Fabricação de máquinas e equipamentos	151	2.075
29	Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	165	9.869
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte, exceto veículos automotores	44	616
31	Fabricação de móveis	629	7.028
32	Fabricação de produtos diversos	362	2.624
33	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	709	9.033

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (MTE)

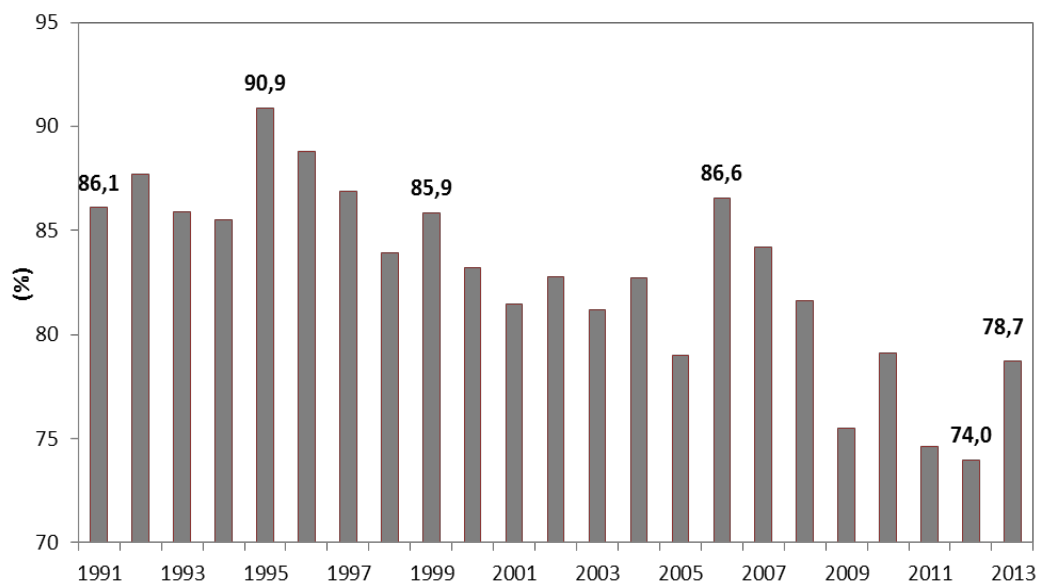


Figura 2.4: Bahia: Exportações de produtos industrializados (1991-2013)

Fonte: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC)

2.4 O indicador de produção industrial

Este indicador tem o objetivo de fornecer mensalmente uma estimativa do desempenho da atividade industrial, tendo como base as informações de quantidades produzidas de um conjunto de produtos selecionados, levantados pela Pesquisa Industrial Mensal - Produção Física (PIM-PF) do IBGE (IBGE, 2004). Essa pesquisa é realizada nos estados mais industrializados do país, a saber: Amazonas, Bahia, Ceará, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo. Os produtos investigados estão relacionados a somente um segmento da indústria, que por sua vez são selecionados por meio de amostragem intencional, de modo que, somente serão selecionados os segmentos industriais que representam 80% de toda a estrutura da indústria de transformação local. Nesse contexto, o painel de informantes da referida pesquisa é escolhido com base no critério de importância, isto é, são escolhidos o conjunto de empresas que respondem por, pelo menos, 70% da produção. Em relação aos produtos selecionados, estes são responsáveis por, no mínimo, 80% do Valor Bruto da Produção Industrial naquele espaço geográfico.

Na Bahia, a pesquisa é realizada em oito dos vinte e três setores da indústria de transformação e a amostra é composta por 74 produtos. A Tabela 2.7 exhibe a distribuição da amostra por setor da indústria de transformação na Bahia.

Tabela 2.7: Setores industriais investigados pela PIM-PF na Bahia.

Setor	N.º de produtos	(%)
Alimentos e bebidas	14	18,9
Borracha e plástico	6	8,1
Celulose e papel	3	4,1
Metalurgia	8	10,8
Minerais não metálicos	5	6,8
Químico	29	39,2
Refino de petróleo e álcool	8	10,8
Veículos automotores	1	1,4
Total	74	100,0

A seguir, mostramos a relação de produtos sondados pela pesquisa na Bahia, por segmento industrial.

Fabricação de produtos alimentícios e bebidas

- Águas minerais e águas gaseificadas sem adoçantes ou aromatizantes; cacau em pó, sem adição de açúcar ou de outros edulcorantes; café torrado e moído, inclusive aromatizado; cervejas e chope; farinha de trigo; farinhas e *pellets* da extração do óleo de soja; leite em pó, blocos e grânulos; manteiga, gordura e óleo de cacau; óleo de soja em bruto, mesmo degomado; óleo de soja refinado; óleos vegetais, hidrogenados, mesmo refinados; pasta de cacau, inclusive líquido; refrigerantes; tortas, bagaços, farelos e outros resíduos da extração de óleo de soja.

Fabricação de artigos de borracha e plástico

- Chapas ou folhas de plástico; embalagens de plástico para produtos alimentícios ou de bebidas; garrafões, garrafas, frascos e artigos semelhantes de plástico (PET); pneumáticos novos de borracha; sacos ou sacolas de plástico para embalagens; tubos canos e mangueiras de plásticos, exclusive eletrodutos.

Fabricação de celulose e papel

- Papel higiênico; papel, não revestido, para usos na escrita, impressão e outros fins gráficos (*offset*, bíblia, *bouffant*, monolucido); Pastas químicas de madeira (celulose), processo sulfato, branqueadas.

Metalurgia básica

- Alumínio não ligado em formas brutas (lingotes, plaquetas, granalhas, etc); arames farpados de aço; barras, perfis e vergalhões de cobre e de ligas de cobre (latão, cuproníquel); ferrosilício, fio-máquina de aço e carbono; lingotes, blocos, tarugos ou placas de aço de carbono; ouro em barras, fios, perfis, chapas e outras formas semimanufaturadas; vergalhões de aço de carbono.

Fabricação de produtos minerais não metálicos

- Cimentos *portland*, exceto brancos; granito talhado, serrado ou trabalhado de outro modo, inclusive chapas de granito para pias; azulejos de cerâmica decorados; massa de concreto preparada para construção; painéis, ladrilhos, telhas e semelhantes, de fibrocimento.

Fabricação de produtos químicos

- 6-hexanolactama; ácido sulfúrico; acrilonitrila; adubos e fertilizantes com nitrogênio, fósforo e potássio; agentes orgânicos de superfície, exceto sabões; amoníaco (amônia); benzeno; butadieno não saturado; cloro; copolímero de etileno; dióxidos de titânio; estireno; éter metil-ter-butílico (MTBE); etileno; etilenoglicol; hidróxido de sódio; misturas de alquibenzenos; octanol; policarbonatos; PVC; polietileno de alta densidade; polietileno de baixa densidade; princípios ativos para herbicidas; propeno (propileno) não saturado; sulfato de amônia ou uréia; xilenos(o-xileno, m-xileno, p-xileno).

Fabricação de coque, refino de petróleo, elaboração de biocombustíveis nucleares e produção de álcool

- Álcool etílico não-desnaturado, com teor alcoólico em volume $\geq 80\%$ (anidro e hidratado); asfalto de petróleo, cimento asfáltico ou outros resíduos de óleos de petróleo ou de outros minerais betuminosos; Gás liquefeito de petróleo (GLP); gasóleo (óleo diesel) e outros óleos combustíveis (*fuel-oil*); gasolina automotiva; naftas para petroquímica; óleos lubrificantes sem aditivos; querosenes de aviação.

Fabricação e montagem de veículos automotores, reboques e carrocerias

- Automóveis, jipes ou caminhonetas para o transporte de passageiros, com motor de ignição de faísca de qualquer cilindrada.

A construção do índice nos diversos níveis de agregação (setores industriais e indústria de transformação) baseia-se no método de Laspeyres para quantidades, que será discutido a seguir. A ponderação para cada espaço geográfico reflete a produção da indústria de manufatura local e, portanto, relacionada ao VTI de cada produto e o VTI da indústria

de transformação.

O cálculo dos índices dá-se inicialmente por meio do agrupamento dos produtos, resultando no índice de cada segmento industrial e, por conseguinte, com o agrupamento dos segmentos, calcula-se o índice da indústria de transformação. Denomina-se número índice o quociente da variável enfocada entre datas distintas, sejam elas temporais ou espaciais. Nesse sentido, os índices são interpretados como uma medida estatística idealizada para mostrar as variações de uma variável ou de um grupo de variáveis, correlacionadas com o tempo e/ou com a localidade geográfica (MILONE, 2006; SPIEGEL, 1993; TOLEDO; OVALLE, 1985). Tais índices destinam-se a medir variações ocorridas ao longo do tempo das variáveis preço, quantidade e valor.

Números-Índices

Nesta subseção, buscamos discutir brevemente o número-índice, dando ênfase ao índice de Laspeyres para quantidades.

São exemplos de números-índices, o Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), o Índice Geral de Preços (IGP), o Índice de Volume de Vendas no Varejo, o Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) e o Índice da Produção Industrial. Por convenção, o índice é adimensional na forma percentual com dois dígitos (MILONE, 2006).

Os números-índices dividem-se em: simples ou relativo e compostos ou agregativos. O índice simples faz a comparação entre duas épocas – atual e base – para uma única variável. Os principais índices relativos são:

Preço

$$p_{o,t} = \frac{p_t}{p_o} \quad (2.1)$$

sendo $p_{o,t}$ o relativo de preço, p_t o preço da época atual e p_o o preço da época base.

Quantidade

$$q_{o,t} = \frac{q_t}{q_o} \quad (2.2)$$

onde $q_{o,t}$ o relativo de quantidade, q_t a quantidade da época atual e q_o a quantidade da época base.

Valor

$$v_{o,t} = \frac{v_t}{v_o} \quad (2.3)$$

em que o $v_{o,t}$ o relativo de valor, v_t o valor da época atual e v_o o valor da época base.

Os índices agregativos tem o objetivo de medir a variação de múltiplas variáveis entre duas épocas distintas, podendo ser simples ou ponderado. Em ambos os casos, o cálculo do número-índice envolve a utilização de médias, que pode ser simples, ponderada, geométrica, harmônica (SPIEGEL, 1993; TOLEDO; OVALLE, 1985).

Porém, em virtude dos objetivos desta pesquisa, delimitamos apenas na apresentação do índice agregativo de Laspeyres, dando ênfase ao índice de quantidade.

Nos índices agregativos ponderados cada produto em estudo tem um peso diferente. Nesse sentido, Farias e Laurencel (2005) explicam que a forma mais simples de definição dos pesos é tomar a participação de cada bem no valor total, ou seja, os pesos são definidos como

$$w^i = \frac{v^i}{\sum_{j=1}^n v^j} = \frac{p^i q^i}{\sum_{j=1}^n p^j q^j} \quad (2.4)$$

sendo

$$\sum_{i=1}^n w^i = 1 \quad (2.5)$$

Sabendo-se um número-índice objetiva comparar preços e quantidades em dois instantes de tempo, torna-se necessário determinar em que momento se referem os preços e quantidades que aparecem na definição dos pesos. Logo, surge a necessidade de especificação da base de ponderação. Em nosso projeto será na época base (1998-2000).

O método da época base ou simplesmente método de Laspeyres é interpretado como uma média ponderada dos relativos, na qual os pesos são definidos na época base. Os pesos serão denotados por:

$$w_0^i = \frac{v_0^i}{\sum_{j=1}^n v_0^j} = \frac{p_0^i q_0^i}{\sum_{j=1}^n p_0^j q_0^j} \quad (2.6)$$

O índice de Laspeyres para quantidades será definido por

$$L_{(0, t)}^Q = \sum_{i=1}^n w_0^i q_{o,t}^i \quad (2.7)$$

sendo w_0^i o peso de cada produto e $q_{o,t}^i$ o relativo de quantidades de cada produto (Equação 2.2).

Em suma, os índices de produção industrial mensais são considerados médias ponderadas de relativo de quantidades $q_{o,t}^i$. A base de comparação adotada pelo IBGE é definida pela média dos meses de 2002 e o peso w_0^i é a média do triênio 1998-2000 do VTI.

Para efeito de ilustração do cálculo do índice de Laspeyres considere as informações contidas na Tabela 2.8 a seguir:

Tabela 2.8: Bahia: quantidades produzidas pelo setor alimentos e bebidas.

Produtos / ano	2010	2011	(2011/2010) %
Cerveja	11.000	21.300	193,64
Biscoito	25.000	26.500	106,00
Refrigerantes	15.060	15.100	100,27

Considerando que o período base é 2010 e os pesos respectivamente 0,490 para cerveja , 0,216 para biscoito e 0,294 para refrigerantes. O índice de Laspeyres será

$$L_{(2010, 2011)}^Q = (0,490 * 193,64) + (0,216 * 106) + (0,294 * 100,27)$$

$$L_{(2010, 2011)}^Q = 147,26$$

Diante do exposto, salientamos que a nossa intenção é estudar a série do índice de Laspeyres L_i^Q como função do tempo. Nesse sentido, no próximo capítulo discutiremos brevemente o conceito de séries temporais.

Maiores informações sobre a pesquisa PIM-PF poderão ser encontrados em [IBGE \(2004\)](#).

Séries Temporais

Neste capítulo objetivamos introduzir brevemente alguns conceitos, classificação, aplicações, testes e modelos para análise de séries temporais.

3.1 Introdução

A análise de séries temporais se aplica a muitos campos da ciência, como por exemplo em economia onde o comportamento econômico é quantificado e registrado em séries de tempo, ou seja, inflação (IPCA), a produção industrial, o desemprego, o PIB e etc.

Uma série temporal é definida como qualquer conjunto de observações ordenadas no tempo (BISGAARD; KULAHCI, 2011; EHLERS, 2009; MORETTIN; TOLOI, 2006; YAFFEE; MCGEE, 1999). Entretanto, Pereira, Zanusso e Sales (1986) enfatizam que a variável tempo pode ser substituída por uma outra, a exemplo de espaço e profundidade. A série de tempo é representada por um conjunto de observações $[X(t), t \in T]$ de uma variável X, onde T é um conjunto de índices (tempo, espaço, etc).

São exemplos de séries temporais:

- (i.) Índice mensal de produção da indústria de transformação da Bahia (Figura 3.1);
- (ii.) Evolução mensal das exportações e importações da Bahia (Figura 3.2);
- (iii.) Exportações anuais de produtos industrializados da Bahia (Figura 3.3);
- (iv.) Participação anual da indústria no Produto Interno Bruto (Figura 3.4);
- (v.) Variação % mensal do Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA);
- (vi.) Taxa mensal de desemprego no Brasil.

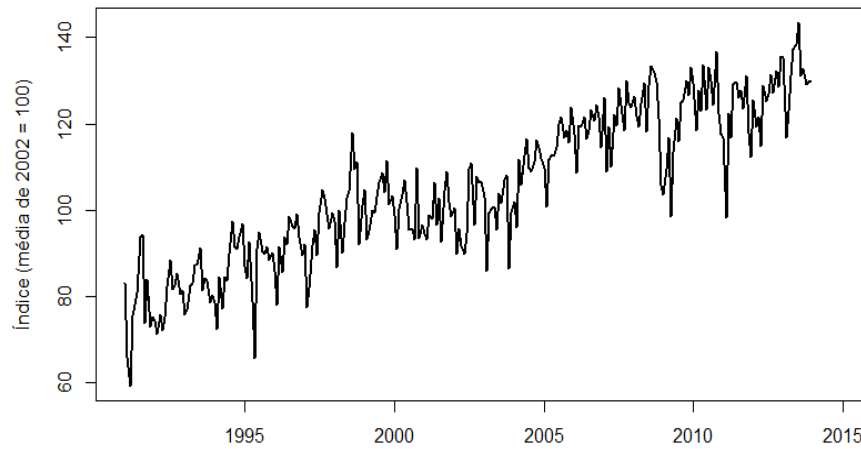


Figura 3.1: Bahia: Índice mensal da produção da indústria de transformação (Jan/1991 a Dez/2013).

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

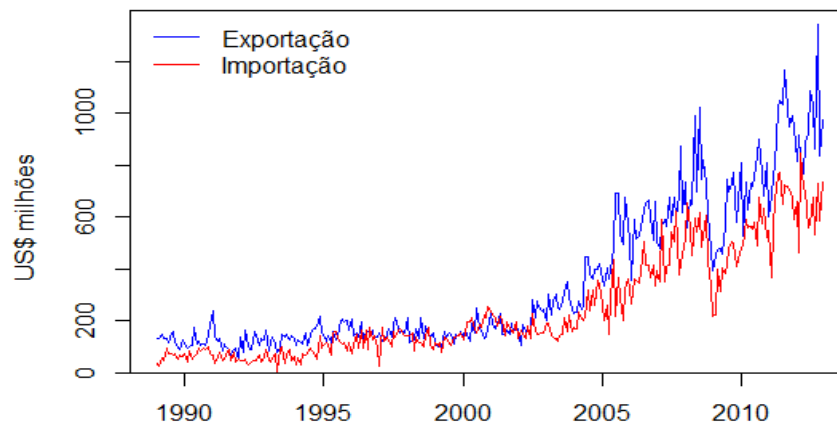


Figura 3.2: Bahia: Evolução mensal das exportações e importações (Jan/1989 a Dez/2013).

Fonte: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

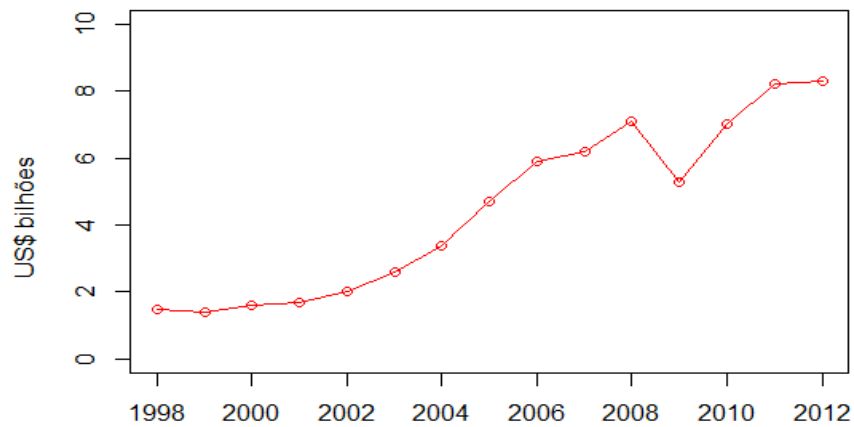


Figura 3.3: Bahia: Exportações anuais de produtos industrializados (1998 a 2012).
Fonte: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

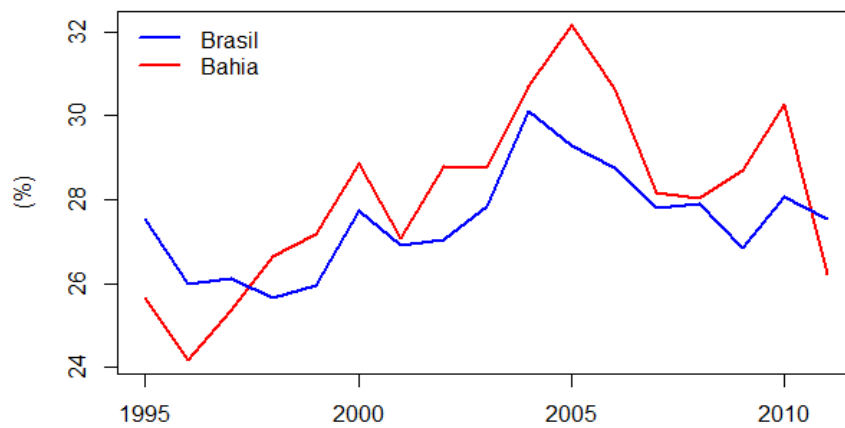


Figura 3.4: Participação % anual da indústria, no Produto Interno Bruto (1995 a 2011).
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

3.1.1 Classificação

As séries temporais são classificadas como:

1. Discreta: quando T é um conjunto finito de pontos, $T = \{ 1, 2, \dots, n \}$. Por exemplo, como na Figura 3.3.

2. Contínua: quando T é um intervalo finito $T = [t : t_1 < t < t_2]$. Por exemplo, um registro de marés no Porto de Salvador.
3. Multivariada: (discreta e contínua), $T = [X_1(t), \dots, X_k(t), t \in T]$ ou $[X(t), t \in T]$. Por exemplo: vendas ($X_1 t$) e gastos com propaganda ($X_2 t$) semanais de um produto; pressão uterina da parturiente ($X_1 t$) e batidas do coração do feto ($X_2 t$) em trabalho de parto.
4. Multidimensional: quando se tem $[X(t), \tilde{t} \in T]$ e \tilde{t} é um vetor. Por exemplo, $[X(t, r, l), \tilde{t} \in T]$ onde X é a altura de um ponto no oceano, t é o tempo, r a latitude e l a longitude; $[X(t, b), \tilde{t} \in T]$ onde X é o número de casos semanais de meningite (t) por bairro (b).

3.1.2 Componentes

Os movimentos característicos das séries de tempo podem ser classificados em quatro tipos principais, frequentemente denominados componentes (SPIEGEL, 1993; MILONE, 2006).

Tendência: Representa a componente macro de uma série; é a indicadora da direção global dos dados (ou o movimento geral da variável). Esse movimento pode ser de crescimento/decrécimo linear ou não-linear. Milone (2006) explica que em séries econômicas, o rumo indicado pela tendência serve de base para decisões administrativas, práticas financeiras e políticas de recursos humanos, pois afeta a compra de ações, o fechamento de negócios, a ampliação ou desativação de fábricas, a liquidação de estoques e o desenvolvimento ou estagnação de regiões.

Ciclo: Representa as oscilações de longo prazo ou aos desvios em torno da reta ou curva de tendência. Esses ciclos podem ser ou não periódicos, isto é, podem ou não seguir exatamente padrões análogos, depois de intervalos de tempos iguais. Em economia, esses movimentos somente são considerados cíclicos quando ocorrem depois de intervalos de tempo superiores a um ano (SPIEGEL, 1993). Como exemplo, o autor cita os ciclos de negócios, que representam intervalos de prosperidade (auge), recessão (descenso), depressão e recuperação de uma economia. De acordo com Milone (2006), o estudo dos ciclos de negócios visa antecipar os pontos de reversão (mudança no sentido de seu crescimento), para controlar causas e efeitos. Desse modo, os agentes econômicos precisam estar atentos aos indicadores de ciclo, que são antecedentes (primeiros a atingir os picos), coincidentes (variam junto com os ciclos) e consequentes (retratam os efeitos do período passado).

No Brasil, os ciclos de negócios foram objeto de estudo de muitos pesquisadores, dos quais podemos citar (ARAÚJO, 2011; CHAUVET, 2001; CORREIA, 2012; CARVALHO; HERMANNY,

2003; HOLLAUER; ISSLER, 2006; HOLLAUER; ISSLER; NOTINI, 2009; JUNIOR, 2008; LIMA, 2005; MARTINS, 2009; MARKWALD; MOREIRA; PEREIRA, 1988; MARKWALD; MOREIRA; PEREIRA, 1989; MORAIS; PORTUGAL, 2007; MORAIS; FRAINER, 2005; NOTINI, 2009; SAMPAIO, 2009).

Sazonalidade: Representa padrões idênticos, ou quase, que uma série temporal parece obedecer durante uma determinada época do ano. Esse movimento refere-se aos ciclos de curto prazo (não maiores que um ano) em torno da tendência.

Frequentemente, costuma-se referir a eventos ligados às estações do ano, vinculados ao calendário e repetidos a cada doze meses, relacionado às causas climáticas, ciclos vegetativos, usos e costumes, festas sociais e religiosas.

Aleatoriedade: Refere-se aos deslocamentos esporádicos das séries temporais, provocados por eventos casuais. Para Milone (2006), a importância dessa componente vincula-se ao poder de alterar tanto a direção da tendência quanto a amplitude dos ciclos existentes.

Geralmente, a análise de séries temporais consiste em uma modelagem dos componentes descritos acima. De acordo com Milone (2006), um modelo pode ser interpretado como uma representação externa e explícita de uma parte da realidade, uma vez que é visto por pessoas que desejam usá-lo para entender, mudar, gerenciar e controlar parte da realidade. Para Morettin e Tolo (2006), a construção dos modelos depende de vários fatores, tais como o comportamento do fenômeno ou o conhecimento a priori que temos de sua natureza, do objetivo da análise e da existência de métodos apropriados da estimação e da disponibilidade de programas adequados. Nesse sentido, a maneira clássica de decomposição baseia-se nos seguintes modelos:

Tabela 3.1: Decomposição de séries temporais

Aditivo	Multiplicativo	Misto
$Y = T + C + S + A$	$Y = T C S A$	$Y = T + C S A$ $Y = T C + S A$ $Y = T C S + A$

Fonte: Milone (2006).

Em que Y é a variável observada, T é a tendência, C é a componente cíclica, S a parcela sazonal e A é a componente aleatória.

O modelo aditivo é aplicado às séries cujas taxas de variação são constantes e o multiplicativo àquelas em que as taxas são crescentes ou decrescentes. Embora, o modelo aditivo seja mais fácil de lidar, o multiplicativo é o mais usado. Já os modelos mistos, unem as condições de aditividade e multiplicidade, logo, são de uso restrito e raro (MILONE, 2006).

3.1.2.1 *Estimação da tendência*

De acordo com Spiegel (1993), a estimação da tendência pode ser obtida através dos seguintes métodos:

1. **Mínimos quadrados:** consiste em minimizar o quadrado das diferenças entre os valores observados de uma amostra e seus respectivos valores esperados. Este método visa a construção de retas, parábolas ou outras curvas de ajustamento que se adaptem ao conjunto de dados.
2. **Método do sentimento:** baseia-se no ajustamento de uma reta ou uma curva de tendência, mediante a simples inspeção do gráfico. Entretanto, ela apresenta a desvantagem de depender do critério avaliação individual. Logo, não é estatisticamente rigoroso.
3. **Médias móveis:** ocorre mediante o emprego de médias móveis de ordens apropriadas, podem ser eliminadas as variações cíclicas, estacionais e irregulares, conservando-se, dessa forma, apenas o movimento de tendência.

Dado um conjunto de números X_1, X_2, X_3, \dots defini-se uma média móvel de ordem N , a que é obtida pela sequência de médias aritméticas

$$\frac{X_1 + X_2 + \dots + X_N}{N}, \frac{X_2 + X_3 + \dots + X_{N+1}}{N}, \frac{X_3 + X_4 + \dots + X_{N+2}}{N} \dots \quad (3.1)$$

Para Spiegel (1993), as médias móveis tem a propriedade de tenderem a reduzir o total da variação que se apresenta em uma conjunto de dados. No caso de séries temporais, essa propriedade é frequentemente utilizada para eliminar flutuações indesejáveis.

3.1.2.2 *Estimação da sazonalidade*

A estimação da sazonalidade baseia-se na análise do comportamento típico de uma série temporal. Para tanto, esta análise deverá ser realizada em intervalos de tempos equidistantes, como por exemplo, a cada 12 meses, a cada 7 dias e etc. Existem diversos métodos para estimação da sazonalidade, dos quais podemos citar:

1. **Médias móveis:** este método é recomendado quando a série temporal apresenta sazonalidade estocástica, isto é, varia com o tempo (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Para a compreensão de tal método considere a Tabela 3.2, que representa as observações de uma série temporal com p anos.

Tabela 3.2: Observações de uma série temporal com p anos.

Anos	Jan 1	Fev 2	Mar 3	...	Dez 12	Médias
1	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$	$X_{1,3}$	...	$X_{1,12}$	\bar{X}_1
2	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$	...	$X_{2,12}$	\bar{X}_2
3	$X_{3,1}$	$X_{3,2}$	$X_{3,3}$	...	$X_{3,12}$	\bar{X}_3
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
p	$X_{p,1}$	$X_{p,2}$	$X_{p,3}$	...	$X_{p,12}$	\bar{X}_p
Médias	$\bar{X}_{.1}$	$\bar{X}_{.2}$	$\bar{X}_{.3}$	...	$\bar{X}_{.12}$	\bar{X}

Fonte: [Morettin e Tolo \(2006\)](#).

A Tabela 3.2 representa dados mensais e o número total de observações N . Sendo N o múltiplo de 12 isto é, $N = 12p$, $p =$ número de anos. Se calcularmos médias mensais, utilizando a notação da Tabela 3.2 chegaremos às seguintes expressões:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} X_{ij}, \quad i = 1, \dots, p, \quad (3.2)$$

$$\bar{X}_{.j} = \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p X_{ij}, \quad j = 1, \dots, 12, \quad (3.3)$$

$$\bar{X} = \frac{1}{12p} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{12} X_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N X_t \quad (3.4)$$

Ao considerar a nova série $Y_t = X_t - \hat{T}_t$, onde X_t e \hat{T}_t representam respectivamente a série inicial e a tendência, este procedimento fornecerá meios para estimar a sazonalidade (S_t). Se tomarmos as médias dos meses: janeiro, fevereiro,...,dezembro, a partir de Y_t . Utilizando-se da notação da Tabela 3.2, obteremos a expressão

$$\bar{X}_{.j} = \frac{1}{n_j} \sum_{i=1}^{n_j} X_{ij}, \quad j = 1, \dots, 12, \quad (3.5)$$

Sabendo-se que, em geral, a soma dos $\hat{Y}_{.t}$ não é zero a estimativa das constantes sazonais será

$$\hat{S}_j = \bar{X}_{.j} - \bar{Y} \quad (3.6)$$

onde

$$\bar{Y} = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^{12} \bar{X}_{.j} \quad (3.7)$$

A série livre da sazonalidade será $X_t^{SA} = X_t - \hat{S}_t$ para o modelo aditivo e $X_t^{SA} = X_t / \hat{S}_t$ para o modelo multiplicativo, sendo $\hat{S}_j = \bar{X}_{.j} / \bar{Y}$. Exemplos poderão ser encontrados no Apêndice A.2.

3.1.2.3 Estimação das variações aleatórias

A componente aleatória é o resíduo dos dados reais, depois de descontados a tendência e os índices de sazonalidade. Para Spiegel (1993), os movimentos irregulares tendem a apresentar pequena amplitude e a seguir o padrão de uma distribuição normal.

3.1.3 Objetivos

“Em termos genéricos, o estudo de séries temporais tem diversos objetivos. Algumas vezes, visa avaliar o andamento das variáveis, classificá-las e descrevê-las ao longo do tempo; outras, a identificação de fatos geradores e determinação das relações de causa e efeito, de modo a se poder prever, projetar ou controlar os correspondentes valores ou comportamentos futuros dos fenômenos.”

(MILONE, 2006, p. 309)

Segundo Ehlers (2009, p. 2), o estudo de séries temporais contempla os seguintes objetivos:

1. Explicação: usar a variação de uma série para explicar a variação de outra série.
2. Predição: prever valores futuros com base em valores passados. Esta poderá ser de curto prazo (1 a 3 meses), médio prazo (3 a 24 meses) ou longo prazo (acima de 24 meses), conforme (YAFFEE; MCGEE, 1999).
3. Controle de processos: controle estatístico de qualidade. Para Esquivel (2012), controlar a qualidade de uma série temporal é importante por permitir ajustar o modelo à série de dados, possibilitando tomar medidas corretivas nas séries para evitar que a qualidade se afaste de um nível estabelecido.

4. Descrição: propriedades da série, a exemplo de tendência, sazonalidade, *outliers*, alterações estruturais e etc.

Em muitas situações em ciências físicas, biológicas, sociais e em engenharia envolvem o conceito de sistema dinâmico, caracterizado por uma série de entrada $X(t)$, uma série de saída $Y(t)$ e uma função de transferência $v(\tau)$.

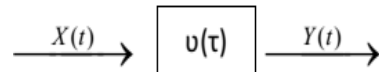


Figura 3.5: Representação de um sistema dinâmico.

Fonte: [Pereira, Zanusso e Sales \(1986\)](#).

De particular importância são os sistemas lineares, onde a saída é relacionada com a entrada através de um funcional linear envolvendo $v(\tau)$. Um exemplo típico é

$$Y(t) = \sum_{\tau=0}^{\infty} v(\tau) X(t - \tau) \quad (3.8)$$

também chamado de função de transferência.

Os problemas de interesse aqui são:

1. estimar a função de transferência $v(\tau)$, conhecendo as séries de entrada, $X(t)$ e $Y(t)$;
2. fazer previsões da série $Y(t)$, com o conhecimento de observações da série $X(t)$ e de $v(\tau)$;
3. estudar o comportamento do sistema, simulando a série de entrada;
4. controlar a série de saída $Y(t)$, de modo a trazê-la o mais próximo possível de um valor desejado, ajustando-se convenientemente a série de entrada $X(t)$; este controle é necessário devido às perturbações que normalmente afetam um sistema dinâmico.

Em linhas gerais, o objetivo global do estudo de séries temporais é sumarizar as propriedades da série e caracterizar seu comportamento, identificando ou sugerindo um modelo adequado ([PEREIRA; ZANUSSO; SALES, 1986](#)).

3.2 Processos estocásticos

“A distinção entre o processo estocástico e sua realização é parecida com a distinção entre população e amostra. Assim como utilizamos dados amostrais para fazer inferências sobre a população, em séries temporais usamos a realização para fazer inferências sobre o processo estocástico subjacente.”

(GUJARATI, 2000, p. 719)

Os modelos utilizados na representação dos fenômenos com comportamentos aleatórios investigados na forma de séries temporais são ditos processos estocásticos (AIUBE, 2007; CHATFIELD, 2000).

Os processos estocásticos são uma família de $[X(t), t \in T]$, tal que, para cada $t \in T$, X é uma variável aleatória (MORETTIN; TOLOI, 2006; PEREIRA; ZANUSSO; SALES, 1986). Assim, nessas circunstâncias um processo estocástico será considerado uma família de variáveis aleatórias (VA) definidas em um mesmo espaço amostral de probabilidades (Ω). Portanto, para cada $t \in T$, X é uma v.a. real definida sobre Ω ; além de ser uma função de dois argumentos, $X_{(t, \omega)}$, $t \in T$, $\omega \in \Omega$, conforme a Figura 3.6.

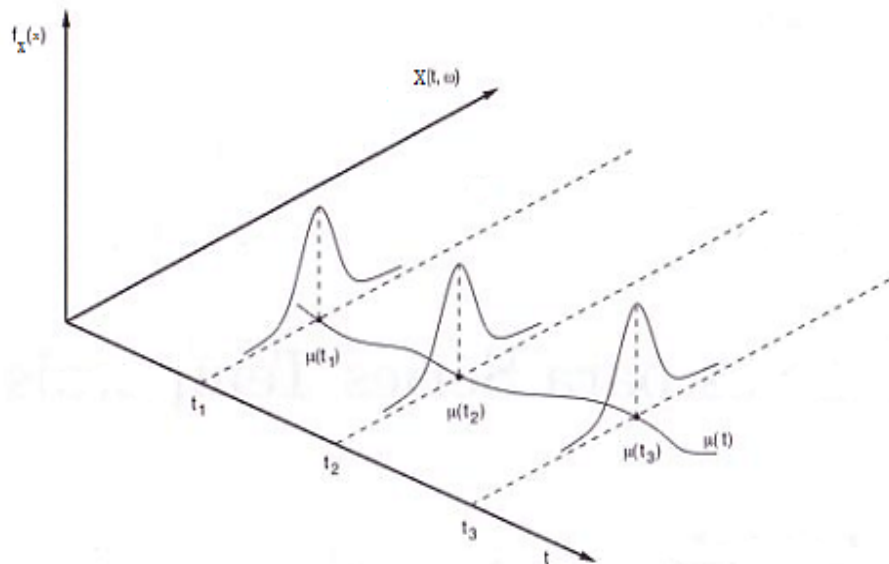


Figura 3.6: Um processo estocástico interpretado como uma família de variáveis aleatórias.

Fonte: Morettin e Toloi (2006). Nota: Adaptado pelo autor.

A Figura 3.6 revela que para cada $t \in T$, tem-se uma v.a. $X_{(t,w)}$, com distribuição de probabilidades associada. Assim, é possível que a função de densidade de probabilidade $f_x(X)$ no instante t_1 seja diferente de $f_x(X)$ no segundo momento t_2 .

Usualmente, descreve-se um processo estocástico através de suas funções média, autocovariância e variância. A função média de $X(t)$ é dada por

$$E[X(t)] = \mu_t, \quad (3.9)$$

a autocovariância entre $X(t_1)$ e $X(t_2)$ por

$$\gamma_{t_1, t_2} = \text{cov}(X(t_1), X(t_2)) = E\{[(X(t_1) - \mu_{t_1})][(X(t_2) - \mu_{t_2})]\}, \quad (3.10)$$

sendo t_1 e t_2 dois instantes distintos. Ou ainda, se $t_1 = t_2 = t$, (3.10) têm se

$$\gamma_{t, t} = \sigma^2 = \text{Var}\{X(t)\} = E\{X^2(t)\} - \mu^2(t), \quad (3.11)$$

representando a variância do processo X .

Na modelagem de séries temporais é necessário introduzir suposições simplificadoras que norteiem a análise de determinadas classes de processos estocásticos com comportamentos específicos, a exemplo de processos estacionários ou não estacionários, processos Gaussianos ou “normais” e processos Markovianos ou não Markovianos.

Entretanto, a seguir faremos uma breve apresentação dos processos estacionários, ruído branco e passeio aleatório.

3.2.1 Processos estacionários

Os processos estocásticos podem apresentar estacionariedade *forte* (estrita) ou *fraca* (de segunda ordem). Na prática busca-se a caracterização de tais processos através dos momentos de primeira e segunda ordem. Nesse sentido, [Morettin e Tolo \(2006\)](#) explicam que um processo estocástico $X = \{X(t), t \in T\}$ é estritamente estacionário se todas as distribuições finito dimensionais permanecem as mesmas sob translações do tempo, isto é

$$F(X_1, \dots, X_n; t_1 + \tau, \dots, t_n + \tau) = F(X_1, \dots, X_n; t_1, \dots, t_n) \quad (3.12)$$

para quaisquer t_1, \dots, t_n, τ de T . Enquanto o processo estocástico será considerado fraca-

mente estacionário se e somente se

- (i) $E\{X(t)\} = \mu(t) = \mu$, constante, para todo $t \in T$;
- (ii) $E\{X^2(t)\} < \infty$, para todo $t \in T$;
- (iii) $\gamma(t_1, t_2) = \text{Cov}X(t_1), X(t_2)$ é uma função de $|t_1 - t_2|$.

Diante dessas condições, um processo estocástico será fracamente estacionário se as médias e variâncias forem constantes ao longo do tempo e se a sua função de autocovariância depender somente da defasagem (*lag*) $|t_1 - t_2|$.

Todavia, uma série poderá apresentar característica de estacionariedade durante períodos longos ou apenas em períodos breves, mudando de nível e/ou de inclinação. Em geral, as séries temporais de origem econômica e financeira apresentam alguma forma de não estacionariedade (MORETTIN; TOLOI, 2006), vide a Figura (3.7).

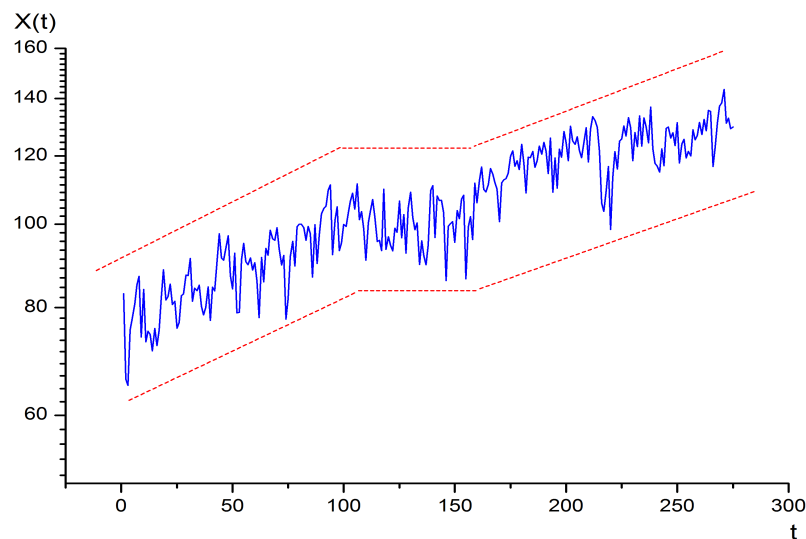


Figura 3.7: Série não-estacionária quanto ao nível e inclinação.

A maioria dos modelos estatísticos de análise de séries temporais supõem que as séries sejam estacionárias, caso não ocorra, poderá se transformar em estacionária ao ser diferenciada em uma quantidade n finita de vezes. Comumente, se estabelece as diferenças sucessivas da série original para então obter a estacionariedade. Assim, a primeira diferença de $X(t)$ é definida por

$$\Delta X(t) = X(t) - X(t - 1), \quad (3.13)$$

a segunda diferença

$$\Delta^2 X(t) = \Delta[\Delta X(t)] = \Delta[X(t) - X(t-1)], \quad (3.14)$$

de forma geral, a n -ésima diferença de $X(t)$ é

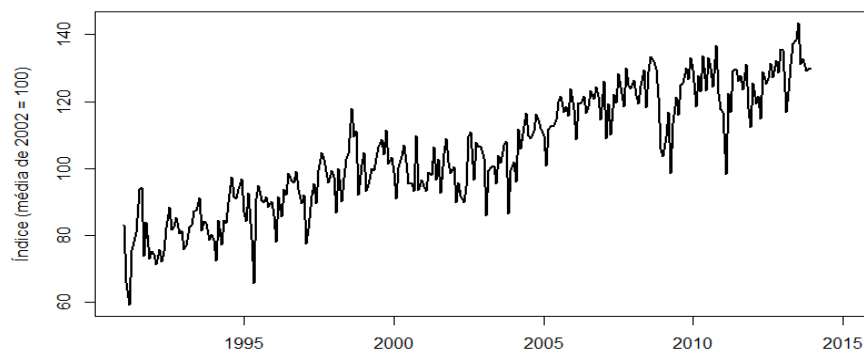
$$\Delta^n X(t) = \Delta[\Delta^{n-1} X(t)]. \quad (3.15)$$

Geralmente, no máximo duas diferenças são suficientes para tornar a série temporal estacionária. No entanto, quando as diferenças não são suficientes para alcançar tal suposição, costuma-se aplicar antes das diferenças, uma transformação não linear nos dados, como por exemplo, a transformação logarítmica ou a transformação de [Box e Cox \(1964\)](#).

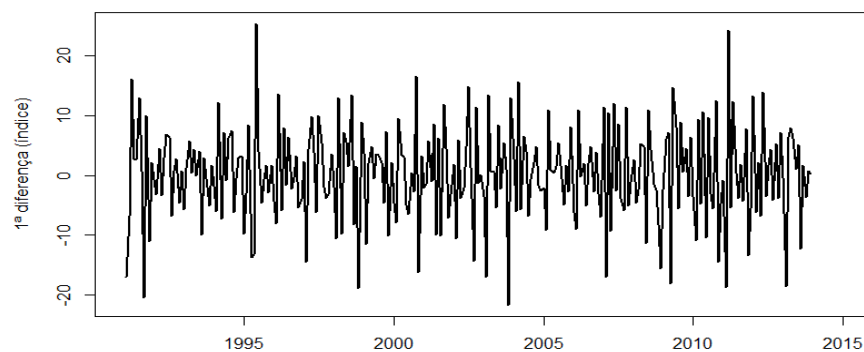
$$X_t^{(\lambda)} = \begin{cases} \frac{X_t^\lambda - c}{\lambda} & \text{se } \lambda \neq 0, \\ \log X_t, & \text{se } \lambda = 0 \end{cases} \quad (3.16)$$

De acordo com [Morettin e Tolo \(2006\)](#), as principais razões para realizar as transformações são: estabilizar a variância, tornar o efeito sazonal aditivo e obter uma distribuição para os dados mais simétrica e próxima da normal, ou seja, $\mu = 0$ (média igual a zero) e $\sigma^2 = 1$ (variância igual a 1).

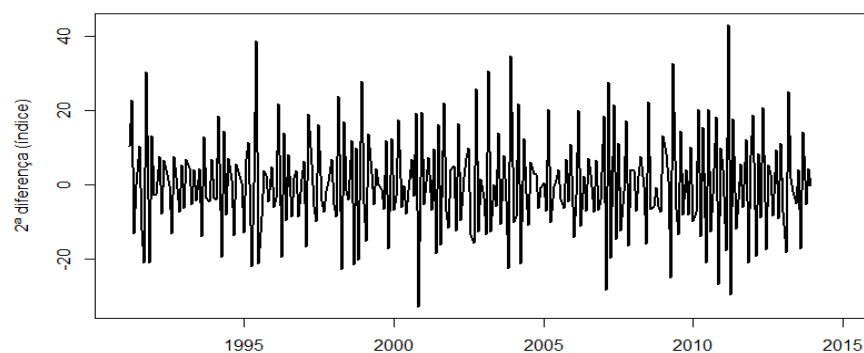
A Figura (3.8) apresenta (a) o índice mensal de produção da indústria de transformação da Bahia no período jan/91 a nov/13, (b) a primeira e (c) a segunda diferença respectivamente da série original.



(a)



(b)



(c)

Figura 3.8: Bahia: Índice mensal de produção da indústria de transformação (jan/91 a dez/13). (b) Primeiro diferença e (c) Segunda diferença. Nota. Cálculo do autor.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

3.2.2 Ruído Branco

Segundo Ehlers (2009, p. 17), um processo estocástico em tempo discreto é chamado ruído branco ou puramente aleatório se consiste de uma sequência de v.a. $\{\varepsilon_t\}$ independentes e identicamente distribuídas, isto é, se

- (i) $E[\varepsilon(t)] = 0$, constante, para todo $t \in T$;
- (ii) $\text{Var}[\varepsilon(t)] = \sigma_\varepsilon^2$, para todo $t \in T$;
- (iii) $\gamma(\varepsilon(t_1), \varepsilon(t_2)) = \text{Cov}[\varepsilon(t_1), \varepsilon(t_2)] = 0$, para todo $t_1 \neq t_2$.

O ruído branco é temporalmente homogêneo, estacionário e sem dependência temporal, que resulta de um processo estocástico onde todas as v.a. seguem uma distribuição normal de média zero, com variância e covariâncias nulas (Figura 3.2.4). Usualmente, este processo estocástico é denotado por

$$\varepsilon(t) \sim RB(0, \sigma_\varepsilon^2). \quad (3.17)$$

3.2.3 Ruído rosa

Na abordagem de Moreira (2013), o ruído rosa ou fractal é um processo estocástico intermediário entre o ruído branco e ruído browniano, conforme é apresentado na Figura 3.2.4.

3.2.4 Passeio aleatório

Segundo Esquivel (2012, p. 14), um processo estocástico é dito passeio aleatório se a primeira diferença deste resulta em um RB. Seja $\{\varepsilon_t\}$ um processo discreto puramente aleatório com média μ e variância σ_ε^2 , será considerado passeio aleatório se

$$X_{(t)} = X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.18)$$

Este processo estocástico que também é conhecido como ruído marrom, *random walk noise* ou ruído *Browniano*, pode ser obtido através da integração do ruído branco. Ademais, e

um processo com tendência estocástica, que não manifesta condições de estacionariedade e onde os registos da série não permitem prever o seu futuro (MOREIRA, 2013). A Figura 3.2.4 exhibe o comportamento do ruído branco, ruído rosa e ruído Browniano.

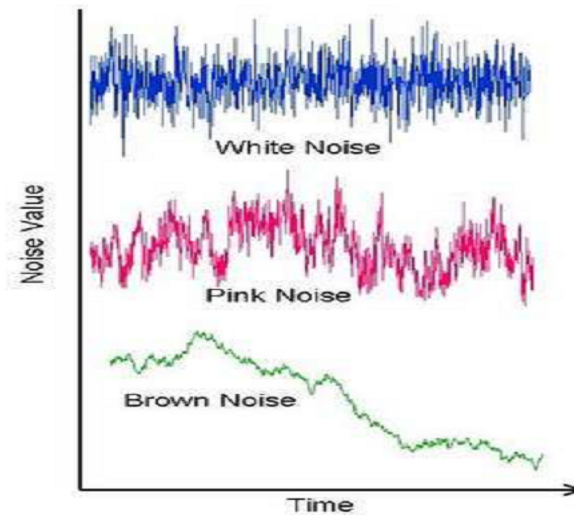


Figura 3.9: Séries temporais caracterizadas por ruído branco, ruído rosa e ruído marrom.
Fonte Moreira (2013).

A verificação da estacionariedade de uma série temporal também pode ser avaliada através dos testes de raiz unitária. Em suma, tais testes avaliam se o polinômio (autorregressivo e/ou de média móvel) da série em análise possui uma raiz sob o círculo unitário.

3.3 Teste Dickey-Fuller (DF)

Segundo Cromwell, Labys e Terraza (1994, p. 38), o teste de Dickey-Fuller analisa a condição em que o processo estocástico apresenta uma raiz unitária e onde a diferenciação pode ajudar a removê-la. Assim, seja uma série temporal $\{X_t\}$, o teste DF baseia-se uma regressão entre os valores de X_t e sua medição em um período imediatamente anterior X_{t-1} , ou seja, um modelo autorregressivo de ordem 1 [AR(1)] representado por

$$\Delta X_t = \phi X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.19)$$

em que

$$\varepsilon_t \sim RB(0, \sigma_\varepsilon^2) \quad (3.20)$$

O teste envolve a análise da estatística t do parâmetro ϕ , que é obtido por mínimos quadrados, sob a hipótese nula de que $\phi = 0$ (não é estacionária), o que implica que X_t é um passeio aleatório, isto é, possui uma raiz unitária.

O parâmetro ϕ é dado por

$$\phi = \frac{\sum_{t=2}^n X_{(t-1)}X_t}{\sum_{t=2}^n X_{(t-1)}^2} \quad (3.21)$$

A estatística t do parâmetro ϕ é denotada por

$$t(\phi) = \frac{\phi}{S(\phi)} \quad (3.22)$$

onde

$$S(\phi) = \frac{S^2}{(\sum_{t=2}^n X_{t-1}^2)^{1/2}} \quad (3.23)$$

e

$$S^2 = \frac{1}{n-2} \sum_{t=2}^n (X_t - \phi X_{(t-1)})^2 \quad (3.24)$$

em que ϕ é o estimador de mínimos quadrados; $S(\phi)$ é o erro padrão de ϕ e S^2 é o estimador de σ^2 . O teste poderá ser realizado nas seguintes situações:

- i) $\Delta X_t = \phi X_{t-1} + \varepsilon_t$
 H_0 : X_t é um passeio aleatório ($\phi = 0$)
- ii) $\Delta X_t = \alpha + \phi X_{t-1} + \varepsilon_t$
 H_0 : X_t é um passeio aleatório com deslocamento *drift* ($\phi = 0$)
- iii) $\Delta X_t = \alpha + \alpha_t + \phi X_{t-1} + \varepsilon_t$
 H_0 : X_t é um passeio aleatório com deslocamento *drift* em torno de uma tendência estocástica ($\phi = 0$)

A hipótese nula será rejeitada toda vez que a estatística t de parâmetro ϕ for maior que o valor crítico τ a um determinado nível de significância. Os valores críticos são estimados via simulações de Monte Carlo, pelo fato da estatística de DF não seguir uma distribuição estatística conhecida (CROMWELL; LABYS; TERRAZA, 1994; GUJARATI, 2000).

Em suma, a ideia por trás do teste DF é bem simples. Realiza-se uma regressão linear ($Y = a + bx + e$), de uma série Y_t com si própria no período imediatamente anterior Y_{t-1} , isto é, $\Delta Y_t = \phi Y_{t-1} + u_t$. Em seguida, analisamos a significância do coeficiente ϕ , se $\phi = 0$, conclui-se que o processo é não estacionário, caso contrário é estacionário.

Maiores detalhes sobre o teste DF poderão ser encontrados em Brockwell e Davis (2006), Fuller (1996), Harris e Sollis (2003).

3.4 Teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF)

O teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF) introduz um operador de defasagens no teste DF, (Equação 3.19), para resolver o problema da autocorrelação no termo de erro ε_t tal como:

$$\Delta X_t = \alpha X_{(t-1)} + \sum_{k=1}^n \beta_k \Delta X_{(t-k)} + \varepsilon_t \quad (3.25)$$

sendo $\sum_{j=1}^k \beta_k \Delta X_{(t-k)}$ o operador de defasagens.

Tendo como base o teste de DF, a equação 3.25 também pode ser estendida para os casos em que: a série temporal (a) X_t é um passeio aleatório; (b) X_t é um passeio aleatório com deslocamento *drift* e (c) X_t é um passeio aleatório com deslocamento *drift* em torno de uma tendência estocástica (WEI, 2006).

- i) $\Delta X_t = \alpha X_{(t-1)} + \sum_{k=1}^n \beta_k \Delta X_{(t-k)} + \varepsilon_t$
 H_0 : X_t é um passeio aleatório ($\phi = 0$)
- ii) $\Delta X_t = \alpha + \alpha X_{(t-1)} + \sum_{k=1}^n \beta_k \Delta X_{(t-k)} + \varepsilon_t$
 H_0 : X_t é um passeio aleatório com deslocamento *drift* ($\phi = 0$)
- iii) $\Delta X_t = \alpha + \alpha X_{(t-1)} + \sum_{k=1}^n \beta_k \Delta X_{(t-k)} + \delta_t + \varepsilon_t$
 H_0 : X_t é um passeio aleatório com deslocamento *drift* em torno de uma tendência estocástica ($\phi = 0$)

As hipóteses e os valores críticos da estatística τ para cada caso são os mesmos do teste de DF. Para maiores detalhes sugerimos [Aiube \(2007\)](#), [Cromwell, Labys e Terraza \(1994\)](#), [Fuller \(1996\)](#), [Harris e Sollis \(2003\)](#), [Tsay \(2010\)](#).

3.5 Testes de normalidade

Segundo [Cromwell, Labys e Terraza \(1994, p. 19\)](#), o conceito de uma distribuição normal pode ser combinado com o conceito de independência para fornecer percepções (*insights*) sobre métodos de especificação de um modelo de séries temporais. Nesse sentido, se uma série temporal foi transformada com o intuito de alcançar a estacionariedade, é possível testar se esta é normal e em seguida, pode-se especificar um modelo linear para descrever o seu comportamento. Em linhas gerais, o teste de normalidade que será apresentado, centra-se nas medidas de assimetria (grau de deformação) e curtose (grau de achatamento) de uma variável aleatória, calculadas a partir de uma distribuição de frequências. Essas medidas são conhecidas como momentos ([TOLEDO; OVALLE, 1985](#); [SPIEGEL, 1993](#); [YAFFEE; MCGEE, 1999](#)).

Para uma variável aleatória $X(t)$ com média μ , o momento amostral central é definido por

$$\mu_r = T^{-1} \sum_t [X(t) - \mu]^r \quad r = 1, 2, \dots, \infty \quad e \quad t = 1, \dots, T \quad (3.26)$$

Quando $r = 3$ a razão para o coeficiente de assimetria é

$$\beta_1^{1/2} = \frac{\mu_3}{(\mu_2^{3/2})} \quad (3.27)$$

Já quando $r = 4$ a razão para o coeficiente de curtose é

$$\beta_2 = \frac{\mu_4}{(\mu_2)^2} \quad (3.28)$$

Caso a variável aleatória seja normal, o coeficiente de assimetria $\beta_1^{1/2} = 0$ e o coeficiente de curtose será $\beta_2 = 3$. Por essa razão, geralmente a curtose é definida por $(\beta_2 - 3)$, que é positivo para uma distribuição afilada, negativo para uma distribuição achatada e nulo para uma distribuição normal ([SPIEGEL, 1993](#)).

Para efeito de ilustração, em uma análise o pesquisador encontrou um coeficiente de assimetria $\beta_1^{1/2} = 1$ e um coeficiente de curtose $\beta_2 = -2$. Com estas informações, poderá concluir que os dados não estão igualmente distribuídos, pois apresentou assimétrica à direita(positiva) e curtose(achatamento) negativa.

3.5.1 Teste Jarque-Bera

O teste **JB**, desenvolvido por [Jarque e Bera \(1980\)](#), utiliza os coeficientes de assimetria e curtose para formar a seguintes estatística:

$$JB = n \cdot \left[\frac{S^2}{6} + \frac{(K - 3)^2}{24} \right] \sim \chi_{(2)}^2 \quad (3.29)$$

sendo $S = \frac{\hat{\mu}_3}{(\hat{\mu}_2^{3/2})}$ o estimador de $\beta_1^{1/2}$ e $k = \frac{\hat{\mu}_4}{(\hat{\mu}_2)^2}$ o estimador de β_2 .

Testa-se a hipóteses H_0 : $X(t)$ é normal contra H_1 : $X(t)$ não é normal. Rejeita-se a hipótese nula toda vez que a estatística JB exceder os valores críticos da distribuição qui-quadrado com 2 graus de liberdade, a determinado nível de significância.

De acordo com [Lucambio \(2008\)](#), o teste JB é conhecido por ter boas propriedades para a verificação de normalidade e por isso é muito utilizado em econometria.

3.6 A Função de autocorrelação (FAC)

A função autocorrelação apresenta-se como um relevante instrumento para análise de séries temporais, devido ao fato de poder mensurar a interdependência de uma série temporal. A quantificação da dependência entre as instâncias de tempo da série é obtida por meio da autocovariância e/ou da autocorrelação amostral. De acordo com [Esquivel \(2012\)](#), a autocorrelação é a correlação defasada, em um número k de unidades de tempo, de uma série consigo mesma, podendo ser estimada por

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (X_{(t)} - \bar{x})(X_{(t+k)} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (X_{(t)} - \bar{x})^2}, \quad k = 0, 1, 2, \dots \quad (3.30)$$

Em outras palavras, a equação acima é entendida como a covariância da série na defasagem k dividida pela variância da série, onde n representa o comprimento da série e \bar{x} é o valor

médio das observações, determinadas a partir da variação temporal k .

Tsay (2010) argumenta que a covariância e a variância apresentam as mesmas unidades de medida e, portanto, os valores de r_k são adimensionais, isto é, variam de -1 a 1 e indicam que:

- a) $0 < r_k \leq 1$ a série possui autocorrelação positiva;
- b) $r_k = 0$ não existe autocorrelação na série; e,
- c) $-1 \leq r_k < 0$ a série possui autocorrelação negativa;

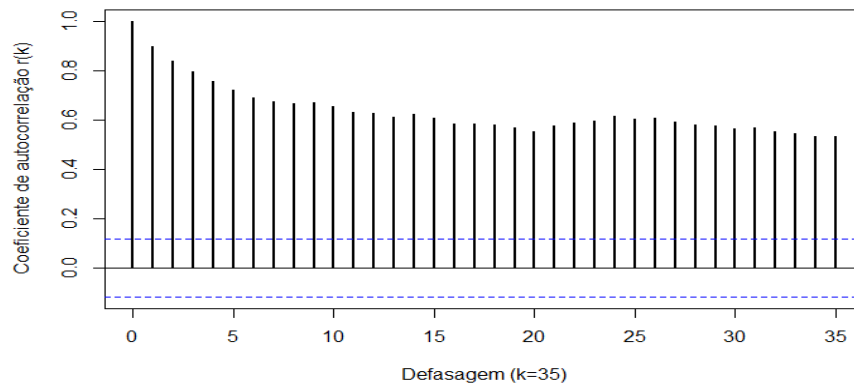
O correlograma é a representação gráfica das autocorrelações, no qual esboça-se os primeiros valores r_k contra as defasagens k . Tal gráfico é amplamente conhecido como função de autocorrelação amostral (FAC) e pode ser utilizado para a identificação de características de uma série temporal (Figura 3.10) (COWPERTWAIT, 2006; FULLER, 1996; SHUMWAY; STOFFER, 2011).

De acordo com Filho (2009) ao analisar o correlograma é possível caracterizar a série como:

- a) Estacionária (se os valores de r_k decaem para zero rapidamente);
- b) Não estacionárias (se os valores de r_k decaem para zero lentamente);
- c) Periódica (se a série apresentar característica de sazonalidade de período de 12 meses, por exemplo, as autocorrelações são altas para k amplitudes 6, 12, 18, 24, etc, oscilando o sinal. Divergindo, portanto, das séries estacionárias, que apresentam correlações divergindo de zero, para k grande, oscilando indefinidamente);
- d) Ruído branco (diante de uma série de variáveis aleatórias independentes, identicamente distribuídas (Subseção 3.2.2), as autocorrelações r_k são nulas, exceto r_0 que é igual a 1;
- e) Memória curta ou longa (se a estatística r_k (FAC) decrescer rapidamente para zero a série é caracterizada como memória curta, enquanto se a FAC decrescer lentamente para zero a série temporal será denominada memória longa e a sua dependência temporal permanecerá presente por um longo período). Contudo, Filho (2009) argumenta que a FAC é adequada na detecção de memória na série quando a mesma for estacionária.



(a)



(b)

Figura 3.10: Bahia: Índice mensal de produção do segmento refino de petróleo e álcool (jan/91 a dez/13). (b) Função de autocorrelação. Nota. Cálculo do autor.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Segundo Gujarati (2000, p. 722), a significância estatística de qualquer r_k pode ser julgada por seu erro padrão. Se uma série for puramente aleatória (subseção 3.2.2), os coeficientes de autocorrelação amostral serão aproximadamente distribuídos normalmente com média zero e variância $1/n$, em que n é o tamanho da amostra. A série temporal da Figura 3.10 (a) tem um $n = 276$, implicando em um erro padrão igual a $\frac{1}{\sqrt{276}}$.

Então, ao seguir as propriedades da distribuição normal padrão, o intervalo de confiança de 95% para qualquer r_k será $\pm 1.96 * \frac{1}{\sqrt{276}}$ em ambos os lados de zero. O intervalo de confiança de 95% (-0.1180, 0.1180) é mostrado como duas linhas tracejadas na Figura 3.10 (b).

Com base no correlograma (Figura 3.10) pode-se inferir que a série temporal do índice mensal de produção da indústria de transformação da Bahia é não estacionária, pois

verificou-se que as estatísticas r_k calculadas decaíam lentamente para zero. Ademais, os coeficientes r_k até a defasagem 35 são, individualmente, estatisticamente significativos, ou seja, diferentes de zero.

De posse dos coeficientes de autocorrelação r_k é importante verificar se todos eles são simultaneamente iguais a zero (ENDERS, 2004; GREENE, 2003; GUJARATI, 2000). Com essa finalidade é conveniente utilizar a estatística (LB) de Ljung e Box (1978), que é denotada por

$$LB = n(n+2) \sum_{k=1}^m \left(\frac{r_k^2}{n-k} \right) \sim \chi_m^2 \quad (3.31)$$

A estatística LB é uma variante da estatística Q de Box-Pierce que é definida por

$$Q = n \sum_{k=1}^m r_k^2 \sim \chi_m^2 \quad (3.32)$$

aqui n = tamanho da amostra e m = duração da defasagem (*lag*).

Ambas as estatísticas seguem a distribuição qui-quadrado com m graus de liberdade. Porém, Gujarati (2000) argumenta que a estatística de Ljung-Box tem apresentado melhores propriedades em amostras pequenas do que a estatística de Box-Pierce.

Em uma aplicação, se a estatística Q ou LB calculada exceder o valor crítico da tabela χ_m^2 ao nível escolhido de significância, rejeita-se a hipótese nula de que todos os r_k são iguais a zero e, pode-se concluir que, pelo menos, alguns deles devem ser diferentes de zero.

3.7 Memória de longo alcance em séries temporais

Uma das propriedades mais importantes que se procura determinar ao analisar séries temporais é a denominada persistência, que se refere à memória ou correlação interna da série (ANTENEODO, 2004). Para Souza, Tabak e Cajueiro (2006), uma série de observações apresenta memória de longo alcance quando os valores observados em *lags* distantes são correlacionados entre si, ou ainda, se o efeito de um evento ocorrido em um instante pode ser detectado em muitos *lags* depois.

A avaliação da memória de longo prazo de uma série pode ser feita por meio de diversas metodologias (DINIZ, 2008; TAQQU; TEVEROVSKY; WILLINGER, 1995; VASSOLER, 2012). Entre os diversos métodos podemos citar: a Análise R/S clássica com o expoente de Hurst, os métodos *Detrended Fluctuation Analysis* (DFA) e *Detrended Cross-Correlation Analysis* (DCCA).

3.7.0.1 Método R/S

Um dos métodos mais conhecidos para a estimação de memória de longo alcance é o método R/S (DINIZ, 2008; MANDELBROT, 1972; MANDELBROT, 1997; PALMA, 2007). O *rescaled range* R/S foi desenvolvido pelo hidrólogo britânico Hurst (1951), enquanto estudava problemas associados aos reservatórios de água do rio Nilo. A estatística de Hurst consiste em mensurar os volumes máximo e mínimo do reservatório (amplitude) e o desvio padrão dos fluxos de água em um determinado período de tempo τ , de modo que R/S será a razão entre a amplitude (R_τ) e o desvio padrão (S_τ) das vazões de água em um tempo. E assim, detectar persistência ou memória de longo prazo em séries temporais (ANTENEODO, 2004; FILHO, 2009).

Os passos da aplicação deste método são explicados por Souza, Tabak e Cajueiro (2006):

1. Determina-se a média $\langle \xi \rangle_\tau$ do fluxo de água no período τ dado por:

$$\langle \xi \rangle_\tau = \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} \xi(t), \quad (3.33)$$

onde $\xi(t)$ apresenta o influxo de água no reservatório no instante t .

2. Determina-se a variação da média v . De modo que a soma da variação acumulada da média, para os períodos de 1 à t é demonstrada por

$$X(t, \tau) = \sum_{v=1}^t [\xi(v) - \langle \xi \rangle_\tau], \quad (3.34)$$

sendo $\langle \xi \rangle_\tau$ a média de todos os pontos da série do período τ , e t representa um tempo entre o primeiro período ($t = 1$) e o último período ($t = \tau$).

3. Calcula-se a diferença entre o valor máximo e mínimo de $X(t)$ no período τ

$$R(\tau) = \text{Max}[X(t, \tau)] - \text{Min}[X(t, \tau)], \quad \text{para } 1 \leq t \leq \tau \quad (3.35)$$

4. Divide-se $R(\tau)$ pelo desvio padrão $S(\tau)$,

$$R/S = \frac{R(\tau)}{S(\tau)}, \quad (3.36)$$

onde

$$S(\tau) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \left(\sum_{t=1}^{\tau} [\xi(t) - \langle \xi \rangle_{\tau}]^2 \right)}, \quad (3.37)$$

Se para tamanhos distintos de (τ) , a relação R/S pode ou não seguir uma lei de potência, caso siga temos:

$$R/S = (\tau/2)^H, \quad (3.38)$$

onde H será o expoente de Hurst.

O coeficiente de Hurst varia entre 0 e 1. Se H for igual a 0,5 a série é denotada como descorrelacionada. Quando H estiver compreendido no intervalo $0,5 < H \leq 1,0$ infere-se que a série em estudo é persistente. Para H variando entre $0,0 \leq H < 0,5$ diz-se que a série apresenta um comportamento antipersistente.

3.7.0.2 Método DFA

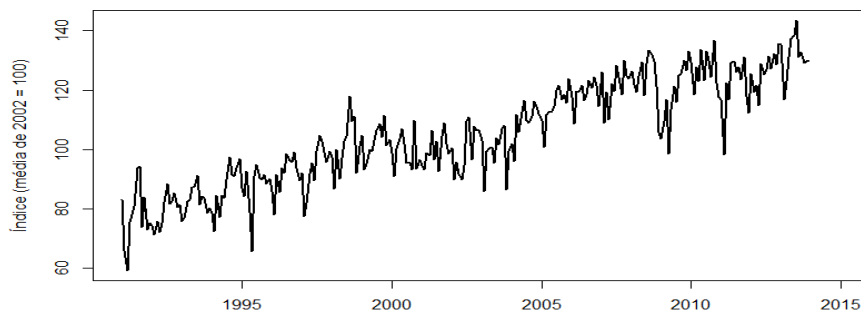
Desenvolvido por Peng et al. (1994), o método DFA, do inglês *Detrended Fluctuation Analysis* ou análise das flutuações retirando a tendência, é um método de análise de escala utilizado para estimar expoentes que caracterizam as correlações de longo alcance

e possibilita a identificação de autoafinidade em séries temporais não estacionárias, facilitando assim, a acurácia das previsões (ANTENEODO, 2004; SILVA, 2009; STANLEY; MANTEGNA, 1995).

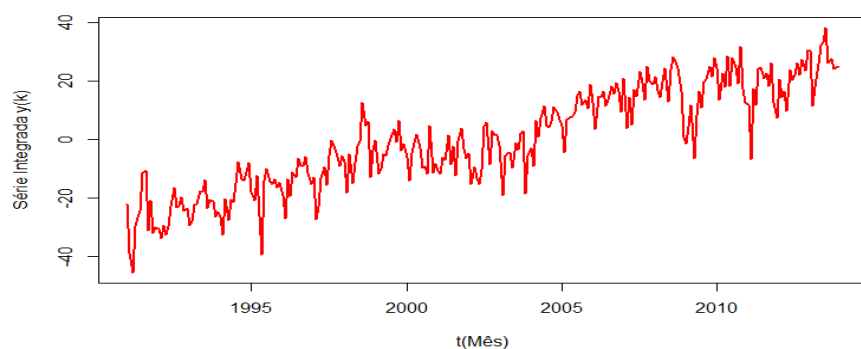
Dados os elementos X_1, \dots, X_N da série temporal em estudo (Figura 3.11 (a)), o cálculo do DFA é explicado por Filho (2009), conforme veremos a seguir:

1. Inicialmente, da série completa determina-se o desvio de cada observação em relação a média $\langle X \rangle$. Assim, obtêm-se a série integrada $y(k)$ (Figura 3.11 (b)).

$$y(k) = \sum_{i=1}^n (X_i - \langle X \rangle), \quad (3.39)$$



(a)



(b)

Figura 3.11: Bahia: Índice de produção industrial do setor de transformação (jan/91 a dez/13). (b) Série integrada $y(k)$. Nota: Cálculo do próprio autor.

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Em seguida divide-se a série integrada $y(k)$ em intervalos (*box*) de tamanhos iguais de amplitude n (Figura 3.12).

2. Ajusta-se um polinômio de grau ≥ 1 a $y(k)$ para cada amplitude (*box*) de tamanho n . Esta estatística representa a tendência local na amplitude de tamanho n (Figura 3.13).

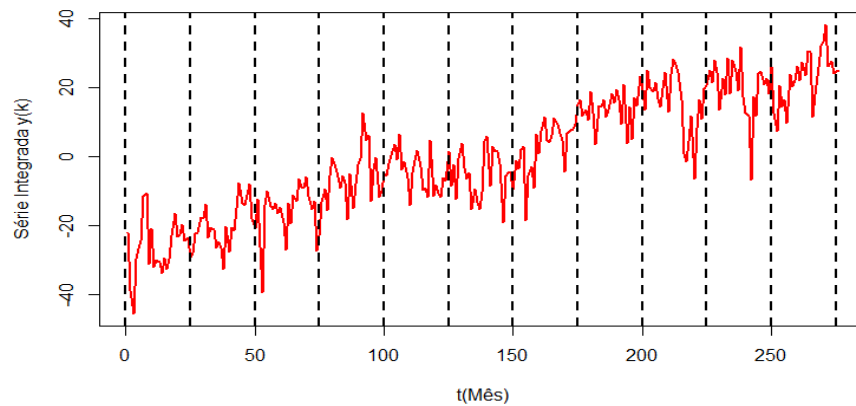


Figura 3.12: Divisão da série integrada $y(k)$ em *boxes* de tamanho n .

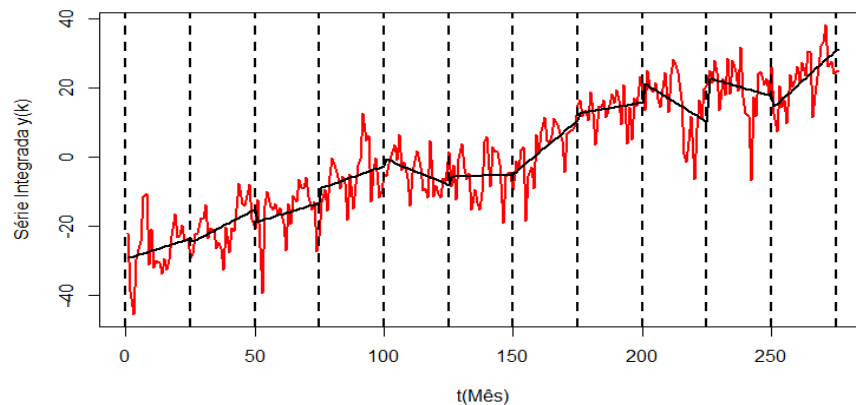


Figura 3.13: Ilustração do passo 2. Aqui temos o polinômio de grau 1 sendo ajustado.

A série integrada $y(k)$ é subtraída da série ajustada $y_n(k)$ em cada amplitude (*box*) de tamanho n . Assim, é calculada a raiz quadrática média $F(n)$ para cada amplitude de tamanho n , isto é,

$$F(n) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [y(k) - y_n(k)]^2}, \quad (3.40)$$

Deve-se repetir o cálculo apresentado anteriormente para diferentes amplitudes (*boxes*) de tamanho n . Ademais, o ajuste $y_n(k)$ pode ser modelado para diferentes polinômios de grau m (MANTEGNA; STANLEY, 2000; PERAZZO; FERNANDEZ; WILLSHAW, 2004).

3. Por último, verifica-se se a função $F(n)$ apresenta um comportamento do tipo $F(n) \sim n^\alpha$, em que o α será o coeficiente de correlação de longo alcance (Figura 3.14.)

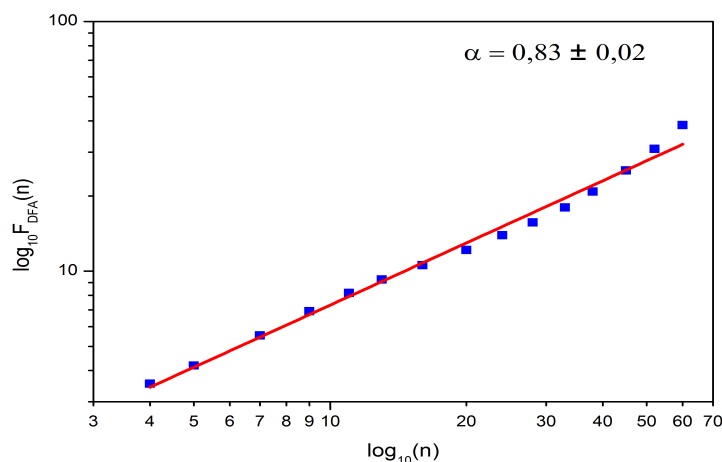


Figura 3.14: Resultado do DFA para o indicador de produção física da indústria de transformação da Bahia (jan/91 a dez/13). Nota: Cálculo do próprio autor.

Na análise pelo método DFA se encontrarmos um coeficiente α igual a 0,50 concluímos que a série temporal em estudo apresenta um comportamento aleatório. Se o α estiver compreendido no intervalo $0,5 < \alpha \leq 1,0$ inferimos que a série em estudo é persistente. Para α variando entre $0,0 \leq \alpha < 0,5$ diz-se que a série apresenta um comportamento antipersistente, conforme a Tabela 3.3.

Tabela 3.3: Classificação da faixa dinâmica e valores do expoente de flutuação.

DFA	Condição
$\alpha < 0,5$	Sinal antipersistente
$\alpha \cong 0,5$	Ruído branco, não apresenta memória
$\alpha > 0,5$	Sinal persistente
$\alpha \cong 1,0$	Ruído rosa
$\alpha > 1,0$	<i>Random walk</i> , não estacionário

Fonte: Melo et al. (2010)

De acordo com Filho (2009), o expoente α obtido através do DFA permite avaliar em que medida a tendência observada na série temporal passada implica em manutenção do comportamento no futuro, indicando um efeito de memória de longa duração na série.

Segundo [Diniz \(2008, p. 54\)](#), é possível realizar um teste de hipóteses para discriminar o tipo de memória subjacente na série temporal. Nessa perspectiva, as hipóteses de interesse são:

$$H_0: \alpha = 0.5$$

$$H_1: \alpha > 0.5$$

A estatística de teste é dada por

$$T = \frac{\alpha - 0.5}{S(\alpha)} \sim t_{m-2} \quad (3.41)$$

sendo $S(\alpha)$ o erro padrão amostral resultante da regressão linear, que é denotado por

$$S(\alpha) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y - Y')^2}{n - 2}} \quad (3.42)$$

Sob a hipótese nula, observa-se que a estatística de teste T apresenta distribuição aproximada t de *Student*, com $m-2$ graus de liberdade, em que m é o número de pontos da regressão e 2 é o número de parâmetros estimados. Se o valor observado da estatística T for maior que os valores críticos da distribuição t de *Student*, rejeita-se a hipótese nula ao nível de significância fixado. Maiores detalhes sobre a distribuição t de *Student* ver ([MILONE, 2006](#); [SPIEGEL, 1993](#)).

3.7.0.3 Método DCCA

Desenvolvido por [Podobnik e Stanley \(2008\)](#), o método DCCA, do inglês *Detrended Cross-Correlation Analysis* ou análise de correlação cruzada retirando a tendência, é uma generalização do método DFA, que se propõe a estimar o expoente que caracteriza a correlação de longo alcance cruzada entre duas séries temporais não estacionárias, de mesmo tamanho ([ZEBENDE; FILHO, 2009](#); [ZEBENDE; SILVA; FILHO, 2013](#)).

Para proceder a aplicação do DCCA é necessário seguir os seguintes passos, conforme orienta [Filho \(2009\)](#).

1. Ao considerarmos duas séries temporais não estacionárias $\{X_i\}$ e $\{X'_i\}$ em que $i = 1, 2, \dots, N$. Estas serão integradas e em seguida representadas por

$$R_k = X_1 + X_2 + \dots + X_K$$

$$R'_k = X'_1 + X'_2 + \dots + X'_K$$

sendo $K \leq N$.

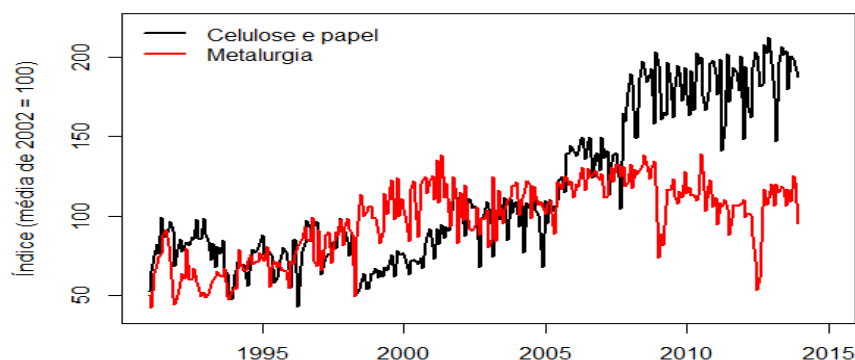


Figura 3.15: Séries originais do indicador de produção industrial do setores celulose e papel e metalurgia (Jan/91 a Dez/13); tomadas mês a mês.

- De maneira análoga ao método DFA, as séries integradas R_k e R'_k são divididas em $N-n$ *boxes* (superpostas) de tamanho n , cada um contendo $n+1$ valores (Figura 3.7.0.3). Em cada *box* (que inicia em i e termina em $i+n$) computa-se as tendências locais $\tilde{R}_{k,i}$ e $\tilde{R}'_{k,i}$ ($i \leq K \leq i+n$) como sendo a ordenada do ajuste linear obtida por Mínimos Quadrados (MQ) da série somada.

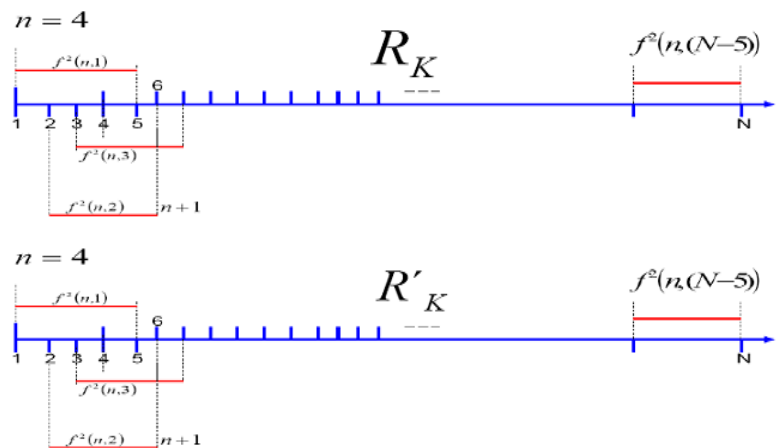


Figura 3.16: Divisão dos sinais integrados R_k e R'_k em $(N-n)$ *boxes* com superposição de tamanho $n=4$, cada um contendo $n+1$ valores. Fonte: Filho (2009).

3. A partir do cálculo anterior, calcula-se a covariância dos resíduos em cada intervalo, isto é,

$$f_{DCCA}^2(n, i) = \frac{1}{n+1} \sum_{k=i}^{i+n} (R_k - \tilde{R}_{k,i})(R'_k - \tilde{R}'_{k,i}) \quad (3.43)$$

4. Determina-se a função de correlação (*detrended covariance*) expressa como:

$$F_{DCCA}^2(n) = \frac{1}{N-n} \sum_{i=1}^{N-n} f_{DCCA}^2(n, i) \quad (3.44)$$

De acordo com [Peng et al. \(1994\)](#), ao estudar duas séries temporais de tamanho N é possível obter o mesmo resultado do método DFA aplicado para uma única série histórica. Sendo assim, ao se repetir os passos descritos acima para diferentes tamanhos de *box* n , é possível identificar ou não a existência de lei de potência, de modo que

$$F_{DCCA}^2 \approx n^{2\lambda} \quad (3.45)$$

sendo (λ) o coeficiente de correlação cruzada de longo alcance (lei de potência) ([ZEBENDE; SILVA; FILHO, 2011](#); [ZEBENDE; SILVA; FILHO, 2013](#)).

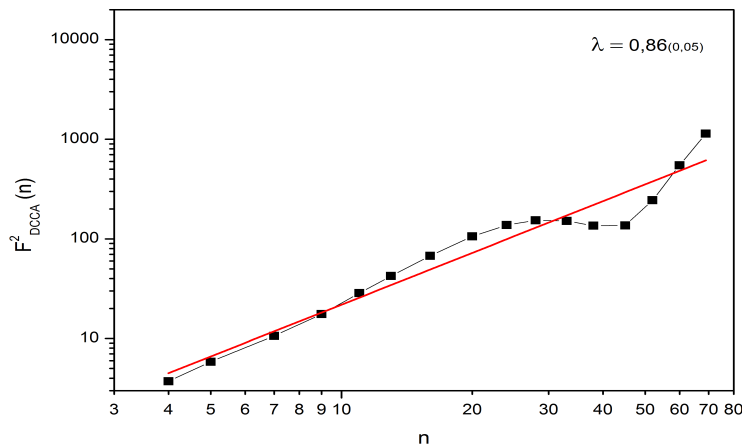


Figura 3.17: Análise de correlação cruzada (DCCA) entre o indicador de produção industrial dos setores celulose e papel e metalurgia (Jan/91 a Dez/13). Nota: Cálculo do próprio autor.

A Figura 3.17 apresenta a correlação cruzada entre o indicador de produção industrial

dos setores celulose e papel e metalurgia. Neste caso, o coeficiente λ foi igual a 0,86 com um erro de mais ou menos 0,05, indicando existir correlação cruzada de longo alcance persistente na produção dos segmentos industriais analisados.

Assim como o método *DFA*, o *DCCA* tem demonstrado grande utilidade em diversas áreas do conhecimento, pois possibilita a identificação e mensuração de correlação cruzada entre duas séries não estacionárias, em diferentes escalas de tempo, embora não quantifique o nível dessa correlação (VASSOLER, 2012). Nesse contexto, Zebende (2011) propôs um novo método para analisar correlação cruzada entre duas séries, baseando-se nos métodos *DFA* e *DCCA*. Segundo o autor, o coeficiente de correlação cruzada ρ_{DCCA} , visa quantificar o nível da relação das séries cronológicas não estacionárias, centrando-se na razão entre a função de covariância sem tendência F_{DCCA}^2 e a função de variância sem tendência F_{DFA} , ou seja,

$$\rho_{DCCA}(n) = \frac{F_{DCCA}^2(n)}{F(n)_{DFA[X_i]} F(n)_{DFA[X'_i]}} \quad (3.46)$$

Segundo Vassoler (2012, p. 63), a equação (3.46) define uma nova escala de correlação cruzada para séries temporais não estacionárias. De maneira análoga ao coeficiente de correlação linear de Pearson (ver Figueiredo e Silva (2009)), o coeficiente ρ_{DCCA} é adimensional com intervalo entre $-1 \leq \rho_{DCCA} \leq 1$, conforme pode ser observado na Tabela 3.4.

Tabela 3.4: ρ_{DCCA} : Níveis de correlação cruzada.

ρ_{DCCA}	Condição
1	Correlação cruzada perfeita
0	Correlação cruzada inexistente
-1	Anti correlação cruzada perfeita

Fonte: Zebende (2011)

Caso o $\rho_{DCCA} = 0$, conclui-se que não há correlação cruzada entre as séries analisadas. Se o for $\rho_{DCCA} > 0$ ou $\rho_{DCCA} < 0$, inferimos que existe correlação ou anti correlação cruzada. Para um $\rho_{DCCA} = 1$ ou $\rho_{DCCA} = -1$, concluímos que existe correlação perfeita ou anti correlação perfeita entre as séries analisadas, conforme é ilustrado na Figura 3.18.

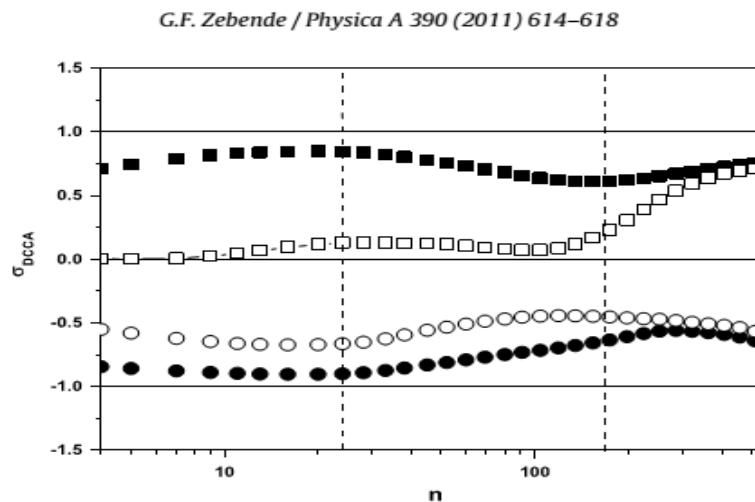


Figura 3.18: Correlação Cruzada entre dados meteorológicos da cidade de Salvador/BA. Estes dados foram gravados a partir de 12 de março de 2010 a 10 de junho de 2010 e demonstra a correlação cruzada através do coeficiente DCCA entre as seguintes variáveis climáticas: temperatura do ar X radiação solar (\bullet), temperatura do ar X umidade relativa do ar (\blacksquare), umidade relativa do ar X radiação solar (\circ), e velocidade do vento X direção do vento (\square). As linhas tracejadas verticais correspondem a um dia e uma semana respectivamente, em escala de tempo.

Fonte: [Zebende \(2011\)](#).

Embora recente, o método ρ_{DCCA} foi modelado em diversos campos do conhecimento, como por exemplo, o estudo de fenômenos climáticos ([Vassoler e Zebende \(2012\)](#)), na análise de indicadores de criminalidade ([Filho, Silva e Zebende \(2014\)](#)) e no estudo do mercado financeiro ([Reboredo, Castro e Zebende \(2014\)](#)), ([Silva, Castro e Silva \(2014\)](#)) e ([Wang e Xie \(2013\)](#)).

No próximo capítulo serão demonstrados e discutidos os resultados obtidos nesta pesquisa.

Resultados

Entendendo a atividade industrial como um sistema complexo, compreender e caracterizar o seu comportamento ao longo do tempo não é uma tarefa fácil, em virtude de suas características intrínsecas. No entanto, é possível caracterizar a dinâmica deste sistema através da identificação de leis de escala, que são válidas para grandes intervalos de tempo. Neste sentido, utilizamos os métodos *DFA*, *DCCA*, e o coeficiente ρ_{DCCA} descritos na Seção 3.7, para qualificar o comportamento exibido pela produção da indústria de transformação baiana.

4.1 Base de dados

O desenvolvimento deste trabalho deu-se através da base de dados da Pesquisa Industrial Mensal realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Os índices levantados retratam a conjuntura da indústria baiana e podem ser encontrados no sítio do IBGE (www.ibge.gov.br). Essas estatísticas se referem a produção da indústria de transformação local (**índice agregado**), bem como a produção dos segmentos industriais **alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia básica, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool**, cujo período compreende os meses de janeiro/91 a dezembro/13 (vide a Figura 4.1).

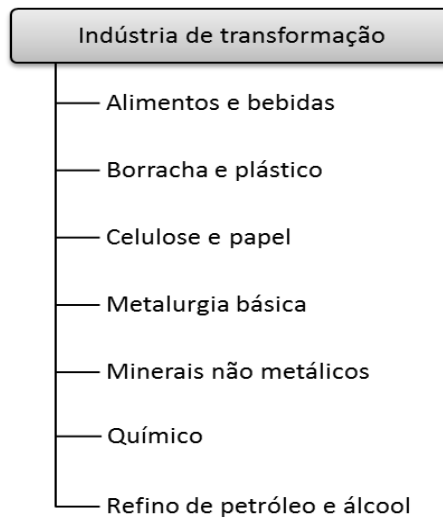


Figura 4.1: Séries temporais estudadas.

4.2 Análise exploratória

Nesta seção, discutimos os resultados da análise exploratória dos dados, isto é, estatísticas descritivas, verificação da suposição de normalidade, a avaliação da estacionariedade e decomposição das séries. Destaca-se que tais resultados foram obtidos através da aplicação do R *Statistical* versão 3.0.3 (ver (R Core Team, 2014)).

Tabela 4.1: Resumo descritivo das séries.

	Mín.	Máx.	Média	Desvio padrão	CV*	Assimetria	Curtose
Ind. de transformação	59,35	143,39	104,94	17,56	16,73	-0,06	2,10
Alimentos e bebidas	62,84	270,05	131,18	26,86	20,47	0,96	5,81
Borracha e plástico	66,34	213,46	128,98	29,43	22,82	0,45	2,71
Celulose e papel	43,19	212,56	115,14	47,48	41,24	0,61	1,96
Metalurgia básica	42,44	139,06	97,80	23,98	24,52	-0,46	2,11
Minerais não metálicos	67,74	214,25	144,32	33,97	23,54	-0,23	2,00
Químico	53,98	127,01	102,31	14,38	14,05	-0,78	2,87
Refino de petróleo e álcool	0,59	149,03	90,74	33,12	36,50	-0,54	2,68

(*) Coeficiente de variação (%).

A partir da análise do coeficiente de variação (Tabela 4.1), concluímos que as séries não são homogêneas ($CV > 15\%$), exceto a série químico ($CV = 14,05\%$). Além disso, tendo como base a distribuição de frequências, observamos que as séries são assimétricas à esquerda (Ind. de transformação, metalurgia básica, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool) e à direita (alimentos e bebidas, borracha e plástico e celulose e papel). A análise da curtose indicou que as séries são achatadas, exceto a alimentos e bebidas (afilada). Tais resultados sinalizaram não normalidade dos dados. Neste sentido, utilizamos o teste Jarque-Bera (Subseção 3.5) para a checagem da suposição de normalidade. Os resultados são resumidos na Tabela 4.2.

Tabela 4.2: Resultados do teste Jarque-Bera.

	Jarque-Bera (<i>p-valor</i>)
Ind. de transformação	0,0103
Alimentos e bebidas	0,0000
Borracha e plástico	0,0060
Celulose e papel	0,0000
Metalurgia básica	0,0001
Minerais não metálicos	0,0010
Químico	0,0000
Refino de petróleo e álcool	0,0008

Ao analisar os resultados do teste JB , concluímos que as séries não estão distribuídas normalmente, ao rejeitar a hipótese nula ao nível de 5% de significância ($p\text{-valor} < 0,05$).

Por conseguinte, investigamos a suposição de estacionariedade das séries por meio da função de autocorrelação (correlograma) e pelo teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF). Os correlogramas são exibidos no Apêndice A.1 (Figuras A.1, A.2, A.3, A.4, A.5, A.6, A.7 e A.8), enquanto os resultados do teste ADF são mostrados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3: Resultados do teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF).

	Com constante*		Com constante e tendência**	
	<i>lags</i>	<i>score t</i>	<i>lags</i>	<i>score t</i>
Ind. de transformação	9	-0,919	9	-3,403
Alimentos e bebidas	12	-1,159	12	-1,036
Borracha e plástico	6	-1,796	6	-2,326
Celulose e papel	5	-0,295	5	-2,486
Metalurgia básica	4	-2,327	4	-3,249
Minerais não metálicos	4	-1,775	4	-1,637
Químico	1	-5,473	1	-5,688
Refino de petróleo e álcool	2	-2,523	1	-5,659

(*) valores críticos τ (5%:-2,86; 1%:-3,43)

(**) valores críticos τ (5%:-3,41; 1%:-3,98)

De maneira geral, o correlograma indicou que as séries são não estacionárias. O que foi confirmado pelo teste ADF, exceto para a série químico. Ao analisar os resultados do modelo com constante, não foi possível rejeitar a hipótese de raiz unitária ao nível de 5% de significância das seguintes séries: indústria de transformação, alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos e refino de petróleo e álcool. Na série químico, rejeitamos a hipótese de raiz unitária ao nível de 5% de significância.

Em relação ao modelo com constante e tendência, não foi possível rejeitar a hipótese de raiz unitária ao nível de 5% das seguintes séries: indústria de transformação, alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia e minerais não metálicos. Contudo, rejeitou-se a hipótese de raiz unitária ao nível de 5% de significância das séries químico e refino de petróleo e álcool. Na tentativa de averiguar os resultados da Tabela 4.3, aplicamos novamente o teste ADF na primeira diferença das séries estudadas. Os resultados são mostrados na Tabela 4.4.

De acordo com os resultados mostrados na Tabela 4.4 é possível rejeitar a hipótese de raiz unitária ao nível de 5% de significância, em ambas as situações (modelo com constante e do modelo com constante e tendência).

Tabela 4.4: Resultados do teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF) para a primeira diferença.

	Com constante*		Com constante e tendência**	
	<i>lags</i>	<i>score t</i>	<i>lags</i>	<i>score t</i>
Ind. de transformação	10	-9,781	10	-9,762
Alimentos e bebidas	10	-16,133	10	-16,492
Borracha e plástico	5	-11,137	5	-11,180
Celulose e papel	5	-10,357	5	-10,406
Metalurgia básica	8	-8,836	8	-8,837
Minerais não metálicos	10	-6,953	10	-7,176
Químico	8	-8,154	8	-8,161
Refino de petróleo e álcool	7	-8,845	7	-8,832

(*) valores críticos τ (5%:-2,86; 1%:-3,43)

(**) valores críticos τ (5%:-3,41; 1%:-3,98)

Dando continuidade a análise exploratória, vimos na Subseção 3.1.2 que uma série temporal X_t pode ser representada como uma soma ou produto de pelo menos três componentes não observáveis, a saber: Tendência (T_t), Sazonalidade (S_t) e Resíduos (a_t), como é representado abaixo:

$$X_t = T_t + S_t + a_t \quad (4.1)$$

$$X_t = T_t * S_t * a_t \quad (4.2)$$

Através da decomposição das séries, buscamos a identificação do modelo (aditivo ou multiplicativo) que melhor representa o mecanismo gerador dos dados. Usualmente, esta escolha é realizada através da avaliação residual. Tal procedimento foi realizado pelo *software* R através do método de médias móveis. Detalhes sobre a implementação deste método podem ser encontrados em Zhao (2013).

As Figuras A.9, A.10, A.11, A.12, A.13, A.14, A.15 e A.16 (Apêndice A.2) exibem os resultados da decomposição das séries pelo método multiplicativo. Pode-se observar em cada uma delas as estimativas da sazonalidade, da tendência e os resíduos. A componente periódica das séries corresponde a um período de 12 meses. Geralmente, o segundo semestre concentra os meses de maior produção, enquanto os meses de dezembro a fevereiro apresentam menor produção. Os resultados da decomposição das séries encontram-se resumidos na Tabela 4.5.

Tabela 4.5: Resumo comparativo da decomposição das séries .

	Aditivo				Multiplicativo			
	Min.	Máx.	Média	Desvio padrão	Min.	Máx.	Média	Desvio padrão
Ind. de transformação	-22,81	11,79	0,05	4,70	0,75	1,15	1,00	0,05
Alimentos e bebidas	-46,07	61,47	0,28	14,69	0,63	1,38	1,00	0,11
Borracha e plástico	-62,16	46,15	0,15	14,39	0,59	1,31	1,00	0,11
Celulose e papel	-42,73	24,35	0,02	11,42	0,62	1,23	1,00	0,10
Metalurgia básica	-42,64	24,87	0,09	10,28	0,55	1,29	1,00	0,11
Minerais não metálicos	-27,09	30,58	0,07	10,22	0,81	1,20	1,00	0,07
Químico	-35,68	19,37	0,05	8,44	0,62	1,20	1,00	0,09
Refino de petróleo e álcool	-57,10	36,20	-0,03	12,56	0,02	1,75	0,99	0,23

Em geral, observamos que a decomposição pelo método multiplicativo apresentou resíduos com menores amplitudes, em comparação com o modelo aditivo.

4.3 Análise via DFA

Visando atender os objetivos deste estudo, medimos a correlação de longo alcance através do método *DFA*. Os resultados podem ser vistos na Tabela 4.6 e nas Figuras 4.3, 4.5, 4.7, 4.9, 4.11, 4.13, 4.15 e 4.17.

A interpretação do expoente α deve considerar as seguintes situações:

- $\alpha > 0,50$ – a produção exhibe um comportamento do tipo persistente (altas seguido de altas ou baixas seguido de baixas);
- $\alpha < 0,50$ – a produção exhibe um comportamento do tipo antipersistente (altas seguido de baixas ou baixas seguido de altas);
- $\alpha = 0,50$ – a produção exhibe um comportamento sem memória.

De maneira geral, observamos persistência na séries analisadas. O índice agregado exibiu um expoente igual a 0,83, enquanto o α dos setores minerais não metálicos, celulose e papel, borracha e plástico e refino de petróleo e álcool foram respectivamente 1,13, 1,00, 0,96 e 0,92. Por outro lado, os setores metalurgia e químico foram iguais ($\alpha = 0,85$), enquanto o segmento alimentos e bebidas exibiu um expoente igual a 0,61.

Tabela 4.6: Valores do expoente α para o indicador de produção da indústria de transformação (agregado) e dos setores industriais alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool para o período (Jan/91 a Dez/13).

Setor/Atividade	Expoente α	Erro
Ind. de transformação	0,83*	0,02
Minerais não metálicos	1,13*	0,03
Celulose e papel	1,00*	0,04
Borracha e plástico	0,96*	0,02
Refino de petróleo e álcool	0,92*	0,01
Metalurgia básica	0,85*	0,03
Produtos químicos	0,85*	0,02
Alimentos e bebidas	0,61*	0,03

(*) significativo a 5%.

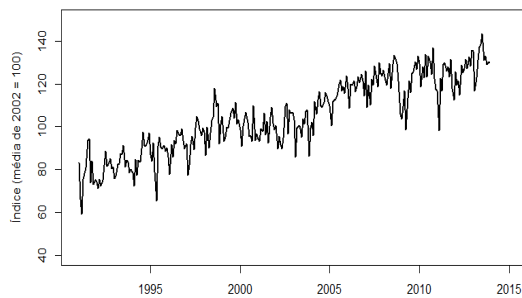


Figura 4.2: Bahia: Índice mensal de produção da indústria de transformação (Jan/91 a Dez/13).

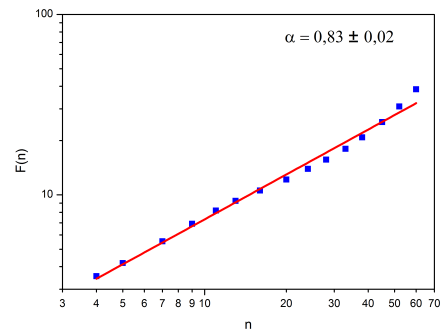


Figura 4.3: F_{DFA} em função de n para o índice de produção da indústria de transformação.

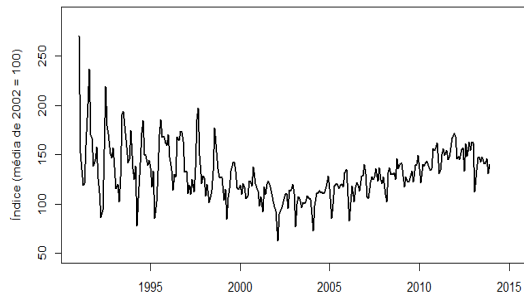


Figura 4.4: Bahia: Índice mensal de produção do setor alimentos e bebidas (Jan/91 a Dez/13).

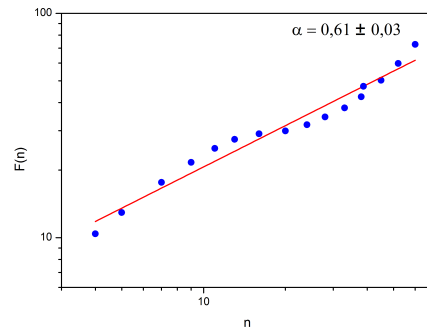


Figura 4.5: F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor alimentos e bebidas.

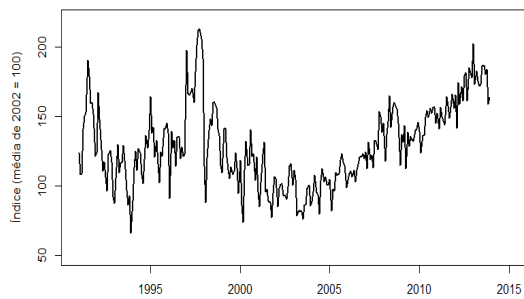


Figura 4.6: Bahia: Índice mensal de produção do setor borracha e plástico (Jan/91 a Dez/13).

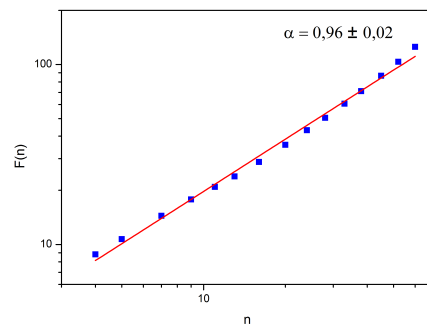


Figura 4.7: F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor borracha e plástico.

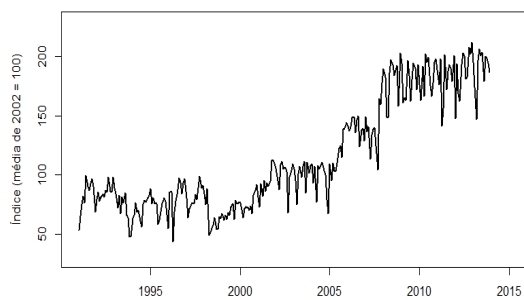


Figura 4.8: Bahia: Índice mensal de produção do setor celulose e papel (Jan/91 a Dez/13).

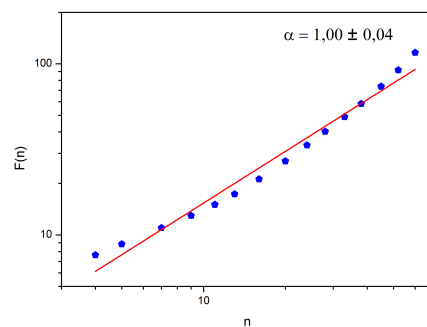


Figura 4.9: F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor celulose e papel.

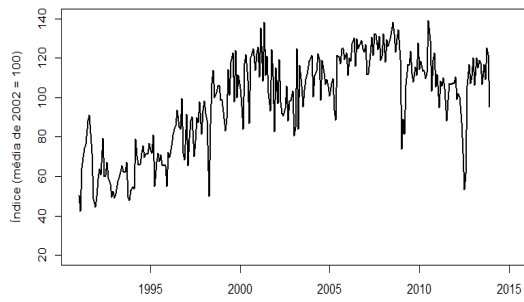


Figura 4.10: Bahia: Índice mensal de produção do setor metalurgia básica (Jan/91 a Dez/13).

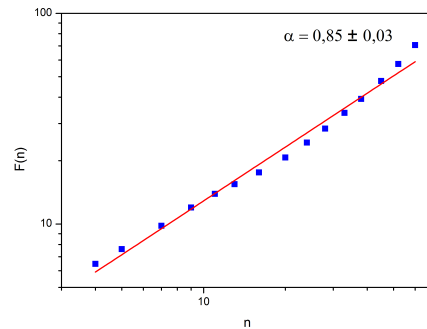


Figura 4.11: F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor metalurgia.

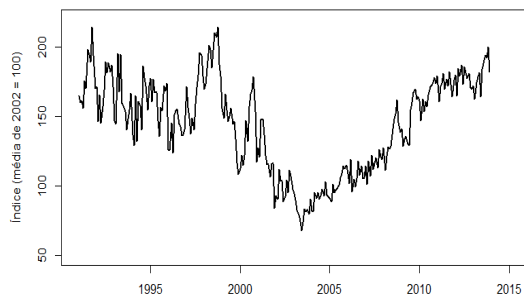


Figura 4.12: Bahia: Índice mensal de produção do setor minerais não metálicos (Jan/91 a Dez/13).

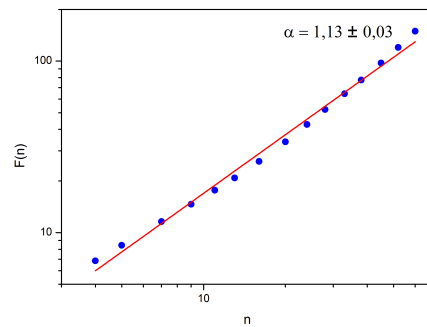


Figura 4.13: F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor minerais não metálicos.

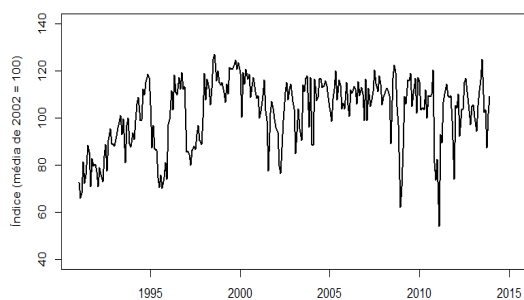


Figura 4.14: Bahia: Índice mensal de produção do setor químico (Jan/91 a Dez/13).

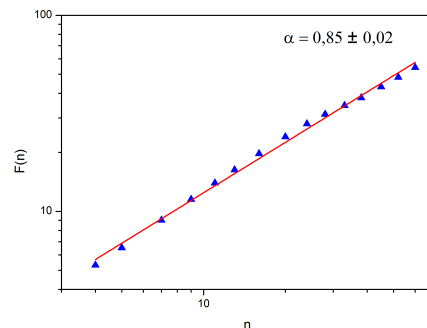


Figura 4.15: F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor químico.

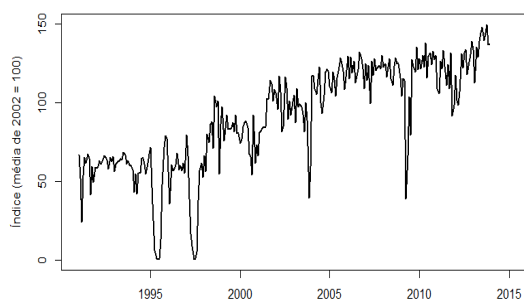


Figura 4.16: Bahia: Índice mensal de produção do setor refino de petróleo e álcool (Jan/91 a Dez/13).

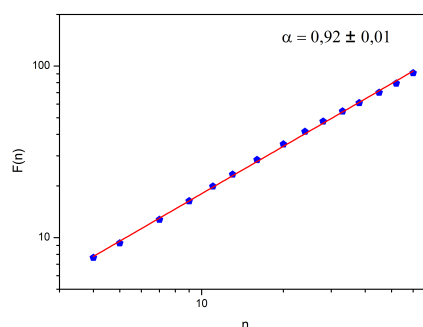


Figura 4.17: F_{DFA} em função de n para o índice de produção do setor refino de petróleo e álcool.

Conforme evidenciado pela aplicação do DFA, as flutuações na produção dos setores industriais analisados são persistentes ($\alpha > 0,50$), isto é, os valores altos tem maior probabilidade de serem seguidos por valores altos, e valores baixos tem maior probabilidade de ser seguidos por valores baixos.

No entanto, com a aplicação do DFA não é possível verificar se as variações são correlacionados. Na próxima seção serão apresentadas a aplicação dos métodos DCCA e ρ_{DCCA} nas séries investigadas.

4.4 DCCA e Coeficiente ρ_{DCCA}

Os resultados da aplicação do método DCCA são apresentados na Tabela 4.7. Observamos que os expoentes das correlações cruzadas entre as séries, em alguns casos, como por exemplo, minerais não metálicos e alimentos e bebidas ($\lambda = 1,00$), apresentaram valores superiores aos expoentes das autocorrelações das séries individuais, mostrando que há forte intensidade nas relações entre os segmentos industriais analisados.

Tabela 4.7: Expoente λ do DCCA no indicador de produção industrial dos segmentos analisados.

	Indústria de transformação	Alimentos e bebidas	Borracha e plástico	Celulose e papel	Metalurgia	Minerais não metálicos	Químico	Refino de petróleo e álcool
Ind. de transformação	–	0,48(0,05)	0,96(0,04)	0,99(0,06)	0,97(0,03)	0,93(0,03)	0,81(0,02)	0,93(0,02)
Alimentos e bebidas	0,48(0,05)	–	1,11(0,06)	0,85(0,14)	(*)	1,00(0,06)	(*)	(*)
Borracha e plástico	0,96(0,04)	1,11(0,06)	–	1,29(0,02)	(*)	1,14(0,03)	(*)	(*)
Celulose e papel	0,99(0,06)	0,85(0,14)	1,29(0,02)	–	0,86(0,05)	1,26(0,06)	(*)	1,05(0,11)
Metalurgia	0,97(0,03)	(*)	(*)	0,86(0,05)	–	(*)	1,14(0,02)	(*)
Minerais não metálicos	0,93(0,03)	1,00(0,06)	1,14(0,03)	1,26(0,06)	(*)	–	0,79(0,10)	(*)
Químico	0,81(0,02)	(*)	(*)	(*)	1,14(0,02)	0,79(0,10)	–	1,18(0,05)
Refino de petróleo e álcool	0,93(0,02)	(*)	(*)	1,05(0,11)	(*)	(*)	1,18(0,05)	–

Nota: (*) não foi possível identificar correlação cruzada de longo alcance pelo método DCCA no período analisado.

Série: ind. de transformação

As séries setoriais apresentaram correlação cruzada persistente com a série da indústria de transformação. A Figura 4.18 exibe os níveis de correlação cruzada das séries, via coeficiente ρ_{DCCA} .

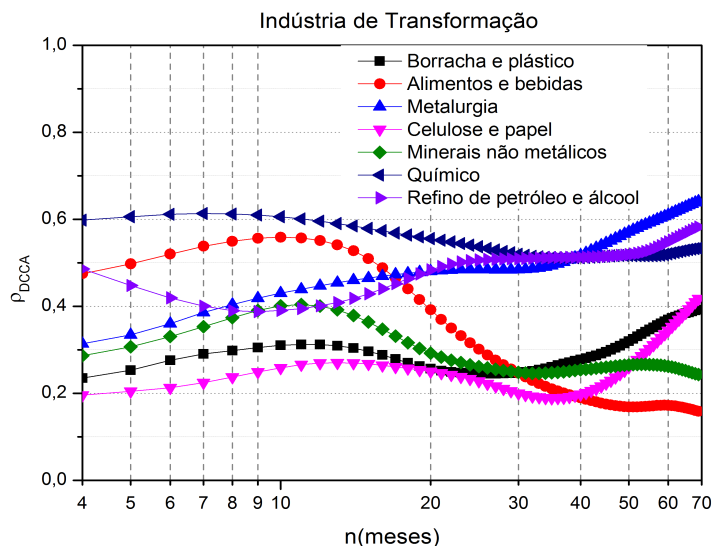


Figura 4.18: Níveis de correlação cruzada da produção da indústria de transformação com os segmentos alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool.

Como era esperado, o coeficiente de correlação cruzada (Figura 4.18) mostrou-se positivo para todas as séries. Observamos também que em grandes escalas de tempo os segmentos metalurgia, químico e refino de petróleo e álcool exibiram maior grau de intensidade nas correlações. Enquanto os segmentos alimentos e bebidas e químico apresentaram os maiores níveis de correlação em pequenas escalas (ver Tabela 4.8).

Tabela 4.8: Ind. de transformação: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA} .

	$n \leq 12$	$12 < n \leq 24$	$24 < n \leq 60$	$n > 60$
Alimentos e bebidas	0,53	0,43	0,20	0,17
Borracha e plástico	0,29	0,27	0,29	0,38
Celulose e papel	0,24	0,25	0,24	0,39
Metalurgia	0,39	0,47	0,54	0,63
Minerais não metálicos	0,36	0,32	0,26	0,25
Químico	0,61	0,56	0,52	0,53
Refino de petróleo e álcool	0,41	0,46	0,52	0,57

Os segmentos borracha e plástico, celulose e papel e minerais não metálicos mostraram menor intensidade ($\rho_{DCCA} < 0,50$) nas correlações para pequenas e grandes escalas.

Série: alimentos e bebidas

A produção de alimentos e bebidas apresentou correlação cruzada persistente com as produção dos setores borracha e plástico ($\lambda = 1,11$), minerais não metálicos ($\lambda = 0,85$) e celulose e papel ($\lambda = 1,00$), conforme a Tabela 4.7.

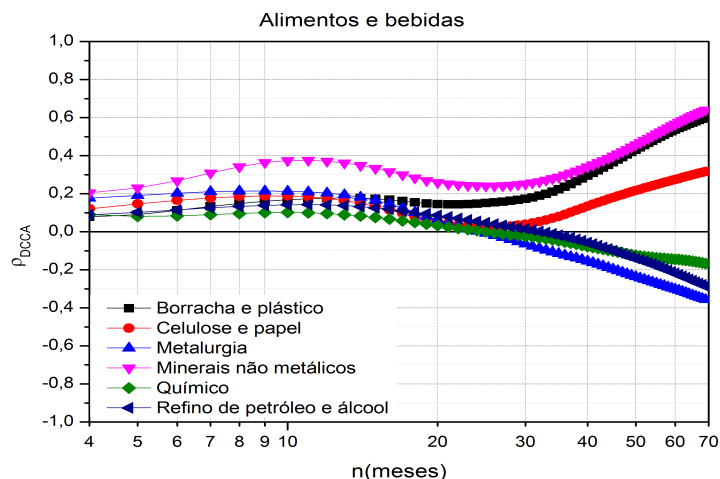


Figura 4.19: Níveis de correlação cruzada da produção de alimentos e bebidas com os segmentos borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool.

Com base na análise dos resultados exibidos na Figura 4.19, verificamos a existência de correlação cruzada entre os setores industriais estudados. Destacamos que os segmentos borracha e plástico e minerais não metálicos apresentaram correlações superiores a 0,5 ($\rho_{DCCA} > 0,5$), em intervalos superiores a 60 meses (Tabela 4.9). Ademais, os segmentos metalurgia, químico e refino de petróleo e álcool apontaram correlação em pequenas escalas ($n < 25$) e anti correlação em grandes escalas ($n > 24$).

Tabela 4.9: Alimentos e bebidas: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA} .

	$n \leq 12$	$12 < n \leq 24$	$24 < n \leq 60$	$n > 60$
Borracha e plástico	0,14	0,16	0,33	0,58
Celulose e papel	0,17	0,08	0,15	0,30
Metalurgia	0,20	0,10	-0,17	-0,33
Minerais não metálicos	0,32	0,29	0,38	0,61
Químico	0,09	0,05	-0,08	-0,16
Refino de petróleo e álcool	0,13	0,10	-0,08	-0,26

Série: borracha e plástico

A produção do segmento borracha e plástico exibiu correlação cruzada persistente com as produção dos setores celulose e papel ($\lambda = 1,29$) e minerais não metálicos ($\lambda = 1,14$) (Tabela 4.7). O nível de correlação encontra-se sintetizado na Figura 4.20 e Tabela 4.10, a seguir.

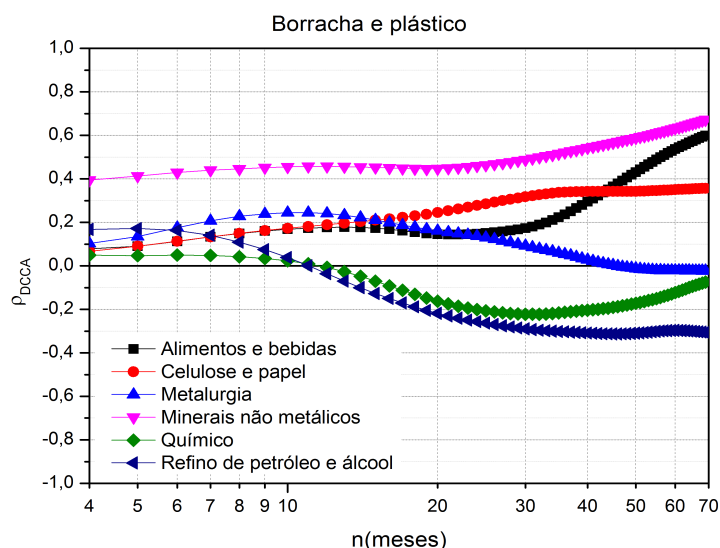


Figura 4.20: Níveis de correlação cruzada da produção de borracha e plástico com os setores alimentos e bebidas, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool.

Conforme exibido na Figura 4.20, verificamos que as correlações entre a produção dos segmentos industriais analisados são persistentes e estatisticamente significativas. Com base na Tabela 4.10, observou-se que para grandes escalas temporais os setores alimentos e bebidas e minerais não metálicos apresentaram maior grau de intensidade nas correlações ($\rho_{DCCA} > 0,5$). Por outro lado, os setores celulose e papel e metalurgia exibiram correlação em pequenos intervalos e anti correlação para grandes intervalos de tempo.

Tabela 4.10: Borracha e plástico: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA} .

	$n \leq 12$	$12 < n \leq 24$	$24 < n \leq 60$	$n > 60$
Alimentos e bebidas	0,14	0,16	0,33	0,58
Celulose e papel	0,14	0,24	0,34	0,35
Metalurgia	0,20	0,18	0,03	-0,02
Minerais não metálicos	0,44	0,45	0,55	0,66
Químico	0,03	-0,13	-0,19	-0,09
Refino de petróleo e álcool	0,09	-0,18	-0,30	-0,30

Série: celulose e papel

De acordo com a Tabela 4.7, a produção de celulose e papel apresentou correlação cruzada persistente com as produção dos setores metalurgia ($\lambda = 0,86$), minerais não metálicos ($\lambda = 1,26$) e refino de petróleo e álcool ($\lambda = 1,05$).

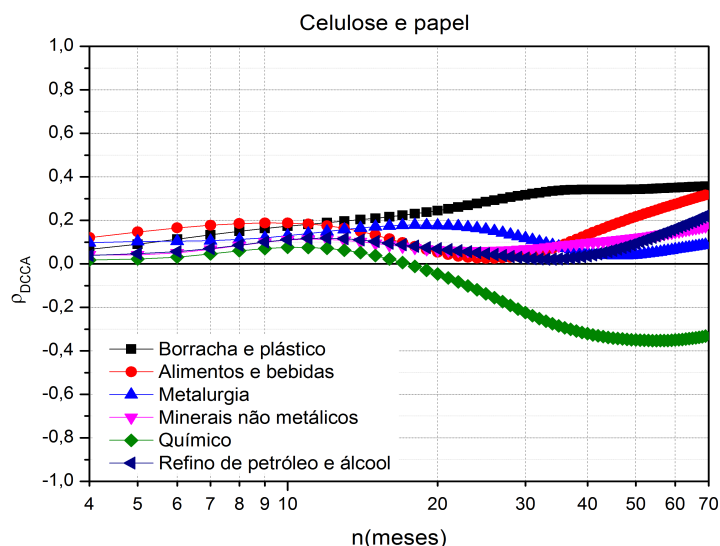


Figura 4.21: Níveis de correlação cruzada da produção de celulose e papel com os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico, metalurgia, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool.

Ao analisar o grau das correlações (Figura 4.21), verificamos a existência de correlação cruzada entre os segmentos analisados e ainda mais, constatou-se que os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico, metalurgia, minerais não metálicos e refino de petróleo e álcool exibiram correlações positivas em pequenos e em grandes intervalos de tempo. Por outro lado, o setor químico mostrou-se anti correlacionado em grandes escalas de tempo ($n > 24$).

Tabela 4.11: Celulose e papel: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA} .

	$n \leq 12$	$12 < n \leq 24$	$24 < n \leq 60$	$n > 60$
Alimentos e bebidas	0,17	0,08	0,15	0,30
Borracha e plástico	0,14	0,24	0,34	0,35
Metalurgia	0,12	0,17	0,07	0,08
Minerais não metálicos	0,08	0,08	0,10	0,16
Químico	0,05	-0,02	-0,30	-0,34
Refino de petróleo e álcool	0,08	0,08	0,07	0,20

Série: metalurgia

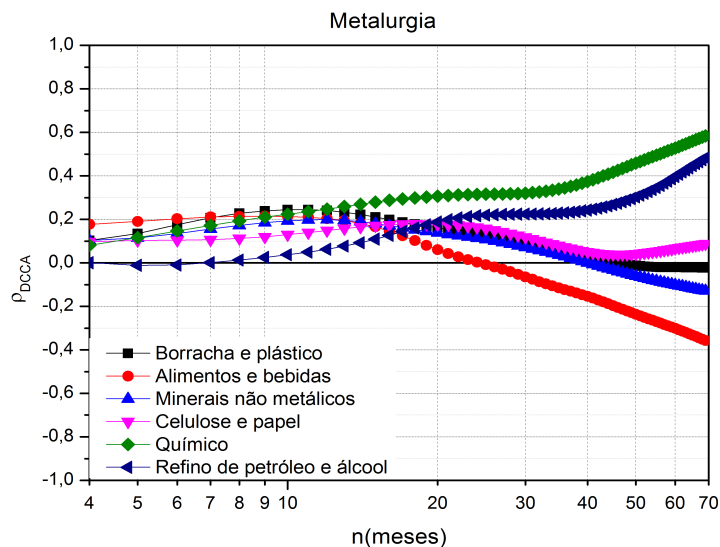


Figura 4.22: Níveis de correlação cruzada da produção de metalurgia com os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool.

Com base na Figura 4.22, constatamos a existência de correlação cruzada entre os segmentos analisados. Os setores químico e refino de petróleo apresentaram as maiores correlações para longas escalas de tempo (ver Tabela 4.12). Observou-se ainda, que os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico e minerais não metálicos exibiram correlação em pequenas escalas e anti correlação em grandes intervalos de tempo. Enquanto os segmentos celulose e papel, químico e refino de petróleo e álcool apresentaram correlação em pequenas e em grandes escalas.

Tabela 4.12: Metalurgia: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA} .

	$n \leq 12$	$12 < n \leq 24$	$24 < n \leq 60$	$n > 60$
Alimentos e bebidas	0,20	0,10	-0,17	-0,33
Borracha e plástico	0,20	0,18	0,03	-0,02
Celulose e papel	0,12	0,17	0,07	0,08
Minerais não metálicos	0,16	0,15	-0,01	-0,12
Químico	0,18	0,30	0,40	0,56
Refino de petróleo e álcool	0,02	0,16	0,27	0,45

Ademais, tendo com base os resultados do método DCCA, observamos um expoente de correlação cruzada persistente com a produção de produtos químicos ($\lambda = 1,14$) e a produção de celulose e papel ($\lambda = 0,86$).

Série: minerais não metálicos

De acordo com a Tabela 4.7, a produção de minerais não metálicos apresentou correlação cruzada persistente com as produção dos setores alimentos e bebidas ($\lambda = 1,00$), borracha e plástico ($\lambda = 1,14$), celulose e papel ($\lambda = 1,26$) e químico ($\lambda = 0,79$).

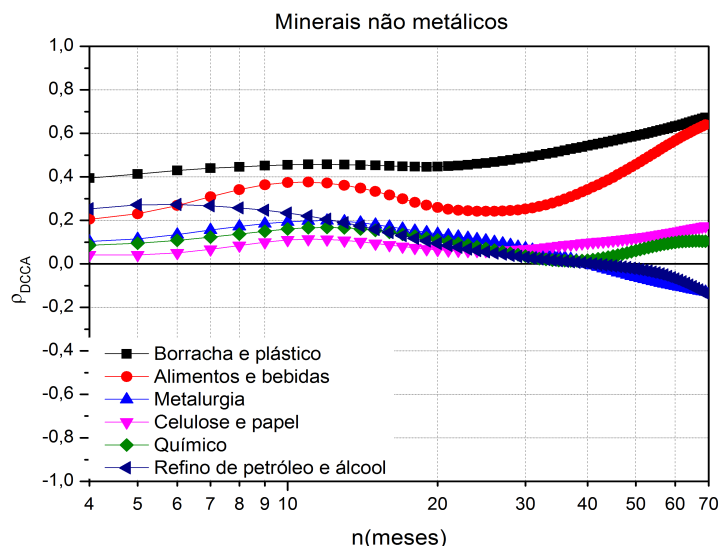


Figura 4.23: Níveis de correlação cruzada da produção de minerais não metálicos com os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, químico e refino de petróleo e álcool.

Em relação às correlações (Figura 4.23), observamos os coeficientes de correlação cruzada foram estatisticamente significativos. Os segmentos alimentos e bebidas e borracha e plástico exibiram correlação em pequenas e em grandes escalas de tempo, sendo que os coeficientes médios para grandes intervalos foram maiores que 0,5 (ver Tabela 4.13). Por outro lado, os segmentos químico e refino de petróleo e álcool exibiram anti correlação em grandes escalas temporais.

Tabela 4.13: Minerais não metálicos: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA} .

	$n \leq 12$	$12 < n \leq 24$	$24 < n \leq 60$	$n > 60$
Alimentos e bebidas	0,32	0,29	0,38	0,61
Borracha e plástico	0,44	0,45	0,55	0,66
Celulose e papel	0,08	0,08	0,10	0,16
Metalurgia	0,16	0,15	-0,01	-0,12
Químico	0,13	0,12	0,05	0,10
Refino de petróleo e álcool	0,25	0,12	-0,01	-0,11

Série: químico

A produção do segmento químico exibiu correlação cruzada persistente (Tabela 4.7) com as produção dos setores metalurgia ($\lambda = 1,14$), minerais não metálicos ($\lambda = 0,79$) e refino de petróleo e álcool ($\lambda = 1,18$).

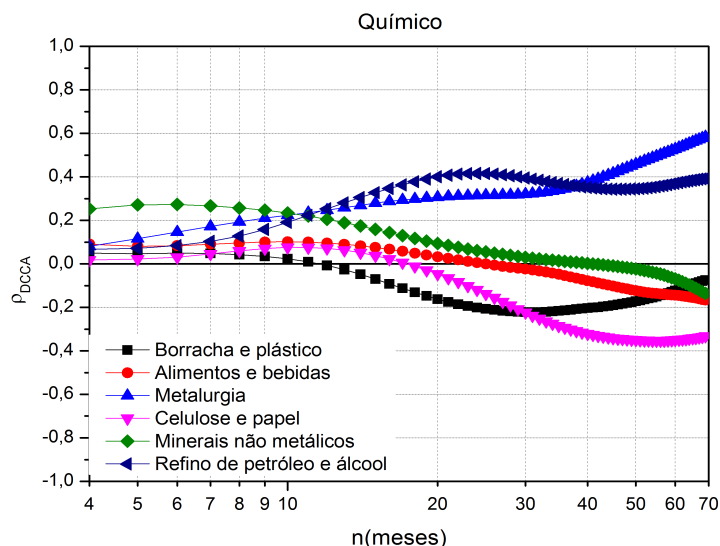


Figura 4.24: Níveis de correlação cruzada da produção de químico com os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos e refino de petróleo e álcool.

Conforme pode ser observado na Figura 4.24, os coeficientes de correlação cruzada foram estatisticamente significativos. Os segmentos metalurgia e refino de petróleo e álcool apresentaram correlação em grandes intervalos de tempo ($\rho_{DCCA} > 0,50$) (ver Tabela 4.14). Por outro lado, os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico e celulose e papel e minerais não metálicos apresentaram anti correlação para grandes intervalos de tempo.

Tabela 4.14: Químico: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA} .

	$n \leq 12$	$12 < n \leq 24$	$24 < n \leq 60$	$n > 60$
Alimentos e bebidas	0,09	0,05	-0,08	-0,16
Borracha e plástico	0,03	-0,13	-0,19	-0,09
Celulose e papel	0,05	-0,02	-0,30	-0,34
Metalurgia	0,18	0,30	0,40	0,56
Minerais não metálicos	0,25	0,12	-0,01	-0,11
Refino de petróleo e álcool	0,14	0,37	0,36	0,38

Série: refino de petróleo e álcool

De acordo com a Tabela 4.7, a produção de derivados de petróleo e álcool apresentou correlação cruzada persistente com as produção dos setores celulose e papel ($\lambda = 1,05$) e químico ($\lambda = 1,18$).

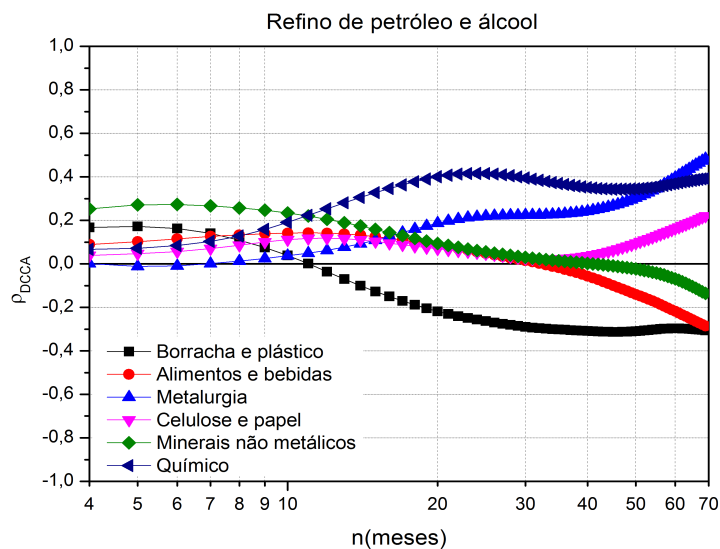


Figura 4.25: Níveis de correlação cruzada da produção de refino de petróleo e álcool com os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos e químico.

Ao analisar as correlações (Figura 4.25), verificamos que os segmentos celulose e papel, metalurgia e químico apresentaram coeficientes positivos em pequenas e em grandes escalas de tempo. Por outro lado, os setores alimentos e bebidas, borracha e plástico e minerais não metálicos exibiram anti correlação em grandes intervalos temporais (ver Tabela 4.15).

Tabela 4.15: Refino de petróleo e álcool: valores médios do coeficiente ρ_{DCCA} .

	$n \leq 12$	$12 < n \leq 24$	$24 < n \leq 60$	$n > 60$
Alimentos e bebidas	0,13	0,10	-0,08	-0,26
Borracha e plástico	0,09	-0,18	-0,30	-0,30
Celulose e papel	0,08	0,08	0,07	0,20
Metalurgia	0,02	0,16	0,27	0,45
Minerais não metálicos	0,25	0,12	-0,01	-0,11
Químico	0,14	0,37	0,36	0,38

Considerações finais

O presente estudo avaliou as propriedades de correlação de longo alcance na atividade da indústria de transformação da Bahia, afim de caracterizar empiricamente o comportamento exibido pela atividade deste importante setor industrial. Ao analisar o expoente que caracteriza correlação de longo alcance a partir do DFA, verificamos que a produção do referido setor industrial, bem como os segmentos alimentos e bebidas, borracha e plástico, celulose e papel, metalurgia, minerais não metálicos, químico e refino de petróleo e álcool, apresentaram flutuações com um comportamento persistente, sejam elas periódicas ou não.

Os resultados do método DCCA indicaram correlação cruzada de longo alcance persistente em, praticamente, todos os cruzamentos realizados, a exceto entre o índice geral (agregado) e o segmento alimentos e bebidas, que exibiu um expoente de correlação igual 0,48. Com base neste resultado é possível inferir que as oscilações na produção de alimentos e bebidas não afetam o cômputo do índice agregado do setor. Entretanto, através da aplicação do coeficiente ρ_{DCCA} , confirmamos a inexistência de correlação cruzada apenas para grandes escalas temporais, pois em pequenos intervalos de tempo ($n \leq 12$) observamos persistência (ρ_{DCCA} médio igual a 0,53).

Além disso, identificamos alguns comportamentos específicos, que em sua maioria são caracterizados por mudança de sentido nas correlações, passando de correlacionado para anti correlacionado e vice-versa, como por exemplo, refino de petróleo e álcool e borracha e plástico (pequenos intervalos apresentou um ρ_{DCCA} médio igual a 0,25 e em grandes escalas ρ_{DCCA} médio igual a -0,30). Outro exemplo é alimentos e bebidas e metalurgia, cujo ρ_{DCCA} médio foi igual a 0,20 em pequenas escalas e em grandes intervalos -0,33.

O índice geral, além do segmento alimentos e bebidas, exibiu correlação cruzada persistente com o segmento químico em pequenas e em grandes escalas temporais (ρ_{DCCA} médio igual a 0,56). Para grandes escalas tal índice apresentou correlação cruzada persistente com os setores metalurgia ($\rho_{DCCA} = 0,63$) e refino de petróleo e álcool ($\rho_{DCCA} = 0,57$).

Em longos períodos de tempo, encontramos correlação cruzada persistente entre os segmentos alimentos e bebidas (bens não duráveis), borracha e plástico e minerais não metálicos, ambos produtores de bens intermediários e entre os setores químico, refino de petróleo e álcool e metalurgia (bens intermediários).

Concluindo, esperamos que esta dissertação possa, de alguma forma, oferecer subsídios

para a tomada de decisão dos industriários, no sentido de fornecer uma nova proposta de avaliação das métricas de produção dos setores específicos da indústria de transformação para, então, facilitar o processo de planejamento estratégico das empresas industriais do estado.

Ademais, almeja-se contribuir com futuros estudos sobre a atividade da indústria como um todo, pois até o momento desconhecemos a existência de trabalhos desenvolvidos utilizando técnicas estatísticas mais sofisticadas.

Como atividade futura tem-se um campo vasto para análise de séries temporais, pretende-se ampliar o estudos para os demais estados do país e avaliar o impacto de outras variáveis econômicas, a exemplo de câmbio, taxa de juros SELIC, inflação, mercado financeiro e etc. Haja visto, que grandes variações nessas variáveis possa, de alguma forma, impactar no resultado da indústria local.

Séries Temporais

A.1 Estacionariedade

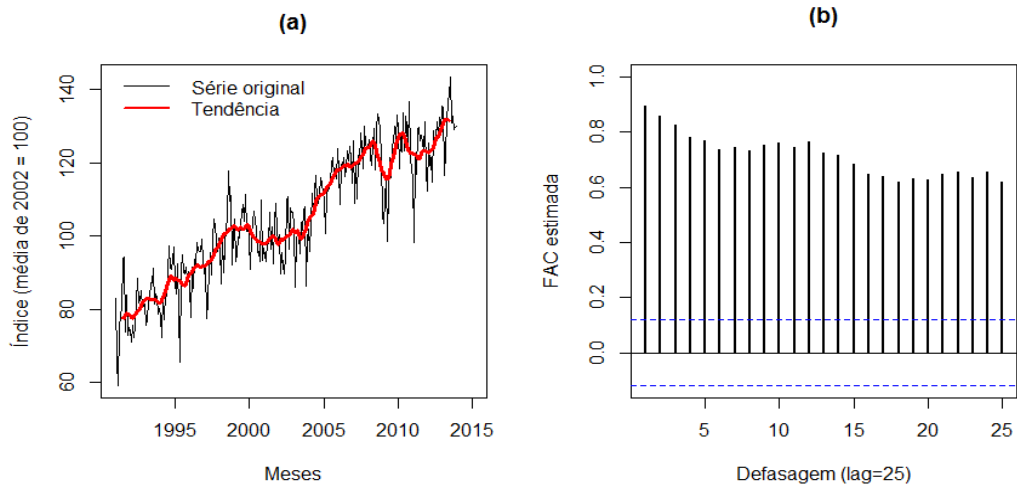


Figura A.1: Bahia: Índice de produção da indústria de transformação (a). Correlograma (gráfico b)

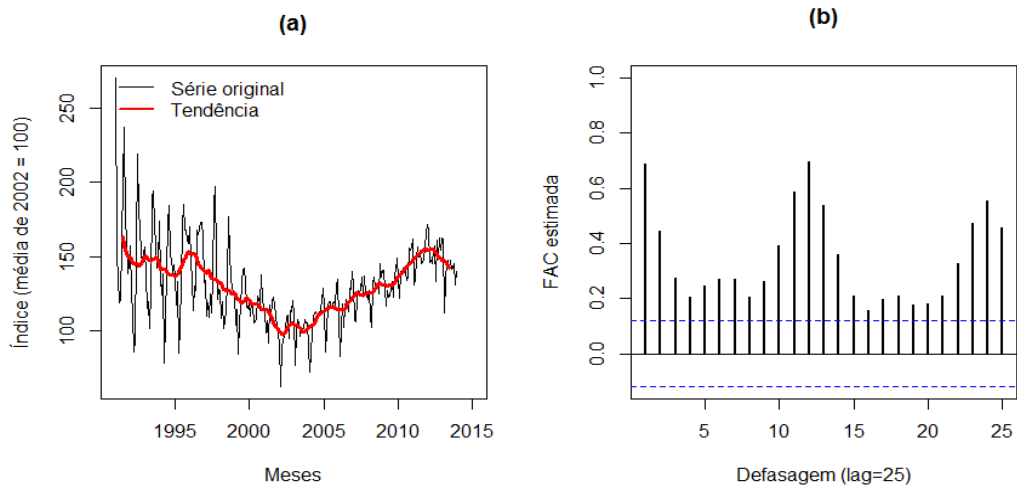


Figura A.2: Bahia: Índice de produção do setor alimentos e bebidas (a). Correlograma (gráfico b)

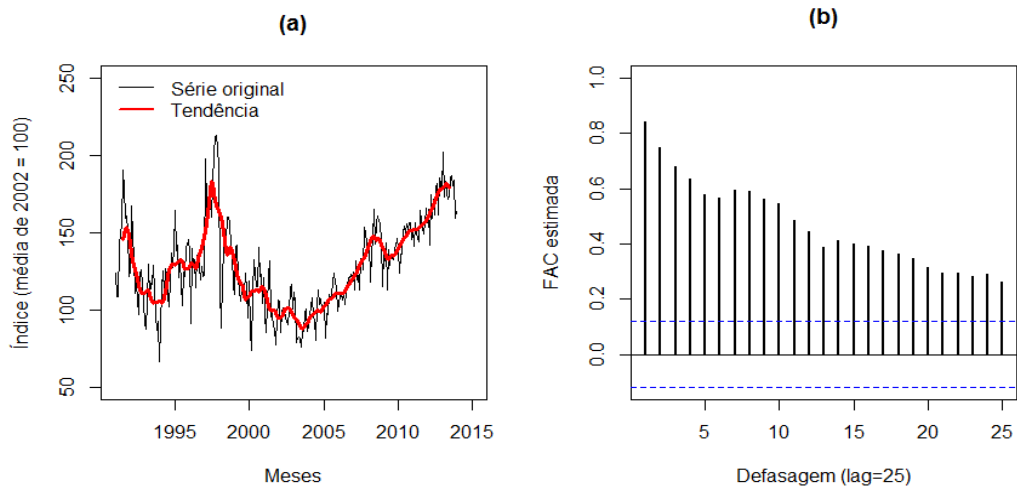


Figura A.3: Bahia: Índice de produção do setor borracha e plástico (a). Correlograma (gráfico b)

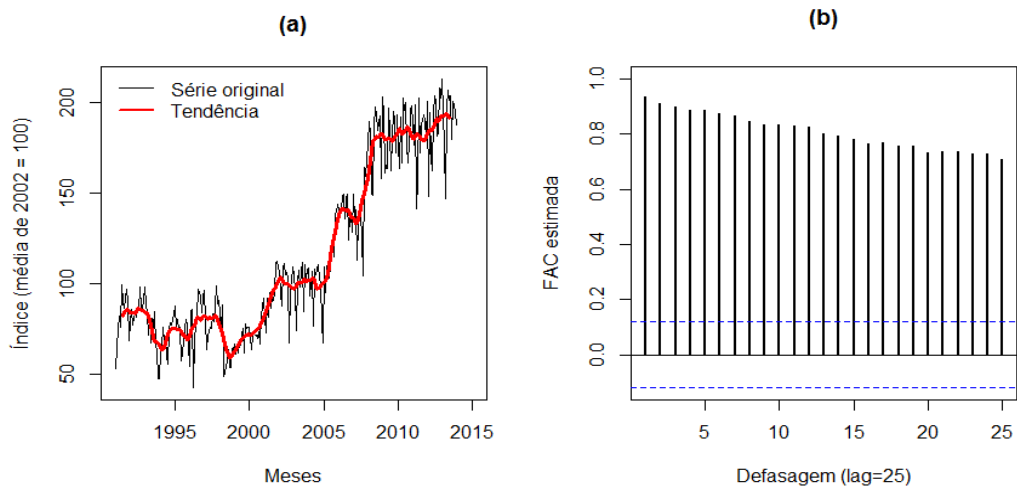


Figura A.4: Bahia: Índice de produção do setor celulose e papel (a). Correlograma (gráfico b)

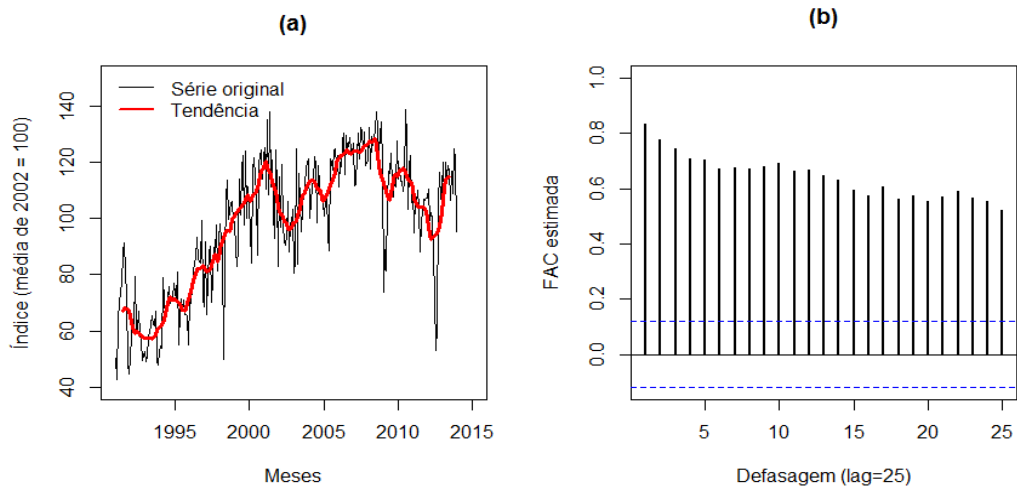


Figura A.5: Bahia: Índice de produção do setor metalurgia (a). Correlograma (gráfico b)

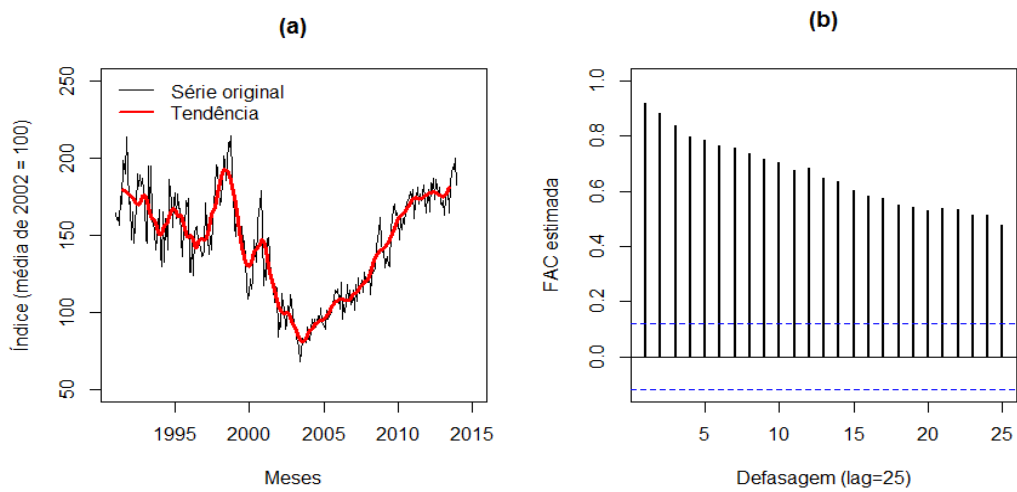


Figura A.6: Bahia: Índice de produção do setor minerais não metálicos (a). Correlograma (gráfico b)

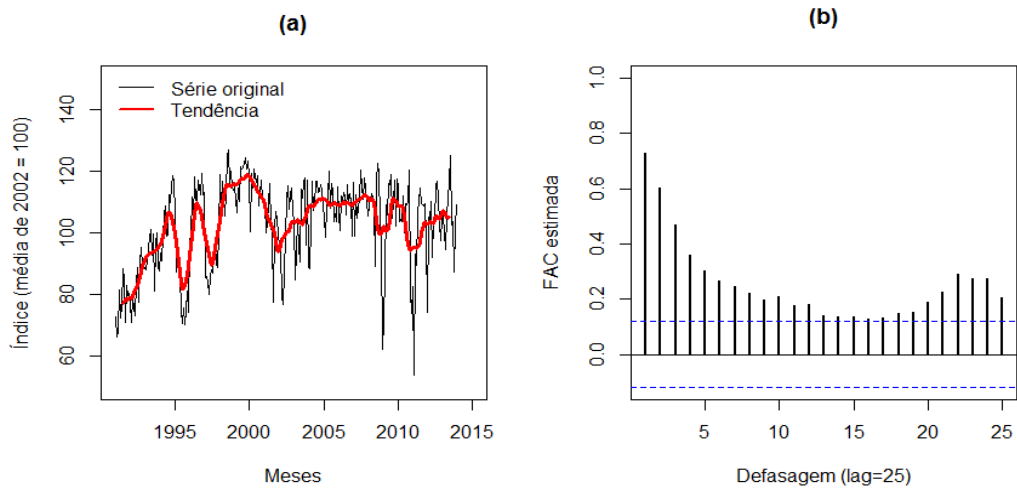


Figura A.7: Bahia: Índice de produção do setor químico (a). Correlograma (gráfico b)

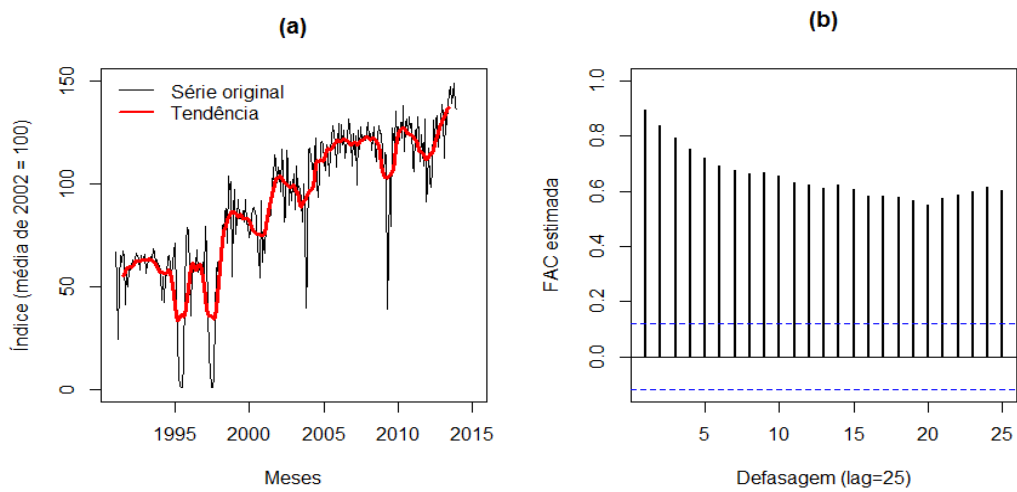


Figura A.8: Bahia: Índice de produção do setor refino de petróleo e álcool (a). Correlograma (gráfico b)

A.2 Decomposição das séries

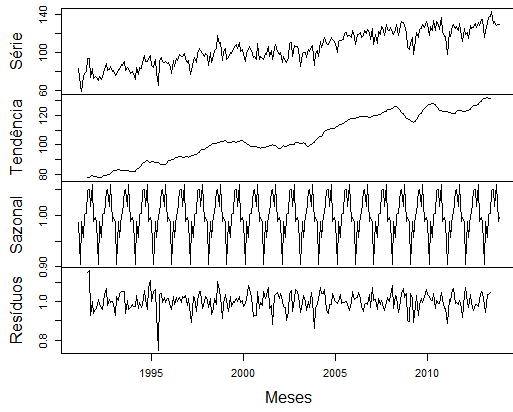


Figura A.9: Decomposição da série indústria de transformação.

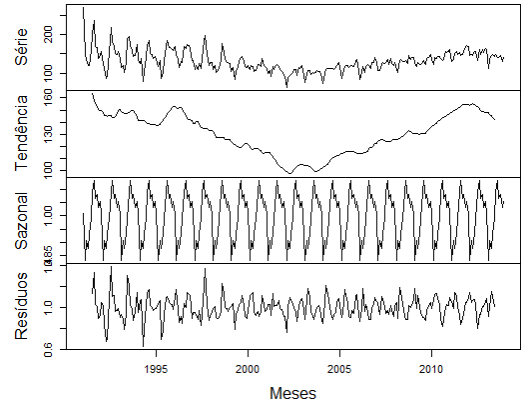


Figura A.10: Decomposição da série alimentos e bebidas.

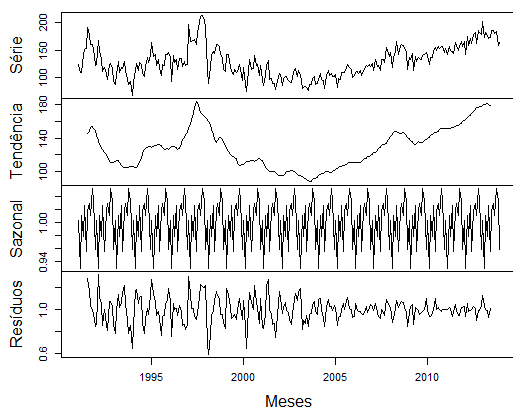


Figura A.11: Decomposição da série borracha e plástico.

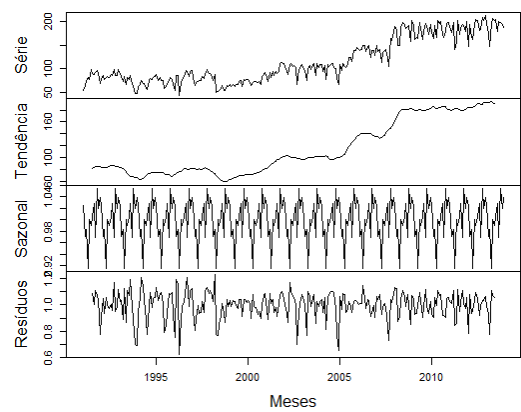


Figura A.12: Decomposição da série celulose e papel.

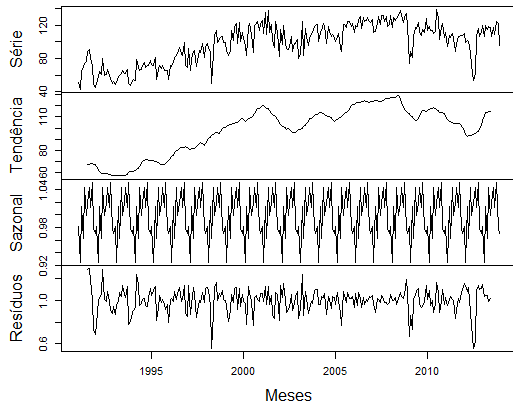


Figura A.13: Decomposição da série metalurgia.

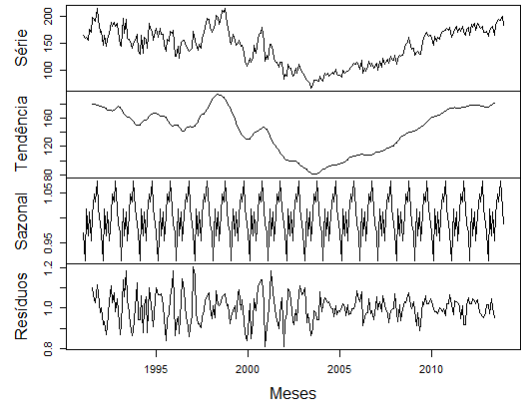


Figura A.14: Decomposição da série minerais não metálicos.

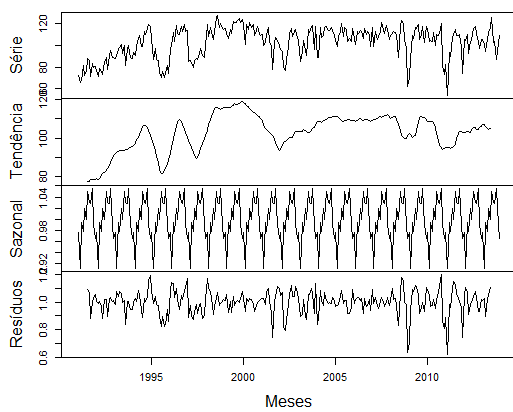


Figura A.15: Decomposição da série químico.

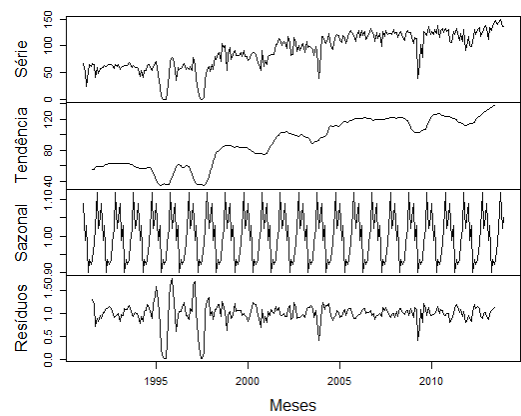


Figura A.16: Decomposição da série refino de petróleo e álcool.

Referências Bibliográficas

- AIUBE, F. A. L. *Econometria para Séries Financeiras*. Rio de Janeiro, 2007.
- ANTENEODO, C. *Processos Estocásticos*. Rio de Janeiro, 2004. V Escola do Centro Brasileiro de pesquisas Físicas. Disponível em: <<http://mesonpi.cat.cbpf.br/e2004/docs/PG2-cban.pdf>>.
- ARAÚJO, J. F. S. *Um indicador coincidente para o ciclo de crescimento da produção industrial brasileira*. 45 f. — Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação e Pesquisa em Administração e Economia. Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, 2011.
- BISGAARD, S.; KULAHCI, M. *Time Series Analysis and Forecasting by Example*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.
- BOX, G.; COX, D. R. An analysis of transformations. *Journal of the Royal Statistical Society*, v. 26, n. 2, p. 211–252, 1964.
- BROCKWELL, P. J.; DAVIS, R. A. *Time Series: Theory and Methods*. 2. ed. New York - EUA: Springer, 2006.
- CARVALHO, F. J. C.; HERMANNY, P. F. Ciclos e previsão cíclica: O debate teórico e um modelo de indicadores antecedentes para a economia brasileira. *Revista Análise Econômica*, v. 21, n. 39, 2003.
- CASTEL-BRANCO, C. N. *Economia Extractiva e Desafios de Industrialização em Moçambique*. Moçambique, Maputo: Instituto de Estudos Sociais e Económicos (IESE), 2010. (Cadernos IESE).
- CAVALCANTE, L. R. *A era da indústria: a economia baiana na segunda metade do século XX*. Salvador - Bahia: Federação das Indústrias do Estado da Bahia, 2008. 201 p. (Prêmio FIEB de Economia).
- CHATFIELD, C. *Times Series Forecasting*. EUA: Chapman & Hall/CRC, 2000.
- CHAUVET, M. Indicadores antecedentes da inflação brasileira. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, v. 31, n. 1, p. 43–74, 2001.
- CNI. *200 anos de Indústria no Brasil: de 1808 a século XXI: 70 anos da Confederação Nacional da Indústria*. Rio de Janeiro: EMC, 2008.
- CNI, C. N. da I. *História da Moderna Indústria Brasileira*. Rio de Janeiro: Jornal do Brasil, 1986.

CORREIA, L. B. *Sincronia dos Ciclos Econômicos Regionais: Um estudo de caso aplicado aos estados brasileiros*. 128 f. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-graduação em Economia. Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2012.

COWPERTWAIT, P. S. *Introductory Time Series with R*. EUA: Springer, 2006.

CROMWELL, J. B.; LABYS, W. C.; TERRAZA, M. *Univariate Tests for Time Series Models*. California - EUA: Sage Publications, 1994. (Quantitative Applications in the Social sciences, 99).

DINIZ, A. M. F. A. *Séries Temporais de Memória Longa com Aplicações ao Controle Motor: Estudo de Tarefas de Tapping Repetido*. 177 f. Tese (Doutorado) — Programa de pós-graduação em Motricidade Humana. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

EHLERS, R. S. *Análise de Séries Temporais*. Curitiba: Laboratório de Estatística e Geoinformação, Universidade Federal do Paraná, 2009.

ENDERS, W. *Applied Econometric Time Series*. 2. ed. EUA: John Wiley & Sons, 2004.

ESQUIVEL, R. M. *Análise Espectral Singular: modelagem de séries temporais através de estudos usando diferentes estratégias de previsão*. 161 f. — Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial. Faculdade SENAI CIMATEC, Salvador, 2012.

FARIAS, A. M. L. de; LAURENCEL, L. da C. *Números Índices*. Rio de Janeiro, Maio 2005. Disponível em: <<http://www.uff.br/ieeamariafarias/numerosindices.pdf>>.

FIGUEIREDO, D. B. F.; SILVA, J. A. da J. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). *Revista Política Hoje*, v. 18, n. 1, 2009.

FILHO, A. M.; SILVA, M. F. da; ZEBENDE, G. Autocorrelation and cross-correlation in time series of homicide and attempted homicide. *Physica A*, v. 400, p. 12–19, 2014.

FILHO, A. M. da S. *Correlação de Longo Alcance em Indicadores de Criminalidade de Salvador-BA: DFA E DCCA*. 129 f. — Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial. Faculdade SENAI CIMATEC, Salvador, 2009.

FULLER, W. A. *Introduction to Statistical Time Series*. 2. ed. EUA: John Wiley & Sons, 1996.

GREENE, W. H. *Econometric Analysis*. 5. ed. New Jersey - EUA: Prentice Hall, 2003.

GUJARATI, D. *Econometria Básica*. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 2000.

HARRIS, R.; SOLLIS, R. *Applied Time Series Modelling and Forecasting*. England: John Wiley & Sons, 2003.

- HOLLAUER, G.; ISSLER, J. Construção de indicadores coincidentes para a atividade industrial brasileira e comparação de metodologias. *IPEA*, 2006.
- HOLLAUER, G.; ISSLER, J. V.; NOTINI, H. H. Novo indicador coincidente para a atividade industrial brasileira. *Economia Aplicada*, v. 13, n. 1, p. 5–27, 2009.
- HURST, H. Long term storage capacity of reservoirs. *Transactions of the American Society of Civil Engineers*, n. 116, p. 770–799, 1951.
- IBGE. *Indicadores Conjunturais da Indústria - Produção*. Rio de Janeiro, 2004. (Séries Relatórios Metodológicos).
- JARQUE, C. M.; BERA, A. K. Efficient tests for normality, homoscedasticity and serial independence of regression residuals. *Economics Letters*, v. 255-259, n. 6, 1980.
- JUNIOR, A. M. C. C. *Indicadores antecedentes de atividade industrial no Brasil*. 77 f. — Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Finanças e Economia. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2008.
- KON, A. *Economia Industrial*. São Paulo: Nobel, 2003.
- KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. *Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticos no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 2002.
- LIMA, H. F. *Industrialistas Brasileiros: Mauá, Rui Barbosa, Roberto Simonsen*. São Paulo: Alfa-Omega, 1976.
- LIMA, I. C. de. *Ciclos econômicos e previsão cíclica: Um estudo de indicadores antecedentes para a economia brasileira*. 247 f. — Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Economia. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.
- LJUNG, G. M.; BOX, G. E. P. On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*, v. 65, n. 2, p. 297–303, 1978.
- LUCAMBIO, F. *Diferentes testes para verificar normalidade de uma amostra aleatória*. Paraná, 2008. Disponível em: http://people.ufpr.br/~lucambio/CE225/2S2009-/Normal_test.pdf.
- MANDELBROT, B. Statistical methodology for nonperiodic cycles: From the covariance to r/s analysis. *Annals of Economic and Social Measurement*, v. 1, n. 3, p. 259–290, 1972.
- MANDELBROT, B. B. *Fractals and Scaling in Finance: discontinuity, concentration, risk*. New York - EUA: Springer, 1997.
- MANTEGNA, R. N.; STANLEY, H. E. *AN INTRODUCTION TO ECONOPHYSICS: Correlations and Complexity in Finance*. United Kingdom: Cambridge University Press, 2000.

- MARKWALD, R.; MOREIRA, A. R. B.; PEREIRA, P. L. V. Previsão do nível e ciclo da produção industrial. *Instituto de Planejamento Econômico e Social*, n. 161, 1988.
- MARKWALD, R. A.; MOREIRA, A. R. B.; PEREIRA, P. L. V. Previsão da produção industrial: indicadores antecedentes e modelos de série temporal. *Revista Pesquisa e Planejamento Econômico*, V.19, p. 233–254, 1989.
- MARTINS, T. M. *Ciclos e previsão cíclica dos preços das commodities: um modelo de indicador antecedente para a commodity açúcar*. 151 f. Tese (Doutorado) — Programa de pós-graduação em Administração. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- MELO, G. R. de; SOUZA, C. A. de; SOUZA, D. M. de; STOSIC, T.; STOSIC, B. *Análise de Índice de Seca para Nordeste do Brasil*. 2010. Disponível em: <<http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Analise%20de%20%C3%ADndice%20de%20seca%20para%20Nordeste%20do%20Brasil.pdf>>.
- MENDES, C. M.; TREDEZINI, C. A. de O.; BORGES, F. T. de M.; FAGUNDES, M. B. B. *Economia (Introdução)*. Florianópolis: UFSC, 2007.
- MILONE, G. *Estatística Geral e Aplicada*. São Paulo: Thomson Learning, 2006.
- MORAIS, I. A. C. de; FRAINER, V. Uma investigação sobre o ciclo dos negócios na indústria da bahia. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 36, n. 3, 2005.
- MORAIS, I. A. C. de; PORTUGAL, M. S. Um novo índice coincidente para a atividade industrial do estado do rio grande do sul. *Estudos Econômicos*, v. 37, p. (1): 35–70, jan-mar 2007.
- MOREIRA, R. J. S. *Análise das Características de Ruído em Séries Temporais GPS*. 166 f. — Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Geográfica. Universidade de Lisboa, Lisboa, 2013.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. *Análise de Séries Temporais*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher/ABE-Projeto Fisher, 2006.
- NOTINI, H. H. *Ensaio Sobre Ciclos de Negócios*. 154 f. Tese (Doutorado) — Programa de Pós-graduação em Economia. Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2009.
- PALMA, W. *Time Series: Theory and Methods*. New Jersey - EUA: Wiley & Sons, 2007. (Wiley Series in probability and Statistics).
- PENG, C. et al. Mosaic organization of dna nucleotides. *Physical Review E*, v. 49, n. 2, 1994.
- PERAZZO, C. A.; FERNANDEZ, E. a.; WILLSHAW, Y. Determinación de correlaciones a largo plazo utilizando dfa. In: _____. Córdoba - Argentina: Universidad Católica de Córdoba, 2004. p. 297–312. Disponível em: <<http://www.uccor.edu.ar/paginas/seminarios/Libros/Perazzo-DFA.pdf>>.

- PEREIRA, B. de B.; ZANUSSO, M. B.; SALES, P. R. de H. *Análise Espectral de Séries Temporais - Uma Introdução para Economia, Engenharia e Estatística*. Rio de Janeiro: Eletrobrás S.A., 1986.
- PODOBNIK, B.; JIANG, Z.-Q.; ZHOU, W.-X.; STANLEY, H. E. Statistical tests for power-law cross-correlated processes. *Physical Review E*, v. 84, p. 1–8, 2011.
- PODOBNIK, B.; STANLEY, H. E. Detrended cross-correlation analysis: A new method for analyzing two nonstationary time series. *Physical Review Letters*, v. 084102, n. 100, 2008.
- R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2014. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.
- REBOREDO, J. C.; CASTRO, M. A. R.; ZEBENDE, G. Oil and u.s. dollar exchange rate dependence: A detrended cross-correlation approach. *Energy Economics*, v. 42, p. 132–139, 2014.
- RENAULT, D. *O Desenvolvimento da Indústria Brasileira: subsídio ao período de 1850 a 1939*. [S.l.]: SESI, 1987.
- SAMPAIO, A. V. Análise de ciclos econômicos no brasil - 1980-2009. *Economia & Tecnologia*, v. 18, n. 5, 2009.
- SANDRONI, P. *Novíssimo Dicionário de Economia*. São Paulo: ed. Best Seller, 1999.
- SEI. *O PIB da Bahia 1975-2000 metodologia unificada e análises setoriais*. Salvador: Superintendência de Estudos Econômicos da Bahia, 2002. (Série Estudos e Pesquisas).
- SHUMWAY, R. H.; STOFFER, D. S. *Times Series Analysis and Its Applications With R*. 2. ed. New York - EUA: Springer, 2011.
- SILVA, M. F. da; CASTRO, A. P. N. de; SILVA, A. M. da F. Quantificando a influência do mercado de câmbio nos preços do milho e da soja no município de barreiras. *Revista Conjuntura & Planejamento*, n. 182, p. 42–49, 2014.
- SILVA, P. A. da. *Indicadores Sociais e Econômicos em uma cooperativa de táxis (Salvador-BA) por meio de Análise das Séries Temporais*. 90 f. — Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial. Faculdade SENAI CIMATEC, Salvador, 2009.
- SOUZA, S. R. S.; TABAK, B. M.; CAJUEIRO, D. O. Investigação da memória de longo prazo na taxa de câmbio no brasil. *Revista Brasileira de Economia*, v. 60, n. 2, p. 193–209, 2006.
- SPIEGEL, M. R. *Estatística*. 3. ed. São Paulo: Makron Books, 1993.

- SPINOLA, N. D. A implantação de distritos industriais como política de fomento ao desenvolvimento regional: o caso da bahia. *Revista de Desenvolvimento Econômico*, III, n. 4, 2001.
- STANLEY, H. E.; MANTEGNA, R. N. Scaling behavior in the dynamics of an economic index. *Nature*, n. 367, p. 46, 1995.
- TAQQU, M. S.; TEVEROVSKY, V.; WILLINGER, W. Estimators for long-range dependence: an empirical study. *Fractals*, v. 3, n. 4, p. 785–798, 1995.
- TOLEDO, G. L.; OVALLE, I. I. *Estatística Básica*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1985.
- TSAY, R. S. *Analysis of Financial Time Series*. 3. ed. New Jersey - EUA: John Wiley & Sons, 2010.
- UDERMAN, S. A indústria de transformação na bahia: características gerais e mudanças estruturais recentes. *Revista Desenhahia*, v. 2, n. 3, 2005.
- UDERMAN, S. *Indústria e Desenvolvimento Regional: uma análise das estratégias de industrialização na Bahia*. Salvador: FIEB, 2008. 252 p.
- VASSOLER, R.; ZEBENDE, G. Dcca cross-correlation coefficient apply in time series of air temperature and air relative humidity. *Physica A*, v. 391, p. 2438–2443, 2012.
- VASSOLER, R. T. *Coeficiente DCCA de Correlação Cruzada Aplicado a Séries Temporais de Temperatura do Ar e Umidade relativa do Ar*. 131 f. — Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial. Faculdade SENAI CIMATEC, Salvador, 2012.
- WANG, G.-J.; XIE, C. Cross-correlations between renminbi and four major currencies in the renminbi currency basket. *Physica A*, v. 392, p. 1418–1428, 2013.
- WEI, W. W. S. *Time Series Analysis: univariate and multivariate methods*. EUA: Pearson, 2006.
- WONGTSCHOWSKI, P. *Indústria Química: riscos e oportunidades*. 2^a. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2011. 306 p.
- YAFFEE, T. A.; MCGEE, M. *Introduction to Time Series Analysis and Forecasting: With Applications of SAS and SPSS*. New York: Academic Press, 1999.
- ZEBENDE, G. Dcca cross-correlation coefficient: Quantifying level of cross-correlation. *Physica A*, v. 390, p. 614–618, 2011.
- ZEBENDE, G.; SILVA, M. da; FILHO, A. M. da S. Dcca cross-correlation coefficient differentiation: Theoretical and practical approaches. *Physica A*, v. 392, p. 1756–1761, 2013.

ZEBENDE, G.; SILVA, P. A. da; FILHO, A. M. Study of cross-correlation in a self-affine time series of taxi accidents. *Physica A*, v. 390, p. 1677–1683, 2011.

ZEBENDE, G. F.; FILHO, A. M. Cross-correlation between time series of vehicles and passengers. *Physica A*, v. 388, p. 4863–4866, 2009.

ZHAO, Y. *R and Data Mining: Examples and Case Studies*. 2013.

Estudo do Comportamento da Produção da Indústria de Transformação

Everaldo Freitas Guedes

Salvador, Novembro de 2014.