

**O PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS COMO MODELO DE  
DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO AVALIADO SOB O  
ENFOQUE DA LEI DE KALDOR-VERDOORN.**

**Renilson Rodrigues da Silva**

**2006**

**Renilson Rodrigues da Silva**

**O PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS COMO MODELO DE DESENVOLVIMENTO  
ECONÔMICO AVALIADO SOB O ENFOQUE DA LEI DE KALDOR-VERDOORN.**

Dissertação apresentada ao Núcleo de Altos Estudos Amazônicos –  
NAEA, Universidade Federal do Pará, para obtenção do título de  
Mestre em Planejamento do Desenvolvimento.

Orientador

Prof. DSc. Francisco de Assis Costa

BELÉM  
PARÁ - BRASIL  
2006

**Renilson Rodrigues da Silva**

**O Pólo Industrial de Manaus como modelo de desenvolvimento econômico avaliado sob o enfoque da lei de kaldor-verdoorn.**

Dissertação apresentada ao Núcleo de Altos Estudos Amazônicos – NAEA, Universidade Federal do Pará, para obtenção do título de Mestre em Planejamento do Desenvolvimento.

APROVADA EM 23 DE MARÇO DE 2006.

FRANCISO DE ASSIS COSTA UFPA

ÍNDIO CAMPOS UFPA

ANTONIO CORDEIRO SANTANA UFRA

JOSÉ ALBERTO COSTA MACHADO UFAM

PROF. DSC. FRANCISCO DE ASSIS COSTA  
UFPA  
(ORIENTADOR)

- BRASIL

Ao meu pai, João Marinho da Silva e minha mãe, Judith Rodrigues da Silva,  
por sempre, incontestavelmente, me iluminar com sua eterna sabedoria;

Ao meu filho Isaac,

pelo singelo amor e compreensão quando estive ausente;

À minha esposa Marilena,

por ter me acompanhado desde o princípio, com  
muito amor e dedicação,

**OFEREÇO**

Aos meus familiares, amigos e meus professores;

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

São inúmeras as barreiras que se encontra ao trilhar qualquer caminho. O momento de superação desses obstáculos é impar, pois sabemos que neste momento somos vencedores. A carreira acadêmica oferece, desde o primeiro dia, momentos intensos de alegria, bem como de sofrimento, de incertezas, que parecem suprimir cada sorriso dado ao longo do tempo. Na graduação foi assim, na especialização da mesma forma e, no mestrado, não poderia ser diferente.

Tive a felicidade de compartilhar com meus colegas cada momento de êxtase, quando a cada dia os professores nos brindavam com seus conhecimentos e nos ofereciam um novo mundo; a alegria de entrar pelos portões de uma universidade em busca de conhecimento e saber que ali estava a riqueza maior, à minha espera; o sabor da vitória pela superação de mais um obstáculo e me considerar, naquele momento, privilegiado entre tantos milhões que ansiavam pelo mesmo sonho. Tristezas e frustrações? Bem, estas fazem parte, mas ficaram apenas numa remota lembrança, agora adormecidas, pois todas as dificuldades foram superadas.

A superação dos inúmeros obstáculos não é possível sem a presença e contribuição de atores importantes. Nessa jornada, meu mestre e amigo Rodemarck de Castello Branco foi fundamental, pois desde o quarto período do curso de graduação acompanhou todos os meus passos, passando pela especialização com seu apoio integral até o momento em que me apoiou na decisão de sair de Manaus para cursar o mestrado.

Ao professor José Alberto Costa Machado, que me ofereceu a oportunidade única de complementar meus conhecimentos num grande laboratório - a SUFRAMA - e por muito ter contribuído na elaboração deste trabalho, concedendo-me dias a fio para que eu o desenvolvesse, por estar sempre disposto a me ajudar e finalmente, por confiar e acreditar neste trabalho.

Ao professor Francisco Costa, “Chiquito”, o qual contribuiu de forma inestimável, me mostrando os caminhos que eu deveria trilhar na escolha do modelo de teoria adequado para elaboração deste estudo. Pela sua compreensão quando o tema abordado foi modificado por falta de informações e pela sua paciência para um novo recomeço. Ao professor Antonio Cordeiro, que enriqueceu meus conhecimentos com métodos quantitativos, abrindo novos horizontes na análise da teoria econômica.

Ao meu amigo Marco Aurélio, que muito pacientemente, me ajudou diversas vezes na resolução de problemas de econometria; por ter dividido o aluguel do apartamento comigo e por ser um grande companheiro. À minha amiga, Nazaré, da secretaria que tantas vezes me atendeu, fosse para problemas institucionais ou pessoais. Ao professor Índio Campos que mostrou outra realidade, até então desconhecida para mim, no tratamento da microeconomia dinâmica e por ser um companheiro simples, além de dividir um som de barzinho na praia de São Francisco, em Mosqueiro.

Às bibliotecárias Ana e Cassilda, à Viviane e ao sr. Edilson, que sempre me atenderam com muito carinho e atenção, não me negando um só pedido. Às minhas amigas inseparáveis, Luciana e Edineide, que tantas vezes compartilhou comigo o sofrimento de horas de estudos, pesquisas e discussões. Ao CNPQ, que me concedeu bolsa de estudos, sem a qual eu teria passado maus momentos e à SUFRAMA que me concedeu informações, sem as quais este trabalho não teria se concretizado.

Ao Núcleo de Altos Estudos Amazônicos – NAEA e à Universidade Federal do Pará que com sua infra-estrutura e professores altamente capacitados permitiu a conclusão do curso. Finalmente, a todos os professores do NAEA que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão desta obra.

## **BIOGRAFIA**

Renilson Rodrigues da Silva, economista pela Universidade Federal do Amazonas, especialização em Engenharia Econômica e Gestão Empresarial, pelo Centro Integrado de Ensino Superior do Amazonas em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina. Atua nas áreas de desenvolvimento econômico, economia regional e urbana, elaboração e análise de projetos de investimentos. Atua também como consultor de empresas e professor.

## SUMÁRIO

LISTA DE SÍMBOLOS .....	IX
LISTA DE FIGURAS .....	X
LISTA DE TABELAS .....	XI
RESUMO .....	XI
ABSTRACT .....	XIII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. POLO INDUSTRIAL DE MANAUS .....	6
2.1. Antecedentes históricos (1900 - 1970) .....	6
2.2 O desempenho do modelo no período de 1970 - 1990 .....	7
2.3 Novo dinamismo a partir dos anos 90 .....	8
2.4 Aspectos macroeconômicos e dinâmica recente .....	12
2.5 Algumas considerações acerca do debate sobre o modelo ZFM.....	12
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1. A Lei de Kaldor-Verdoorn .....	18
3.1.1.A interpretação da lei de kaldor-Verdoorn por Routhorn.....	21
3.1.2. Associação da produção e produtividade .....	21
3.1.3.Outras vertentes da lei de Kaldor-Verdoorn.....	24
3.1.4.O paradoxo estático-dinâmico .....	27
3.1.5.Algumas críticas e divergências .....	28
3.2. Produtividade Total de Fatores e Produtividade Parcial de Fatores.....	29
3.2.1.Medidas de produtividade .....	30
3.2.2.Contabilidade do Crescimento e o Resíduo de Solow.....	32
3.2.3.Função de Produção .....	36
3.2.4.Produtividade parcial de fatores ou produtividade média do trabalho .....	37
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	42
4.1. Variáveis e indicadores utilizados .....	41
4.2. Recursos tecnológicos .....	42
4.3. Cálculo da produtividade.....	42
4.4. Modelo econométrico .....	43
4.4.1.Raiz Unitária.....	43



4.4.2.Co-integração .....	49
4.4.3.Causalidade no sentido de Granger .....	54
4.4.4.Modelo Auto-Regressivo Vetorial (VAR) .....	56
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	65
5.1. Produtividade.....	64
5.1.1.Medidas .....	64
5.1.2.Evolução da produtividade parcial do trabalho .....	66
5.1.3.Produtividade e emprego .....	69
5.2. Estacionariedade das séries - teste de raiz unitária.....	72
5.2.1.Teste de co-integração e modelo de correção de erros.....	73
5.2.2.Causalidade no sentido de Granger .....	77
5.2.3.Modelo VAR (Auto Regressão Vetorial).....	78
6. CONCLUSÕES.....	91
REFERÊNCIAS .....	95
Anexos de figuras .....	101
Anexos de tabelas .....	103

## LISTA DE SÍMBOLOS

ADF	Augmented Dickey-Fuller
AIC	Akaike information criterion
AR	Auto Regressivo
DEA	Data Envelopment Analysis
DF	Dickey-Fuller
E-VIEWS	Software para cálculos econométricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
Macrodados	Software para cálculos econométricos e estatísticos
MCE	Modelo de Correção de Erros
OCDE	Organization para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PIM	Pólo Industrial de Manaus
PP	Produtividade Parcial ou Média do Trabalho
PPT	Produtividade Parcial de Trabalho
PRODUTO	Valor total da produção
PTF	Produtividade Total de Fatores
SUFRAMA	Superintendência da Zona Franca de Manaus
VAR	Vetor Auto-Regressivo
VEC	Vector Error Correction

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Evolução do faturamento em milhões de R\$ e número de empregos em milhares (jan/95 a dez/2004). .....	10
Figura 2 - Série Valor total da produção (produto) e Produtividade média do trabalho (PP) no período de janeiro de 1995 a dezembro de 2004 (série dessazonalida e logaritmizada).....	44
Figura 3 - Evolução da produtividade e valor total da produção.....	66
Figura 4 - Evolução do emprego e produtividade média do trabalho. ....	69
Figura 5 – Taxas de variação do emprego e produtividade média do trabalho .....	70
Figura 6- Resposta da produção a um choque na variável valor total da produção no modelo de relação do valor total da produção com produtividade.....	84
Figura 7 - Resposta da produtividade a um choque na variável produtividade parcial do trabalho no modelo de relação valor total da produção e produtividade .....	85
Figura 8 - Resposta da produção a um choque na variável valor total da produção no modelo de relação valor total da produção e emprego .....	86
Figura 9 - Resposta da variável emprego o choque na variável emprego no modelo de relação valor total da produção e emprego .....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Taxa média de variação do valor total da produção, emprego e produtividade .....	68
Tabela 2. Regressão das séries emprego e produtividade parcial em índice.....	71
Tabela 3. Regressão das séries emprego e produtividade parcial em taxas de variação.....	71
Tabela 4. Resultado do teste de raiz unitária para as séries Produto, PTF e Emprego.....	72
Tabela 5. Teste de co-integração para as variáveis PP e Produto.....	74
Tabela 6. Teste de co-integração para as variáveis Emprego e Produto. ....	76
Tabela 7. Teste de Causalidade Granger para produção e produtividade. ....	77
Tabela 8. Teste de Causalidade Granger para produção e emprego.....	78
Tabela 9. Decomposição da variância do erro de previsão do valor total da produção. ....	80
Tabela 10. Decomposição da variância do erro de previsão da produtividade. ....	81
Tabela 11. Decomposição da variância do erro de previsão do valor total da produção relacionado com o emprego. ....	82
Tabela 12. Decomposição da variância do erro de previsão do valor total da produção relacionado com o emprego. ....	83

## RESUMO

RODRIGUES DA SILVA, Renilson. **O Pólo Industrial de Manaus como modelo de desenvolvimento econômico avaliado sob o enfoque da lei de kaldor-verdoorn**. BELÉM: UFPA/NAEA, 2006. 123p. (Dissertação – Mestrado Planejamento do Desenvolvimento)\*

Este estudo tem como objetivo mensurar e avaliar a dinâmica econômica do Pólo Industrial de Manaus como um modelo de desenvolvimento sob o enfoque da Lei de Kaldor-Verdoorn. Especificamente, analisar a relação entre produção e produtividade, sob as condições preconizadas por esta lei, aplicadas às indústrias do Pólo Industrial de Manaus. A Lei de Kaldor-Verdoorn propõe que à medida que a produção aumenta, há uma forte tendência, ao longo do tempo, de crescimento da produtividade. Economias de escala são geradas endogenamente por mudança técnica e aprendizagem tecnológica (learning by doing), fruto do crescimento da demanda que permite que se explore as economias de escala dinâmicas presentes, principalmente, no setor manufatureiro. Dessa forma, estima-se a produtividade total de fatores e a produtividade parcial. Analisa-se a dinâmica dessa economia efetuando-se teste empírico para a indústria do Pólo Industrial de Manaus, no período de janeiro de 1995 a dezembro de 2004, através de um modelo de correção de erros, teste de causalidade de Granger e modelo VAR estrutural. Os resultados obtidos indicam um razoável grau de dinamismo dessa economia, dado que a combinação de efeitos de curto e longo prazo fez com que a produtividade crescesse num ritmo mais acelerado, com respostas rápidas no curto prazo, da produtividade a choques de mudanças no valor total da produção e emprego. Comprovam também a existência de fontes endógenas de crescimento da produtividade, evidenciando economias de escala crescente.

---

\* Comitê Orientador: Prof. DsC. Francisco de Assis Costa:UFPA (Orientador), Prof. DsC. Índio Campos:UFPA; Prof. DsC. José Alberto Costa Machado - UFAM, Prof. DsC. Antônio Cordeiro Santana - UFRA.

## ABSTRACT

RODRIGUES DA SILVA, Renilson. **The Manaus Industrial Pole as a development model under the conditions advocated by Kaldor-Verdoorn Law.** BELÉM: UFPA, 2006. 123p. (Dissertation - Economy)\*

This study aims to analyze and measure the dynamic economy of Manaus Industrial Pole as a development model under the conditions advocated by Kaldor-Verdoorn Law, which has as one of the focus to analyze the relation between production and productivity, under the conditions advocated by Kaldor-Verdoorn Law applied to industries of Manaus Industrial Pole. The Kaldor-Verdoorn Law proposes that there's a trend to productivity growth as long as production grows. Economies of scale are generated in an endogen way by technical change and technological learning (learning by doing), which is a resulted of the demand growth that allows the exploitation of the dynamics economies of present scale mainly, in the manufacturing sector. Based on this statement, total productivity of factors and the partial productivity are estimated. The dynamic of this economy is analyzed through empirically related to the Industries production and performance from January of 1995 to December of 2004 through an Error Correction Model, Granger Causality Test and Structural VAR Model. The Results indicates a reasonable degree of dynamism in this economy, because of the effect combination of short and long term made possible the productivity growth in an accelerated rhythm with quick answers in a short term of productivity under changing shocks in production and employment total values. Shows also the existence of endogenous sources of growth productivity, showing in evidence the crescent scale economies.

---

\* Guidance Committee: Francisco de Assis Costa: UFPA (Major Professor), Índio Campos: UFPA; José Alberto Costa Machado: UFAM; Antônio Cordeiro Santana: UFRA.

## 1. INTRODUÇÃO

O modelo Zona Franca de Manaus, fortalecido com um parque fabril moderno, convencionou-se chamar Pólo Industrial de Manaus – PIM. Analisado em seus diversos aspectos, esse modelo representa um marco de desenvolvimento quantitativo e qualitativo, proporcionando benefícios sociais, culturais, sobretudo econômico na sua região e tal performance acontece sem causar danos ambientais com 98% da cobertura vegetal intacta. Merece destaque o crescimento que essa indústria vem demonstrando nos últimos anos. Desde janeiro de 2002, período no qual o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística passou a medir a produção industrial do PIM, a indústria do Amazonas acumulou crescimento de 50,58% até outubro de 2005, enquanto que no mesmo período, o crescimento nacional foi de 21,64%. Quando comparado o desempenho do PIM com o maior parque fabril do Brasil, São Paulo, a diferença é ainda maior: a indústria de Manaus cresceu três vezes mais que a paulista (18,05%).

O setor industrial tem grande importância no processo de crescimento econômico e desenvolvimento, mas é claro que a participação de outros setores neste processo não pode ser de forma alguma desprezada. Entretanto, um maior dinamismo da indústria é fundamental para estimular o crescimento econômico, pois este setor guarda uma inter-relação dinâmica com outros. Assim, a suposição básica é de que o aumento da produção industrial ao longo do tempo, deve ser considerado como um dos fatores relevante para se determinar o dinamismo de uma economia.

O fato é que, como destaca Feijó e Carvalho (2002), o aumento da produtividade ocorrido no Brasil a partir da abertura comercial no início da década de 90 recolocou este tema como um dos mais importantes para se entender o processo de crescimento recente e suas perspectivas. A maior parte dos trabalhos recentes sobre produtividade, como Bonelli (1994, 1998), Kupfer e Rocha (2004); Júnior e Ferreira (1999) e muitos outros, atribuem o crescimento da produtividade nos início dos anos 90 como uma reação defensiva das empresas à recessão, bem como o processo de abertura econômica que transformou a indústria brasileira, tanto em processo de produção como em produto, numa trajetória de mudança tecnológica sem precedentes (KUPFER, 1998).

Nesse contexto, o estudo de Verdoorn (1949) que ganhou *status* de lei, relaciona o crescimento da produtividade com o crescimento do produto. Por outro lado, Kaldor (1975) deu uma interpretação particular à “lei” de Verdoorn, argumentando que o crescimento da produtividade é um fenômeno macroeconômico. A razão é que economias de escala são geradas endogenamente por mudança técnica e aprendizagem tecnológica (*learning by doing*), fruto do crescimento da demanda que permite que se explore as economias de escala dinâmicas presentes, principalmente, no setor manufatureiro. É a ampliação de mercados, induzida pelo aumento da demanda, que propicia o aumento da produtividade, que pode ser reforçada, a seguir, por aumento de produção. Tal proposição ficou conhecida como lei de Kaldor-Verdoorn.

Apesar da relevância do tema acima, são poucos os estudos realizados no Brasil que tratam do crescimento da produção e produtividade sob o prisma da lei de Kaldor-Verdoorn. Embora existam diversos trabalhos sobre produtividade, o tratamento com o crescimento da produção não é extenso, sobretudo para o Pólo Industrial de Manaus, onde não se encontra nem mesmo estimativas de produtividade. No Brasil existem algumas referências à Lei de Kaldor-Verdoorn, como por exemplo, Marinho et al. (2000), Feijó e Carvalho (2002) e em especial, Guimarães (2002) que aplica a referida lei à indústria e à agricultura brasileira. De fato, a lei de Kaldor-Verdoorn, apesar de seu enfraquecimento na última metade século XX, continuou sendo forte e robusta nos anos noventa, como comprovado no estudo de Knell e Rayment (200?) em análise *cross-section* comparativa entre indústrias de países ocidentais e orientais.

Entretanto, a Lei de Kaldor-Verdoorn será a ferramenta facilitadora do objeto deste estudo, que é mensurar e analisar a dinâmica do PIM no sentido da comprovação de que este é um modelo de desenvolvimento defensável, com crescimento de produtividade endógena. O estudo se justifica pelas críticas ao modelo Zona Franca de Manaus tem se intensificado por diversas razões, sobretudo pelos incentivos, sustentado por uma corrente que afirma não ser este um modelo de desenvolvimento adequado para a região. No entanto, o que se percebe é uma mudança substancial na qualidade de vida da população, o surgimento de atividades econômicas até então incipientes no Estado e na capital Manaus. Além de tudo, percebe-se também destacado



dinamismo nas indústrias do PIM, onde o sub-setor eletrônico tem perdido força, abrindo espaço para o sub-setor de informática, plástico, duas rodas entre outros.

Os incentivos fiscais concedidos às empresas do Distrito Industrial sempre foram alvos de duras críticas ao modelo pelas regiões mais desenvolvidas do Brasil. As críticas são baseadas no fato de que as indústrias da região não são competitivas, dependentes de tecnologia e que representam perdas de arrecadação para o país, além de representar concorrência desleal com os demais Estados da União. Dentro desse contexto, as indústrias de Manaus são meramente “maquiladoras” e que as empresas que aqui se instalam tem apenas o objetivo de usufruir os incentivos fiscais concedidos, sendo entreposto onde se montam produtos para serem vendidos no mercado interno ao invés de ser uma zona exportadora.

A verdade é que não existem estudos com evidência empírica que dão respaldo a esses argumentos.<sup>1</sup> Desde o momento em que o Governo Federal estabeleceu índices de nacionalização e restrições de importações em 1977, as empresas passaram a manufaturar determinados componentes e isso contribuiu para o desenvolvimento da indústria local, mas para os críticos do modelo, em nada mudou a estrutura produtiva do Pólo, fato que acabou se tornando uma constante, fazendo parte da cultura do empresariado brasileiro em acreditar que o Pólo é apenas uma indústria de montagem ou maquilagem.

Esses argumentos negativos a respeito do desenvolvimento tecnológico do PIM tiveram início na década de 1980, até meados da década de 90. Não levam em conta o empenho de certas empresas em criar as primeiras etapas de seu próprio processo de capacitação tecnológica. Desde de 1977, a trajetória de acumulação tecnológica do PIM sofreu modificações substanciais, agregando mais valor e diminuindo a dependência tecnológica.

A escassez de estudos a respeito do desenvolvimento da capacidade tecnológica em Manaus torna o modelo mais aberto a essas críticas e, conforme Figueiredo (2000) isso reflete uma visão negativa e muito difundida acerca do desenvolvimento tecnológico das indústrias estabelecidas em áreas ainda em desenvolvimento. Na década de 90 foi feito breve estudo sobre a

---

<sup>1</sup> Ariffin, Norlela e Figueiredo, Paulo N.

indústria eletrônica de Manaus por Frischtack e co-autores onde apresentaram uma visão mais positiva ao sugerir a existência de competência industrial atualizada, mas os autores não explicam os tipos e os níveis de capacidade tecnológica desenvolvida naquela indústria (in Figueiredo 2000).

Muitas empresas que se instalaram em Manaus, mesmo tendo incentivos, encerraram a produção fechando suas fábricas, isto, de certa forma, leva-se a indagar que os incentivos não são determinantes na permanência das empresas no mercado, mas sim a competitividade sistêmica. O sub-setor de eletrônicos, por exemplo, a julgar pelos dados da Suframa, tem tido sua participação na produção do PIM reduzida, enquanto ganha força o sub-setor de plásticos, duas rodas e, sobretudo de informática.

Outro aspecto relevante trata-se da participação e evolução das exportações do PIM, que tem crescido vertiginosamente, abastecendo tanto o mercado interno como externo, sobretudo para os Estados Unidos. Ademais, o nível de automação verificado nas empresas demonstra que investimentos de grande relevância foram realizados no sentido de aumentar a produtividade e também na inovação de produtos ou aprimoramento dos mesmos.

A busca por qualidade nos produtos, a capacitação tecnológica, inovação, mão-de-obra qualificada e outras variáveis, refletem o elevado número de cursos de nível superior em Manaus. Os diversos hotéis em torno do Distrito Industrial, Centros de tecnologias e de cursos técnicos contempla uma demanda crescente, resultado da trajetória de acumulação tecnológica seguida pelas empresas do PIM. Nota-se então, o surgimento e fortalecimento de atividades econômicas que criam efeitos multiplicadores na renda regional, como o turismo, por exemplo. Todas essas variáveis são evidentes, mas ainda sem tratamento adequado.

Dada a importância e contextualização e visando apresentar evidências empíricas da aplicabilidade da lei de Kaldor-Verdoorn, este estudo tem como objetivo analisar a relação entre produção e produtividade, sob as condições preconizadas pela Lei de Kaldor-Verdoorn e testar a existência de um modelo dinâmico que contribui primordialmente para o desenvolvimento da

região, onde o aumento da produção causa efeitos na produtividade e como consequência o crescimento e desenvolvimento econômico endógeno. Para tal, é necessário que se estime a produtividade do trabalho para o Pólo Industrial de Manaus, bem como analisar as relações existentes entre produção e emprego, sendo este os objetivos específicos. Tais objetivos visam dar respostas à indagação de que o valor total da produção do Pólo Industrial de Manaus tem influência sobre o crescimento da produtividade e que esta, por sua vez, tem fontes endógenas de crescimento, abrindo espaço para novas pesquisas nessa área.

Em conformidade com o exposto, este estudo está assim dividido: além desta introdução, há mais cinco capítulos. No primeiro, apresentam-se as características gerais do pólo industrial de Manaus, bem como breve análise econômica com base nos seus indicadores de produção. Algumas das críticas ao modelo ZFM são também discutidas neste capítulo. No capítulo seguinte, apresenta-se a formulação teórica da lei de Kaldor-Verdoorn, bem como alusão sobre outras teorias que darão subsídios à análise como os diferentes métodos e abordagem sobre produtividade e competitividade. O próximo capítulo trata das definições de métodos e procedimentos econométricos utilizados, assim como a definição das variáveis utilizadas. No quinto capítulo apresentam-se os resultados obtidos, bem como breve discussão e, finalmente, no sexto capítulo, conclui-se a análise dos resultados com as devidas ponderações e considerações.

## **2. O PÓLO INDUSTRIAL DE MANAUS**

### **2.1. Antecedentes históricos (1900 – 1970)**

A formação econômica do Amazonas tem sua base na extração da borracha, castanha, sorva, piaçava, juta entre outros. Os historiadores registram o decênio de 1891-1900 como o de transformação de Manaus de um simples vilarejo em uma metrópole, escrava e isolada na maior floresta do planeta, graças particularmente, às vendas de borracha que chegaram a representar 40% das exportações brasileiras (SANTOS, 1980). O comércio enriquecia e crescia na mesma proporção. Embora não haja registros precisos sobre o perfeito funcionamento da Junta Comercial do Amazonas no início do século, a verdade é que nesse período o comércio de Manaus passou a ter um crescimento vertical, graças à medida do Governo tornando obrigatório o beneficiamento da borracha. Esse período de vertiginoso crescimento, sofisticação e luxo oriundos da riqueza gerada pela exploração da borracha durou até o início do século XX (BATISTA, 1976).

Ocorreu que, por volta de 1912 a borracha da Amazônia perdeu competitividade no comércio mundial, levando a economia à bancarrota por um período de 40 anos. Durante a segunda Guerra Mundial houve pequeno surto de crescimento e sensível melhora na economia. Entretanto, somente a partir de 1967 a cidade inaugurou outro ciclo de sua história com a abertura oficial da Zona Franca de Manaus, através do Decreto-Lei do Governo Federal de n.º 288, de 28 de fevereiro de 1967. A Zona Franca foi criada pela Lei n.º 3.173, de 6 de junho de 1957 (MAHAR, 1978). Dez anos depois o Decreto-Lei de 67 ampliou a legislação e reformulou o modelo de porto livre para um pólo industrial, comercial e agropecuário, estabelecendo incentivos fiscais por 30 anos sob o comando da SUFRAMA.

Dessa forma, foi instituído o atual modelo de desenvolvimento, englobando uma área física de 10 mil km<sup>2</sup>, tendo como centro a cidade de Manaus. Assim, a letargia econômica foi rompida com o surgimento de uma nova fonte de dinamismo: o pólo industrial moderno, intimamente integrado a mercados externos - na importação de componentes e venda de bens de consumo duráveis. O sistema de incentivos fiscais implantados na região atraiu capitais, que

aproveitaram a redução do custo do capital (decorrente dos recursos da SUDAM) e as facilidades na importação de insumos para investir em setores emergentes de alta tecnologia. Foram instalados pólos industriais em que as vantagens decorrentes dos incentivos fiscais superavam os elevados custos de transferência: eletroeletrônico, duas rodas, relojoeiro, ótico e brinquedos, entre outros.

## **2.2. O desempenho do modelo no período de 1970 - 1990**

Apesar da macrocefalia do processo de crescimento da economia concentrado em Manaus, ocorreram profundas transformações na estrutura produtiva estadual. A indústria passou a ser o motor do crescimento, tanto que no período 1970-90 a sua participação no PIB cresceu de 11,9% para 48% e no emprego formal de 38% para 55%. Entre 1970-1985, o produto industrial aumentou 16,4 vezes e o PIB cresceu numa média anual de 11,9%. Ademais, propiciou o surgimento de um mercado de trabalho moderno, realmente capitalista, com a ampliação da oferta de emprego industrial - entre 1970-1989 aumentou em 707% (GOMES e VERGOLINO, 1997).

A implantação da Zona Franca de Manaus impactou todos os setores da economia regional, com destaque para o comércio que foi dinamizado pelo aumento da demanda local e pelo surgimento do turismo de compras que alavancou o ecoturismo, que está tendo célere expansão durante os anos 80. Como resultado, surgiu ampla infra-estrutura de restaurantes, hotéis, agências de viagem etc. A dinamização da economia amazonense resultou num “ciclo virtuoso” com o aumento do emprego, da acumulação do capital regional e da evolução da receita tributária aquecendo fortemente a demanda agregada regional. Ocorreu expansão das atividades produtivas voltadas ao atendimento do mercado local, principalmente das comerciais e de serviços. Contudo, a economia manteve excessiva dependência em relação às atividades ligadas à Zona Franca de Manaus, principalmente ao setor industrial moderno.

### **2.3. Novo dinamismo a partir dos anos 90**

A partir de 1990, o setor industrial da Zona Franca de Manaus sofreu profunda reestruturação, reflexo do aumento do grau de abertura da economia brasileira gerado inicialmente com a redução das alíquotas de importação e das barreiras não-alfandegárias. Para que tivessem condições de competir com os produtos similares importados, as empresas industriais instaladas na ZFM passaram a utilizar novas tecnologias - de processo e de produto - e a procurar fontes alternativas de suprimento de componentes - a decisão de onde comprar deixou de ser influenciada pela origem do componente, passando a predominar o binômio Preço - Qualidade.

Na Zona Franca de Manaus, comparativamente a 1990, o faturamento industrial decresceu 29% em 1991 e 46% no ano seguinte, isto é, saiu de um faturamento de US\$8,3 bilhão em 1990, para US\$4,5 bilhões em 1992, justamente pela elevada elasticidade-renda dos produtos nela fabricados. O número de empregos caiu de 76 mil para 40 mil. A obrigatoriedade do cumprimento de índices mínimos de nacionalização pelas empresas de bens finais e o incentivo à aquisição de componentes nacionais - através de sua ponderação no cálculo da redução do Imposto de Importação - fomentou o surgimento de muitas empresas sem capacidade de competir com produtos similares importados.

As transformações ocorridas no ambiente macroeconômico, aliadas ao processo de reestruturação produtiva das empresas, permitiram, no entanto, que o setor industrial local aumentasse a produtividade e, conseqüentemente, a capacidade competitiva no mercado brasileiro. A partir de 1993, as vendas da indústria da Zona Franca de Manaus passaram a aumentar em níveis elevados, com o faturamento entre 1992-96 crescendo 192%, dito de outra forma, de US\$ 4,5 bilhões para 13,2 bilhões e mão-de-obra de 40 mil para 48 mil.

Nos dois primeiros anos do Plano Real, os ganhos reais dos salários, o aumento do nível de emprego e o retorno de prazos mais elásticos no crédito direto ao consumidor permitiram a

incorporação de 30 milhões de pessoas ao mercado de consumo. O que provocou explosão na demanda de bens de consumo duráveis, dentre os quais os fabricados na ZFM.

Durante a década de 90 a economia regional atravessou crises que afetaram a produção da Zona Franca, como a asiática, a russa e a brasileira. Em contrapartida, a desvalorização do Real aumentou as vendas das indústrias de bens intermediários da ZFM, como resultado do movimento de substituição de importações e favoreceu as exportações. Estas cresceram em torno de 40%, demonstrando tendência de redução em vários segmentos produtivos da dependência exclusiva ao mercado nacional. No ano 2000 a economia brasileira teve nível mais elevado de crescimento, como consequência, a economia amazonense teve evolução superior. As exportações apresentaram ritmo ascendente de crescimento. Outro fator animador para a economia local, é a diversificação que está ocorrendo na indústria com a expansão de novos segmentos, como cosméticos, bens intermediários e aproveitamento de produtos regionais. O faturamento das empresas incentivadas cresceu 43% em relação ao ano anterior.

Em 2001, os produtos fabricados em Manaus, de elevada elasticidade renda, sofreram queda em suas vendas a partir do 2º semestre, refletindo no nível do emprego local. O faturamento anual diminuiu em 12% em relação ao ano anterior. A reestruturação produtiva ocorrida no setor industrial de Manaus teve profundo reflexo na quantidade de postos de trabalho ofertados. A introdução de novas tecnologias de processo e de produto incrementou a produtividade, aumentaram o salário real e elevaram a capacidade competitiva das empresas, mas, em contrapartida, reduziram o nível de emprego industrial, conforme indicam os dados da SUFRAMA, na figura abaixo.

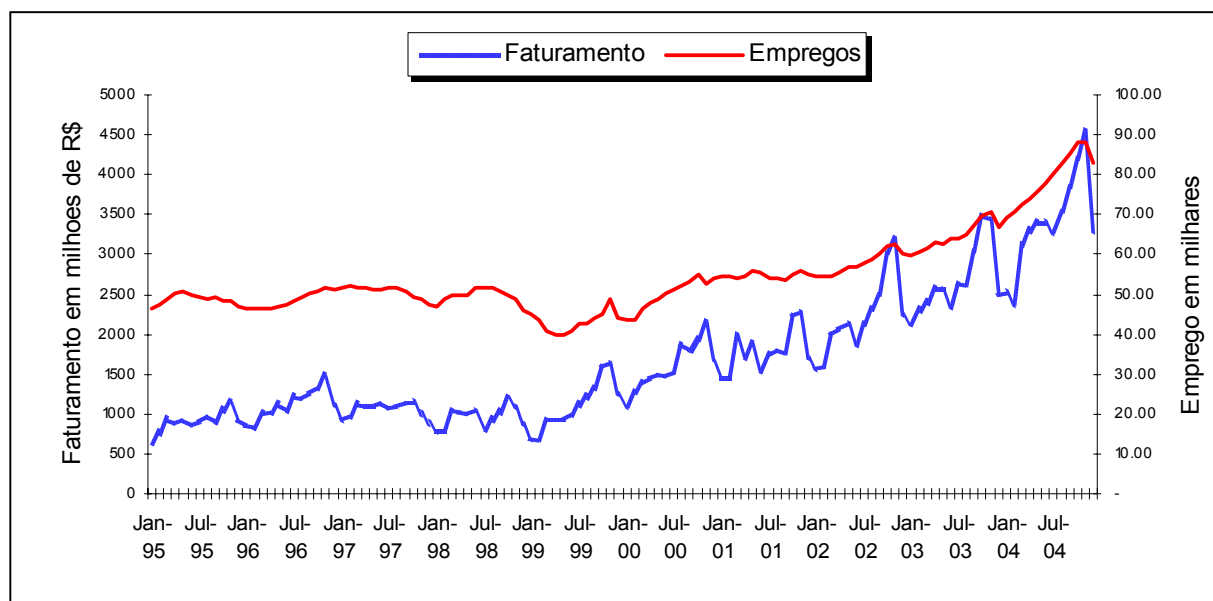


Figura 1-Evolução do faturamento em milhões de R\$ e número de empregos em milhares (jan/95 a dez/2004).

Fonte: dados da pesquisa

O cenário mais provável para a economia amazonense é de que o Pólo Industrial deverá ser fortalecido com a maior regionalização da cadeia produtiva e o incremento das exportações, promovendo o aumento da renda regional, sobretudo através do ecoturismo. O estímulo à implantação de serviços voltados para esse setor já se faz presente, como hotéis de selva nos arredores de Manaus - atualmente são 16 hotéis- 6 empresas de pesca esportiva, 21 empresas de cruzeiros fluviais e 23 agências de receptivo especializada. Em 2002, em torno de 185.000 turistas estiveram em Manaus. É importante destacar que o Amazonas foi escolhido pelo Governo Federal como o Estado Referência para o Ecoturismo no Brasil (BRANCO, 2003).

Outras atividades, como a exploração do gás e petróleo de Urucú, a chegada da fronteira agrícola brasileira à região fronteira com Rondônia, a Hidrovia do Madeira, a ligação rodoviária



com a Venezuela a instalação de centro produtivo de cosméticos, o ecoturismo, agroindústria, industrialização do pescado, as atividades extrativo-florestais, a bioindústria, dentre outros segmentos produtivos são fatores que, no médio prazo, aumentarão a renda e o emprego regional. A própria ZFM passa por processo de diversificação de sua produção, com o fortalecimento de outros segmentos produtivos, como o de concentrados e bases para bebidas não – alcoólicas, telefonia celular e monitores para informática. O pólo industrial dinâmico de Manaus, com o aumento de suas exportações tem permitido o aumento da escala de produção, condição essencial para a transferência para Manaus de seus fornecedores mundiais. Essa complementação industrial está em processo de expansão, aumentando a capacidade competitiva da indústria de bens finais no mercado internacional. O resultado tem sido o crescente fortalecimento da cadeia produtiva do parque industrial de Manaus, com a atração de capitais e avançadas tecnologias para a região.

Outro fator que merece destaque pelo seu impacto no desenvolvimento estadual e no próprio grau de exigência do consumidor é a evolução do ensino, particularmente a do ensino superior. No Amazonas, a quantidade de pessoas matriculadas em curso superior tem aumentado em proporções elevadas, tanto que em 1981 eram apenas 1.352 universitários; em 1994, 7.580; atualmente, em torno de 52.000 alunos. Até a década de 90, a oferta de cursos superior estava dependente da Universidade do Amazonas (federal), gerando elevada demanda reprimida, com milhares de pessoas não tendo condições de prosseguir os estudos por falta de vagas nos cursos de graduação. Atualmente, são duas universidades públicas e doze entidades privadas. Parte dessa demanda por ensino pós-secundário foi atendida com a expansão do ensino superior ofertado pelas instituições particulares, atualmente responsáveis por 63% das matrículas realizadas no Amazonas (BRANCO, 2003).

Em suma, o Amazonas deverá atravessar nos próximos anos, profundo processo de reestruturação em sua base produtiva, com o surgimento de novos eixos de desenvolvimento fortemente orientados para o mercado extra-regional, com ênfase no mercado internacional, em decorrência do reduzido tamanho de seu mercado interno. Essa diversificação da estrutura produtiva potencializará efeitos sinérgicos das inter-relações entre indústria-agricultura-mineração-turismo. É um processo de médio prazo, que dependerá fortemente do alcance de

níveis de crescimento mais elevado da economia brasileira, pois os produtos locais serão voltados ainda de forma preponderante para o mercado nacional.

#### **2.4. Aspectos macroeconômicos e dinâmica recente**

Arrecadação tributária federal em 2003 foi R\$ 2,8 bilhões, elevando-se substancialmente para R\$ 4,3 bilhões em 2004, com variação de 53,6%. Essa quantia representa 63% de toda a arrecadação tributária federal na 2ª Região Fiscal, composta por todos estados da Região Norte, exceto Tocantins. No total da arrecadação, federal, estadual e municipal, a evolução de 2003 para 2004 foi R\$ 5,3 bilhões para R\$ 8,2 bilhões, aumento de 54,7%.

Aspecto relevante, refere-se ao índice de nacionalização dos insumos utilizados nas indústrias do PIM, que tem crescido sistematicamente por conta da consolidação desses indústrias, aumentado de 47% para 50,52% no período de 2003 para 2004. A regionalização dos insumos industriais também teve aumento expressivo, de 29,25% para 32,38%. Esses números comprovam, a priori, que a verticalização das cadeias produtivas tem passado por processo intensivo.

Os investimentos totais também tiveram aumentos significativos, saindo de US\$ 3,1 bilhões em 2003 para US\$ 3,95 bilhões em 2004, aumento de 27,41%, fato este que contribuiu para o aumento do produto, que colocou o Amazonas na primeira posição do crescimento industrial, 13%, tanto que, no mês de dezembro de 2004, o crescimento foi 14,9% - quase duas vezes superior à média brasileira (8,3%) e, no primeiro semestre de 2005, o crescimento industrial foi de 20,2% - o maior do Brasil e quatro vezes a média nacional (5%) no período. Tais resultados beneficiaram também a geração de emprego, que empregos diretos, de 66 mil para 83 mil (24,2%) e indiretos de 260 mil para 350 mil (34,61%).

#### **2.5. Algumas considerações acerca do debate sobre o modelo ZFM**

Mesmo apresentando excelente desempenho em muitos sub-setores, o modelo Zona Franca de Manaus não deixa de ser alvo de duras críticas do empresariado brasileiro, sobretudo do sudeste do país. Tais críticas nunca tiveram embasamento científico, o que leva a um esforço maior por parte dos representantes do modelo, em intermináveis justificativas para comprovação e sustentação desse modelo como de extrema importância para o Norte do país, sobretudo para Manaus. O volume de renda gerado, o número de empregos, o destaque econômico em muitos outros setores, bem como a notável e significativa mudança no panorama socioeconômico da região, assim como a preservação ambiental são fatores que vão consolidando o parque industrial de Manaus como fundamental para o desenvolvimento socioeconômico da região. A comprovação científica desses fatos é o desafio.

Conforme Ariffin e Figueiredo (2003) maioria dessas críticas datam ainda da década de 80, período no qual, com ausência parcial de restrições às importações, as empresas foram motivadas a instalar fábricas em Manaus, apenas para proceder à montagem de kits importados. Por esse argumento:

“a criação da Zona Franca de Manaus teve conseqüências negativas para o desenvolvimento tecnológico da indústria, que vinha produzindo componentes e bens intermediários para o setor eletrônico no Brasil, na medida em que desmontou as equipes de P&D.” (ARIFFIN; FIGUEIREDO, 2003 p. 33).

Baptista (1993) vai ainda mais longe, ao responsabilizar a ZFM pelo abandono de projetos que tinham sido desenvolvidos pelos laboratórios das empresas e produzidos com componentes nacionais em índices muito mais elevados que aqueles produzidos na ZFM tão logo sua implantação (caso específico para televisor em cores). Para esse autor, todo um processo de desenvolvimento tecnológico nacional acumulado foi destruído, porém, como bem ressaltado por Ariffin e Figueiredo (2003), tal argumentação não oferece evidência empírica adequada que permita avaliar o impacto e o grau desse desenvolvimento. Como se observa, essas críticas não tem nenhuma razão de ser, primeiro por não ter representatividade empírica, segundo por se referir a um período que é incomparável ao momento atual do PIM.

Por outro lado, em trabalhos mais recente como o de Guerra, (1995) e Lyra,(1995) as críticas ao modelo seguem basicamente a mesma linha daqueles da década de 70 e 80, não considerando a evolução do PIM que, já no início dos anos 90, apresentava mudanças significativas. Guerra, (1995, p. 53), cita, ingenuamente, as indústrias da ZFM com meramente montadoras:

“as medidas implantadas pelo governo durante as décadas de setenta e oitenta significaram um processo acelerado de concentração e desnacionalização da indústria brasileira de bens eletrônicos de consumo. A despeito de terem favorecido a criação de um parque industrial de peso e fortemente diversificado, o setor acabou se configurando como uma indústria de montagem, com elevada dependência de tecnologias estrangeiras e de insumos importados.”

Os incentivos fiscais, incontestavelmente, foi o motivador do surgimento de um parque industrial moderno, que sem os quais não seria possível atrair nenhum investimento para uma região logisticamente inabitável para o meio empresarial. Porém, essa mesma política é também a maior motivação do debate sobre Manaus. Lyra (1995) afirma que:

“a principal objeção que se faz à política industrial da ZFM, é a de ter atribuído um volume exagerado de incentivos fiscais específicos às empresas que se localizaram na região, em um contexto de expressiva proteção aduaneira vigente para todo o país. Estes incentivos aplicados durante 25 anos consecutivos teriam levado à conformação de um parque industrial com baixa competitividade. Tratar-se-ia, por conseguinte, de uma estrutura industrial "artificial" que teria, na prática, grandes dificuldades para sobreviver, no que respeita a muitos dos seus segmentos, no caso de ser mais exposta à competição.”

Ressalta-se que o próprio autor reconhece que houve surto da produção industrial do PIM, já no anos 80, tanto que o VTI – Valor da Transformação Industrial do Estado do Amazonas, que em 1970 era de 0,3% do nível nacional, cresceu para 1,7%, em 1985. A participação no emprego industrial passou de 0,4% para 1,1%. Segundo Lyra (1995), “a natureza da estrutura industrial que se conformou na ZFM, com a predominância de indústrias tecnologicamente avançadas, imprimiu um ritmo de expansão à produtividade da mão-de-obra bem superior ao observado para o conjunto da indústria brasileira”. Por outro lado, o autor afirma também que o baixo nível organizacional da mão-de-obra industrial da ZFM não permitiu, entretanto, que os salários

médios acompanhassem a rápida expansão da produtividade da mão-de-obra, diminuindo sensivelmente o impacto potencial.

Com base nos dados demonstrados no início deste capítulo, obviamente o modelo ZFM e o surgimento de um parque industrial moderno, refutam todas as hipóteses de que o modelo é falho. As relações inter-indústrias, por exemplo, existentes no PIM, demonstram que um nível bastante elevado de indústrias já produzem com índice de nacionalização quase 100%, com exceção de alguns bens que ainda exigem escala de importação elevada, como os aparelhos de DVD's e celulares, onde as importações respondem por aproximadamente 70% dos custos de insumos. Mas este não é um caso específico de Manaus, pois no Brasil não há indústrias produtoras de componente para esses produtos, tão pouco tecnologia para se produzir o mecanismo de leitura do DVD, que representa mais de 50% do custo total da matéria-prima. Portanto, a colocação de Guerra, (1995, p. 140) não se confirma.

“a intenção de que a ZFM, através dos incentivos fiscais, pudesse servir como primeira etapa de um projeto de desenvolvimento industrial e regional para a Amazônia, supondo que os projetos industriais ali instalados gerariam efeitos interindustriais e absorção tecnológica local, não se confirmou.”

Atualmente, os fatores que mais contribuem para o debate sobre o PIM, concentram-se em torno da Lei de informática<sup>2</sup> que já gerou e ainda gera, muita controvérsia no meio empresarial<sup>3</sup>. O fato é que os produtos chamados bens de informática (entre eles, aparelhos de celulares), tem demanda crescente por serem produtos inovadores e de alta tecnologia. Os rendimentos advindos da produção e comercialização desses produtos oferecem elevadas margens de lucratividade, tornando atrativa sua produção em qualquer lugar do país e é por isso que grande parte do empresariado não acha “justo” que esta produção se concentre em Manaus.

Por conta desses e outros fatores, a discussão em torno do PIM concentra-se, primordialmente nos incentivos fiscais - a “válvula de escape” – para justificar a ineficiência do

---

<sup>2</sup> Lei 8.248 de 23/10/1991 e Lei 8.387 de 30/12/1991.

<sup>3</sup> Maiores detalhes sobre a Lei de informática podem ser obtidos em SICSU, (2002).

modelo, tanto no sentido da renúncia fiscal quanto no crescimento da produtividade e conseqüentemente no desenvolvimento da região. Entretanto, esta já não é mais uma justificativa, pois o Governo Federal tem reduzido consistentemente as alíquotas de Imposto de Importação - II, bem como a redução de até 80% para o Imposto sobre Produto Industrializado – IPI, eliminando maiores vantagens competitivas para as indústrias do PIM.

Ao que parece, todo o processo de desenvolvimento e crescimento econômico já discutido, o processo de reconversão industrial ocorrido a partir da década de 90 não foi absorvido, em sua totalidade, pelos críticos do modelo. Quando se observa os dados da Receita Federal de 2003 relativos à renúncia fiscal, constata-se que a região norte representa apenas 20% da renúncia nacional, enquanto que a região sudeste tem o peso de 51,5%. Anexo XX. De cada R\$1,00 renunciado, o modelo gera outros R\$1,30, sendo portanto, um gerador de receita e não o contrario como tanto se afirma. O Amazonas responde por mais de 2/3 de tudo que a União arrecada em toda a Região Norte.

Para Guerra, (1995) além de geograficamente distante, a ZFM não é dotada de tradição industrial, não possui base de pesquisa adequada, a utilização da mão-de-obra é intensiva e de baixa qualificação, além da facilidade de importação que inibe a endogenização dos processos produtivos mais avançados e das etapas intermediárias associadas às cadeias produtivas das atividades. A conseqüência de tais características, segundo a autora, é a falta de capacidade do modelo de estabelecer relações inter-industriais locais nem tampouco de gerar efeitos multiplicadores, dificultando a consolidação de vantagens comparativas regionais em atividades intensivas em tecnologia.

Com base nas elucubrações discutidas, a possibilidade de haver aumento da produtividade de forma endógena é praticamente eliminada, isto é, ocorre o crescimento do produto, mas com a produtividade respondendo ao impulso de forma negativa (descrente), dado que o processo de utilização da mão-de-obra se faz de forma intensiva. Dessa perspectiva, a mão-de-obra, além de não ser especializada, sua aplicação é feita na mesma base produtiva, o que implica dizer que não há investimentos em tecnologia, tão pouco na qualificação dos trabalhadores.

Por esta análise, tanto a mão-de-obra quanto o nível de investimentos não tem grande relevância, uma vez que se atribui às indústrias do PIM características de “maquiladoras,” não apresentando, portanto, fonte visível de crescimento da produtividade.

Finalmente, dadas as atuais características do PIM discutidas nos tópicos iniciais deste capítulo, onde se observa processo intenso de modernização e de integração vertical, bem como as críticas a este modelo de desenvolvimento, busca-se neste trabalho demonstrar, através da Lei de Kaldor-Verdoorn, que a produtividade do PIM responde aos impulsos da produção de forma positiva, que tem crescido de forma vertiginosa, promovendo o desenvolvimento econômico da região. Ao mesmo tempo, objetiva-se também evidenciar que o aumento da produtividade é decorrente de fontes endógenas, abrindo espaço para novas pesquisas nessa área no sentido de identificar essas fontes.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. A Lei de Kaldor-Verdoorn

Os desenvolvimentos teóricos e empíricos ao nível da polarização, em termos regionais, têm-se centrado, essencialmente, em torno da relação positiva entre o crescimento da produtividade do trabalho e o crescimento da produção (especialmente industrial), geradora do processo de crescimento com causas cumulativas. A descoberta da importância da relação positiva entre o crescimento da produtividade do trabalho e o crescimento da produção, deve-se a Verdoorn (1949). Este autor defendeu que há relação entre a taxa de crescimento da produtividade do setor manufatureiro e a taxa de crescimento de sua produção, que ficou conhecida como *lei de Verdoorn* (SOUZA, 2005, p.258). A causalidade vem da produção para a produtividade, com uma elasticidade de aproximadamente 0,45 em média (em análises “cross-section”), assumindo, deste modo, que a produtividade do trabalho é endógena (MARTINHO, 2007, p. 223). Tal relação foi representada pela seguinte equação com *status* de Lei:

$$p_i = a_i + bq_i \quad (2.1)$$

onde:

$a$  = parcela da taxa de crescimento da produtividade industrial que depende do crescimento da atividade manufatureira

$b > 0$  = o coeficiente de Verdoorn;

$p_i$  = taxa de crescimento da produtividade do trabalho;

$q_i$  = taxa de crescimento da produção.

De acordo com Souza (2005), essa relação tem sido utilizada para explicar a desindustrialização das economias avançadas, particularmente o Reino Unido, em decorrência da redução do crescimento industrial, que explicaria a queda de sua produtividade e competitividade. Assim, quanto maior a taxa de crescimento da produção industrial ( $q_i$ ) tanto



maior será a taxa de crescimento da produtividade do trabalho nesse setor ( $p_i$ ) devido a existência de retornos crescentes, ou economias de escala, conforme equação (2.1).

Com intenção de explicar as causas da baixa taxa de crescimento do Reino Unido, Kaldor (1966 e 1967) redescobriu a lei de Verdoorn. Kaldor acreditava que a queda da taxa de crescimento da produtividade industrial do Reino Unido, posterior à Segunda Guerra Mundial, era decorrente da escassez de mão-de-obra. Reconsiderando e investigando empiricamente a Lei de Verdoorn, constatou que há uma forte relação positiva entre o crescimento da produtividade do trabalho ( $p_i$ ) e a produção ( $q_i$ ), de modo que,  $p_i = f(q_i)$ . Ou, alternativamente, entre o crescimento do emprego ( $e$ ) e o crescimento da produção, de modo que,  $e = f(q)$  (MARTINHO, 2007 p. 223). Sendo assim, a variável explicativa deveria ser a taxa de crescimento do emprego desse setor ( $e_m$ ) e não a taxa de crescimento da produção manufatureira ( $q_i$ ). Isto porque Kaldor, apesar de ter estimado a relação original de Verdoorn entre o crescimento da produtividade e o crescimento da produção industrial, deu preferência à relação entre o crescimento do trabalho e o crescimento da produção, para evitar efeitos “espúrios” (dupla contagem, uma vez que  $p_i = q_i - e_i$ )<sup>4</sup>.

Conforme Guimarães (2002), Kaldor utilizou a equação (2.1) para o teste da hipótese de retornos crescentes de escala no setor industrial. Entretanto, devido a correlação entre  $p$  e  $q$ , Kaldor (1975) estabeleceu que uma equação alternativa seria preferida aos propósitos de estimação, representada por:

$$e_i = c + dq_i \quad (2.2)$$

Onde:

$e_i$  = taxa de crescimento do emprego no setor industrial da economia  $i$

---

<sup>4</sup> Kaldor defende que uma relação estatisticamente significativa entre a taxa de crescimento do emprego ou produtividade do trabalho e a taxa de crescimento da produção, com o coeficiente de regressão ou produtividade do trabalho e a taxa de crescimento da produção, com o coeficiente de regressão compreendido entre 0 e 1 ( $0 \leq b \leq 1$ ) pode ser a condição suficiente para a presença de economias de escala crescentes, estáticas e dinâmicas.

$q_i$  = taxa de crescimento da produção no setor industrial da economia  $i$ .

Desde que:

$$p_i = q_i - e_i \quad (2.3)$$

Conforme (2.3), sabendo-se que o crescimento da produção decorre do crescimento da produtividade e do emprego, i.e,  $q_i = e_i + p_i$  a relação (2.1) torna-se igual a (Thirlwall, *apud* SOUZA, 2005):

$$p_i = \frac{a}{(1-a)} + \left[ \frac{b}{(1-b)} \right] e_i \quad (2.4)$$

Uma vez que  $p_i = q_i - e_i$ , então  $c = -a$  e  $d = (1-b)$  permitindo obter o coeficiente de Verdoorn ( $b$ ) de forma indireta, livre do problema de correlação entre as variáveis, desde que a equação (2.3) seja válida (GUIMARÃES, 2002). Assim, a equação (2.1) representa a relação original de Verdoorn, onde a produtividade é endógena. De acordo com Guimarães, grande parte da literatura denota esta relação como Lei de Verdoorn, entretanto, a referência, em geral, é da equação (2.2) de Kaldor (1966). Daí o fato dessa relação ser mais conhecida como Lei de Kaldor-Verdoorn. E, de acordo com Feijó e Carvalho (2002, p. 62), essa relação é também chamada de segunda “lei” de Kaldor, onde se estabelece que “há uma relação positiva entre a taxa de crescimento da produtividade na indústria e a taxa de crescimento da produção industrial” (Thirlwall, 1983, p.350, *apud* FEIJÓ e CARVALHO, 2002). Assim,

$$p_i = a + bq \quad \text{Lei de Verdoorn} \quad (2.5)$$

$$e_i = c + dq_i \quad \text{Lei de Kaldor} \quad (2.6)$$

Os resultados obtidos por Kaldor nas estimações que realizou com as duas equações para a indústria transformadora de doze países da OCDE, no período de 1953-54 a 1963-64, mostram valores de  $b$  e  $d$  em torno de 0,5. A interpretação de Kaldor do coeficiente de Verdoorn (isto é  $b$ ) de 0,5, é que a 1% de aumento do crescimento do produto está associado 0,5% de aumento do

crescimento da produtividade ou do emprego, o que evidencia substanciais rendimentos crescentes à escala na indústria transformadora (MARTINHO, 2007 P.226).

### 3.1.1. A interpretação da lei de Kaldor-Verdoorn por Rowthorn

Uma outra interpretação da Lei de Verdoorn, em alternativa à de Kaldor, é a apresentada por Rowthorn (1975, 1979). Rowthorn defendeu que para testar a presença de economias de escala, a especificação mais apropriada da Lei de Verdoorn consiste em relacionar o crescimento da produção ( $q_i$ ) ou da produtividade ( $p_i$ ) com o crescimento do emprego ( $e_i$ ), ou seja,  $q_i = f(e_i)$  ou  $p_i = f(e_i)$ , respectivamente. A variável exógena, neste caso, é o emprego, consistente com a hipótese da teoria Neoclássica dos fatores de produção exógenos. Para este autor, as economias demonstram rendimentos constantes à escala (hipótese dos Neoclássicos), ao contrário dos rendimentos crescentes defendidos por Kaldor. Segundo Rowthorn, quando o coeficiente da relação entre o crescimento do produto e o crescimento do emprego não for estatisticamente diferente da unidade, é demonstrada a presença de rendimentos constantes à escala. Destaque importante é que, espera-se que a relação entre o crescimento da produtividade do trabalho e o crescimento do emprego seja fraca (ou negativa), uma vez que ganhos de produtividade do trabalho estão associados a declínios no emprego e transferência do trabalho para outros setores (serviços). A especificação de Rowthorn é a seguinte:

$$p_i = \lambda_1 + \varepsilon_1 e_i \quad \text{equação da produtividade de Rowthorn} \quad (2.7)$$

$$q_i = \lambda_2 + \varepsilon_2 e_i \quad \text{equação da produção de Rowthorn} \quad (2.8)$$

Para  $\lambda_1 = \lambda_2$  e  $\varepsilon_2 = (1 + \varepsilon_1)$ . Dado que  $p_i = q_i - e_i$ , ou seja,  $q_i - e_i = \lambda_1 + \varepsilon_1 e_i$  como tal,  $q_i = \lambda_1 + (1 + \varepsilon_1) e_i$ .

### 3.1.2. Associação da produção e produtividade

Outro aspecto bastante discutido na literatura que trata da associação entre produtividade e produção, refere-se ao crescimento da produtividade ser maior, menor ou igual ao crescimento da produção. O tema está ligado diretamente à economia de escala. Conforme

Kaldor (1975), o crescimento da produtividade do setor industrial é mais que proporcional ao crescimento da produção, pois as economias de escalas garantiriam esse comportamento, sobretudo nas regiões mais desenvolvidas. De acordo com Marinho, *et al.* (2002) “isto ocorre porque tais regiões geralmente possuem mercados internos mais dinâmicos, bem como uma maior capacidade exportadora, que permitem que as empresas cresçam ao longo do tempo, incorporando ganhos crescentes de produtividade advindos do desenvolvimento das atividades produtivas, dos conhecimentos dos trabalhadores, das facilidades de difusão de novos conhecimentos, da existência de economias de aglomeração etc”.

De acordo com Marinho, entre as diversas críticas à visão de Kaldor sobre o crescimento mais que proporcional da produtividade em relação à produção, destacam-se as de Vaciago *apud* Lima (1993). Rowthorn (1975) também é crítico desta assertiva, que aceita que a relação existente entre o crescimento do produto industrial e o da produtividade é positiva, mas também mostram em detalhes que isto ocorre de forma menos intensa que a descrita por Kaldor.

A produtividade crescendo mais que proporcionalmente à produção implica dizer que há uma forte tendência em aumentar as diferenças entre países ricos e pobres. Isso decorre do fato de que os países mais ricos incorporariam de forma mais intensa os ganhos de produtividade. De outro modo, admitir que o crescimento da produtividade nos países mais ricos é mais lento que o crescimento da produção industrial, implica dizer que há uma certa convergência da produtividade entre países ou regiões, reduzindo o diferencial de industrialização existente entre eles.

De fato, nos países mais pobres a produtividade tenderia a crescer de forma mais intensa, pois menores seriam as deseconomias de escala existentes (MARINHO, *et al* 2002). No entanto, deve-se ressaltar que em determinado momento poderiam surgir deseconomias de escala causadas pela concentração excessiva das atividades industriais, da elevação dos salários e que poderão fazer com que a produtividade cresça com o produto industrial, mas a taxas decrescentes. Assim, existem dois efeitos contraditórios. Dependendo de qual deles predomine, a industrialização tenderá a ser mais concentrada ou não em determinados países ou regiões.

Na referida segunda lei de Kaldor ou lei de Kaldor-Verdoorn, Kaldor destaca especialmente as economias de escala dinâmicas que estão associadas a mudanças tecnológicas e, portanto, não são reversíveis. Estas economias advêm da crescente divisão do trabalho propiciada pelo crescimento do mercado, do *learning by doing*, que decorre da “maior diferenciação, emergência de novos processos e novas subsidiárias de empresas industriais” (Kaldor, 1989a, p. 288 apud FEIJÓ e CARVALHO, 2002), que são eventos relacionados ao crescimento da indústria e, portanto, caracterizam-se por ser um fenômeno macroeconômico. Por essa linha, Kaldor tentou mostrar que o progresso técnico é endógeno na indústria.<sup>5</sup>

A formulação de Kaldor estabelece que o crescimento da produtividade do trabalho na indústria é um resultado endógeno do crescimento da produção. Nos testes de regressão realizados por Kaldor, onde a variável independente é a taxa de crescimento da produção industrial e a dependente é a taxa de crescimento da produtividade industrial, constatou-se que, para todos os setores produtivos, os coeficientes desta relação só explicariam a produtividade para a indústria (valor relativamente baixo da constante e coeficiente positivo menor do que a unidade)<sup>6</sup>. Assim, Kaldor identificou a indústria como o motor do crescimento econômico, pois a industrialização acelera a taxa de mudança tecnológica de toda a economia. Mesmo que o peso da indústria manufatureira na composição do produto agregado não seja o maior, seu encadeamento com os demais setores e seu dinamismo explicam a trajetória de crescimento agregado.

Em resumo, a “lei” de Verdoorn, na interpretação de Kaldor, estabeleceu que a relação de causalidade entre a taxa da produtividade e a taxa de crescimento da produção é no sentido de que o aumento da produção, induzido pelo aumento da demanda, acarreta aumento de produtividade em setores onde se verifica a presença de economias de escala dinâmicas. Uma consequência desta colocação é que as taxas de crescimento da produtividade entre setores não precisam convergir. Setores com retornos crescentes de escala tenderão sistematicamente a

---

<sup>5</sup> Autores que assumem progresso técnico como exógeno estabelecem a relação causal de que o aumento da produtividade é resultado do avanço tecnológico. Isto induziria ao aumento da demanda e, conseqüentemente da produção, através da redução de preços e custos.

<sup>6</sup> Vale ressaltar que essa relação foi originalmente descoberta por Verdoorn, mas apesar de Kaldor se basear na análise de Verdoorn, existem diferenças significativas entre os dois autores.

apresentar um nível de produtividade mais elevado e um maior dinamismo na sua evolução, na medida em que a demanda agregada se expande (FEIJÓ e CARVALHO, 2002).

### 3.1.3. Outras vertentes da lei de Kaldor-Verdoorn

Entretanto, as formulações de Kaldor não apenas servem para embasar a tese de que o setor industrial é o propulsor do crescimento, como também servem de bases para a explicação de outros fenômenos econômicos como a teoria da causalidade cumulativa ou polarização. Muitos autores têm desenvolvido trabalhos com o objetivo de analisar este fenômeno, na sua maioria adeptos da Teoria Keynesiana, onde diferenças nas forças de procura explicam diferenças no crescimento regional.

Nos modelos da tradição Keynesiana<sup>7</sup>, a polarização baseia-se em processos de crescimento com causas circulares e cumulativas, onde o crescimento das exportações constitui o motor de crescimento regional, criando condições para maior exploração das economias à escala. Neste processo a Lei de Verdoorn é fundamental, uma vez que garante a existência de economias à escala crescentes, imprescindíveis para que ocorram os processos de crescimento com causas circulares e cumulativas.

De acordo com esta teoria, um aumento exógeno da procura das exportações de produtos, principalmente industriais, traduz-se num aumento da produção, através do multiplicador do comércio exterior de Harrod<sup>8</sup>, e este aumento da produção induz um aumento da produtividade, através da Lei de Verdoorn. O aumento da produtividade permite a redução dos custos unitários, dos salários de eficiência (salários/produtividade) e dos preços, com ganhos de competitividade e novos aumentos das exportações. Com novos aumentos das exportações, todo o processo descrito

---

<sup>7</sup> Myrdal (1957), Hirschman (1958), Kaldor (1966, 1970 e 1981), entre outros.

<sup>8</sup> Escritos de Hicks e Harrod sobre o multiplicador keynesiano. O aumento das exportações aciona tanto o multiplicador do comércio exterior quanto o acelerador, o que acarreta elevação da renda agregada e, conseqüentemente, do consumo e do investimento. Este foi o ponto de partida de Kaldor para a elaboração da chamada de terceira “lei” de Kaldor.

antes se desenrola novamente e assim sucessivamente. Daí o fato de serem processos circulares e cumulativos.

Dessa maneira, regiões com vantagens competitivas reforçam a sua posição, uma vez que atraem os recursos produtivos e tornam difícil outras regiões competirem nas mesmas atividades. Os desenvolvimentos teóricos e empíricos ao nível da polarização, em termos regionais, têm-se centrado, essencialmente, em torno da relação positiva entre o crescimento da produtividade do trabalho e o crescimento da produção (sobretudo industrial), geradora do processo de crescimento com causas cumulativas.

Aspecto relevante sobre a polarização, sobretudo pelas características apresentadas no PIM, são as relações estruturantes entre os setores com raízes e produtividade decrescente e os setores sem raízes com produtividade crescente. Dado que as indústrias do PIM não possuem dependência do capital natural, essas atividades podem se alocar espacialmente tanto difusa, quanto concentradamente. De acordo com Costa, (2005), o fato de tais setores se organizarem concentradamente deve-se, em especial, aos ganhos de escala de suas unidades produtivas associadas ao efeito de aglomeração. Por outro lado, ressalta o autor, os ganhos em escala com redução de custos aumentam, ao mesmo tempo, a distância com o mercado consumidor desses produtos e conseqüentemente há uma elevação nos custos de transporte, uma vez que quanto maior a escala, maior a distância do mercado.

Segundo Krugman (1991), *apud* Costa (2005), os ganhos de escala de determinada região é resultado da diferença entre os custos totais de produção para atender suas próprias necessidades e o custo de produção das necessidades desse lugar se atendidas por outro. A concentração da produção nesse lugar irá ocorrer enquanto esse ganho de escala for maior que a proporção da população desse lugar pela produção total e custos de fretes.

Conforma Costa, as variáveis que influenciam diretamente na concentração são as forças centrípetas da polarização, dadas entre outras variáveis, pelas habilidades dos trabalhadores, pela redução dos custos fixos que resulta do efeito conjunto dos preços dos elementos do capital

físico, amplamente determinados pelo desenvolvimento local da indústria, do comércio e dos serviços, e da eficiência da gestão. Nas palavras do autor:

“são as forças centrípetas da polarização, dado que fundamentam o processo enquanto resultado de acumulação dinâmica, assentada em rendimentos crescentes e, por isso, fenômeno do desenvolvimento com real sustentabilidade econômica.”

Essas forças, tomadas em unidade constitui o chamado efeito H de Barqueiro, associado a um lugar:

“uma confluência de capacidades derivadas tanto de elementos extensivos da sua constituição, como o tamanho do mercado trabalho e de produtos, quanto da qualidade desses mercados, associada ao nível da divisão social do trabalho e ao capital humano e social nele presentes . De modo que  $A=A(H)$ , isto é, a massa de um lugar, na metáfora de Isard, determinante e resultante do seu poder de atração, na perspectiva do desenvolvimento endógeno resultante de sua capacidade de acumulação dinâmica, é determinada pelo efeito H, pelo sinergismo das forças centrípetas da polarização.” (COSTA, 2005)

Rowthorn (1975) enfatiza que quando o aumento de salários não ocorre como complemento de tal movimento, maior produtividade pode se traduzir também em maiores lucros para as firmas. Com maior parcela de lucros, as firmas podem aumentar seus investimentos e, conseqüentemente, expandir a demanda. Maior produtividade na indústria pode estimular a demanda doméstica por bens industriais e torná-los relativamente mais baratos. Quando o capital físico torna-se relativamente mais barato que o trabalho, há o incentivo natural na adoção de técnicas mecanizadas, que diminui mais os preços. Os bens industriais ficam então mais baratos em relação a um número de serviços, cuja produtividade aumenta a taxas menores, incentivando a substituição desses serviços por um bem industrial.

Conforme Guimarães (2002), embora a elevação da produtividade conduza a uma maior produção industrial pelo processo acima apresentado, não há nenhuma garantia de que o emprego industrial siga a mesma trajetória. Tal fato se justifica por duas razões a saber: a) o efeito renda, já que um nível maior de produtividade se traduz em maior nível de renda *per capita* que,



dependendo da elasticidade da renda, poderia significar uma mudança em direção a serviços em detrimento das manufaturas; b) muitos serviços são complementares às atividades industriais e a demanda pelos mesmos, aumenta quase paralelamente à demanda por produtos industriais. Assim, se a produtividade em tais serviços cresce de forma defasada em relação à produtividade industrial, então a elevação da mesma significaria um declínio do emprego industrial quando comparado ao emprego em tais serviços, podendo até mesmo ocorrer declínio absoluto no emprego industrial.

### 3.1.4. O paradoxo estático-dinâmico

Um ponto interessante no trabalho empírico da Lei de Verdoorn é o fato encontrado por McCombie (1982) apud Leon-Ledesma (1998) de que, caso a lei seja testada com variáveis tomadas em nível e em logaritmo, o resultado fornecerá pouco ou quase nenhum retorno de escala. Conforme Black (1962) apud Lesdesma (op. cit) a função de progresso técnico da lei de Kaldor-Verdoorn pode ser derivada de uma função do tipo Cobb-Douglas. Usando a produtividade total de fatores, a especificação da função de Cobb-Douglas resulta:

$$Q = Ae^{at}PTF^v \quad (2.9)$$

Onde:

$v$  é o grau de retorno de escala;

$a$  é a taxa de crescimento de exógena da produtividade.

$PTF$  é a produtividade total de fatores

$t$  é o tempo

Tomando em logaritmos e diferenciando com respeito a tempo, obtém-se:

$$ptf = c + bq \quad (2.10)$$

onde  $c = -a/v$  e  $b = 1/v$ .

Esta é a especificação dinâmica da Lei de Verdoorn. Porém, o fato da Lei de Verdoorn poder ser derivada de uma Cobb-Douglas, não necessariamente significa que esta função de produção é o padrão tecnológico que a descreve. De fato, se o padrão tecnológico da lei de Verdoorn é uma função de produção do tipo Cobb-Douglas, os valores das elasticidades obtidas em funções estáticas ou dinâmicas deveriam ser os mesmos (LEON-LEDESMA, 1998).

Assim, quando McCombie concluiu o trabalho, constatou que a lei de Kaldor-Verdoorn estabelece que há diferenças substanciais no nível de retorno de escala quando as variáveis são expressas e testadas em taxas de crescimento (dinâmico) ou em nível (estático). A especificação estática gerou rendimentos de escala quase constantes, enquanto o dinâmico apresentou retornos de escala crescente e significativo. Desta forma, é possível que a especificação correta da lei seja a dinâmica, sendo a estática considerada como *mis-specified*, porque o fenômeno de retornos crescentes de escala poderia estar relacionado com variações na taxa de crescimento das variáveis ao invés de variações no nível da variável (GUIMARÃES, 2002).

### **3.1.5. Algumas críticas e divergências**

As “leis” de Kaldor geraram intenso debate a respeito de sua validade e em especial a segunda lei de Kaldor, mais conhecida como (lei Kaldor-Verdoorn). O debate sobre a validade desta lei acirrou-se a partir da “crise do petróleo”, onde estudos para os países da Comunidade Européia não encontraram resultados satisfatórios, fazendo com que esta lei perdesse força.

Conforme Feijó (2002), esses países estariam associados à transição para um novo paradigma produtivo, que privilegia as economias de escopo em detrimento das economias de escala. Numa fase de transição, a difusão do progresso técnico é lenta e, conseqüentemente, o incremento dos níveis de produtividade é menor em relação às fases seguintes, em que a demanda também ganha importância como fator de estímulo à disseminação das inovações.

De acordo com Carvalho (2001), essa é uma das razões para o fato de o uso cada vez mais intenso de computadores não refletir na elevação dos níveis de produtividade. Situação conhecida

como o “paradoxo de Solow”<sup>9</sup>. Segundo alguns autores (p. ex., Roach, 1998 *apud* CARVALHO, 2001), nos anos 90 a produtividade estaria finalmente respondendo à difusão da microeletrônica.

Como assinalou Targetti, *apud* Carvalho (op.cit.), a evolução da produtividade vai depender de características da oferta, do peso dos setores tecnologicamente inovadores na estrutura industrial e do sucesso das políticas de inovação.

Por outro lado, em recente trabalho de Knell e Rayment (200?), verifica-se que a Lei de Kaldor-Verdoorn ainda é uma ferramenta robusta para esse tipo de avaliação. Os autores realizaram testes para todos os países membros da União Européia, mais Estados Unidos e Japão no período de 1989 a 1998, semelhante àquela realizada por Kaldor nos anos 60. Os testes mostraram-se significativos para a maioria dos países. Dessa forma, apesar de algumas divergências relativas ao tema, optou-se neste estudo realizar os testes para o Pólo Industrial de Manaus.

### **3.2. Produtividade Total e Fatores e Produtividade Parcial de Fatores**

De forma abstrata, a produtividade é uma medida de eficiência na conversão de recursos econômicos, isto é, a relação entre o que é produzido (bens e/ou serviços) e recursos que são usados para produzi-los (WAINER, 2001). Para Salmuelson et al (1993) *apud* Guimarães (2002), o termo produtividade refere-se ao quociente da divisão entre a produção e os fatores produtivos nela utilizados.

Desde a abertura comercial nos anos 90, a economia brasileira passou por significativas transformações. De fato, ao longo desses anos surgiu um ambiente competitivo que forçou as empresas a inovarem constantemente, num processo que também facilitou a modernização da indústria, com o barateamento das importações de máquinas e equipamentos. Conforme Bonelli (1998, p.1), “estamos em meio a uma etapa de mudanças tecnológico-organizacionais que constitui uma reação empresarial semelhante, em tudo, à de diversos países”. Essas mudanças

---

<sup>9</sup> Sobre o “paradoxo de Solow”, ver, entre outros, OECD (1991), *apud* CARVALHO (2001).

são, em geral, relacionadas à otimização de processos ou eficiência produtiva, baseados nos conceitos de flexibilização, *downsizing* e terceirização.

A característica diretamente observada numa economia aberta, relacionada às empresas, é o ambiente de negócios e de que forma as empresas estão inseridas nesse ambiente, isto é, a competitividade. A maior oferta de produtos proporcionou aos consumidores opções de escolha, até então inexistentes na economia brasileira. O fato das empresas terem de enfrentar as “leis do capitalismo” cria mecanismos que força as empresas a mudarem profundamente de atitude, tornando-as preocupadas com competitividade. Essa realidade desenvolveu a mentalidade nas empresas de que a produtividade, qualidade e a modernização dos meios de produção são conceitos fundamentais para a própria sobrevivência das mesmas (MARQUES, 1995). Adiciona-se a isso, segundo o autor, que o desenvolvimento econômico só pode ser alcançado com o aumento da produtividade, haja vista que esse aumento trará maior participação no mercado e conseqüentemente o aumento do poder aquisitivo da população.

Para Bonelli (1994), os ganhos de produtividade não se restringem apenas como a única forma de elevar o padrão de vida das sociedades, mas também como uma das únicas maneiras de melhorar a competitividade internacional de um determinado país ou região no longo prazo. Conforme Júnior e Ferreira, (1999), os temas envolvendo a evolução da produtividade têm tido sua importância cada vez mais relevante no debate econômico. A razão para isso advém da necessidade que os países ou regiões tem de garantir sua competitividade dentro de um cenário cada vez mais seletivo e integrado. Dessa forma, países ou regiões que desejam garantir seu espaço no cenário internacional e garantir seu crescimento econômico devem estar atentos aos seus ganhos de produtividade.

De acordo com Macedo (1988), nos anos 80 era lamentável a falta de estudos sobre produtividade. Segundo o autor, esse tema só aparecia de forma subsidiária em estudos correlatos, cujo foco estava dirigido a assuntos como a evolução dos salários industriais, a absorção de mão-de-obra e o ciclo econômico, entre outros. Conforme já destacado, nos anos 90 o cenário econômico muda, impulsionando maior produção literária e surgimento de vários

estudos com diferentes visões, criando um debate sobre o tema produtividade, que atinge inclusive a imprensa especializada (SABÓIA e CARVALHO, 1997).

### 3.2.1. Medidas de produtividade

Para Sabóia e Carvalho (1997), há duas formas de apuração da produtividade: através da Produtividade Parcial de Fatores (PPF) ou através da Produtividade Total de Fatores – PTF. A produtividade parcial refere-se apenas a um fator de produção ou insumo<sup>10</sup>, que é inclusive, a forma mais utilizada por ser relativamente mais fácil e simples. A segunda forma de medida da eficiência com que são utilizados os recursos é a multifator, no caso a PTF. E, numa definição de PTF, Miles e Scott (2005, p.44-74) conceituaram este indicador como “uma medida da eficiência com que os insumos de fatores se combinam para gerar produto. Tudo que aumenta (ou reduz) a quantidade de produto que pode ser gerada a partir de insumos dados, reflete um crescimento (redução) na PTF”.

O cômputo da produtividade pela PTF leva em conta o uso não só de mão-de-obra, mas também de matérias-primas e serviços de capital. Segundo Bonelli (1998), a PTF pode ser estimada a partir do Valor Agregado (VA), do Valor Bruto da Produção (VBP), ou de outra medida representativa da produção. Quando se usa o VA, são considerados geralmente dois fatores primários de produção — trabalho e capital. Quando se usa o VBP, deve-se incluir pelo menos as matérias-primas como fator de produção. De qualquer modo, em ambos os casos, encontram-se muitas dificuldades empíricas, sobretudo àquelas relacionadas à mensuração do capital<sup>11</sup>. De acordo com o autor, existem ainda diversas escolhas quanto à fórmula de cálculo da PTF, sendo que as mais comuns são: a) o método da função de Cobb-Douglas; b) o método das

---

<sup>10</sup> Em geral, utiliza-se a produtividade da mão-de-obra pelas facilidades computacionais.

<sup>11</sup> Conforme Bonelli (1998) “uma das principais dificuldades tem a ver com a não-correção da qualidade do fator, especialmente em comparações de longo prazo”. No que se refere à mão-de-obra, usa-se um índice (geralmente sob a forma exponencial) que reflita o aumento da escolaridade usualmente aceita como proxy para melhora no conhecimento e qualidade da força de trabalho. No capital, e.g. acrescenta-se medidas como idade média do estoque de capital, participação de máquinas e equipamentos, conteúdo importado etc. Todas essas com a finalidade de corrigir as séries originais para levar em conta o efeito do progresso técnico incorporado em novas máquinas.

razões de produtividade, que podem ser aditivas ou multiplicativas e; c) o método da contabilidade do crescimento, que é muito parecido com o da função de Cobb-Douglas.

Marinho, et al. (2000), por outro lado, afirma que existem duas abordagens para o cálculo da PTF: a do resíduo de Solow - tradicionalmente usada nos modelos de crescimento - e a realizada através de números-índices como os de Malmquist, Tornqvist e Fisher (Coelli et al., 1998 apud Marinho, et al., 2000). Conforme Marinho, nos modelos paramétricos, faz-se necessário estimar uma função de produção e nos modelos não-paramétricos adota-se a técnica de Data Envelopment Analysis (DEA), que faz uso de programação matemática (Färe et al. 1994 apud Marinho, et al. 2000). Tanto por um método quanto por outro, as dificuldades de cálculo são evidentes, pelos motivos já expostos e também pela dificuldade na obtenção dos dados necessários. Portanto, a escolha de cálculo vai depender do tipo de informação que se tem disponível. Devido as similitudes entre os métodos e a maior utilização dos mesmos, a seguir abordagem sobre a Contabilidade do Crescimento e Resíduo de Solow<sup>12</sup> e função de Cobb-Douglas.

### **3.2.2. Contabilidade do Crescimento e o Resíduo de Solow**

Segundo Carvalho (2001), a produtividade é variável-chave para explicar o crescimento econômico. Entretanto, a mesma é estimada como resíduo e pouco se sabe a respeito de seus determinantes, tanto no aspecto empírico como no analítico. Conforme Jorgenson apud Carvalho (2001), “a descoberta do resíduo foi um grande choque para as hipóteses e convenções da ciência econômica, tão ou mais importante que a chamada revolução keynesiana”. Assim, a contabilidade do crescimento surge para resolver essa questão pelo lado empírico, procurando reduzir a magnitude do resíduo.

A contabilidade do crescimento permite decompor as variações observadas na quantidade produzida de bens e serviços durante um período de tempo determinado, em componentes

---

<sup>12</sup> A principal contribuição de Robert Solow foi desenvolver um modelo para explicar o crescimento econômico a partir da Função Cobb-Douglas, que incluísse a inovação tecnológica, o que foi denominado no modelo, Resíduo de Solow, que explicaria o crescimento econômico além dos fatores trabalho e capital.

associados às mudanças experimentada na dotação de fatores produtivos e em um fator residual que compreende o progresso técnico e outros elementos (GRILICHES, 1997).

$$Y = A(t) f(K, L)$$

Partindo da função de produção

$$(2.11)$$

Onde, o termo  $A(t)$  representa todos os elementos que influem na determinação de  $Y$ ,  $K$  é capital

$$\frac{dY}{dt} = \frac{dA}{dt} \cdot f(K, L) + A \cdot \frac{df(K, L)}{dt} \quad \text{e } L, \text{ o trabalho.}$$

Diferenciando (11) em relação ao tempo, tem-se:

$$(2.12)$$

$$\frac{dA}{dt} \cdot \frac{Y}{A} + \frac{Y}{f(K, L)} \left[ \frac{\partial f}{\partial K} \cdot \frac{dK}{dt} + \frac{\partial f}{\partial L} \cdot \frac{dL}{dt} \right] \quad (2.13)$$

$$\frac{dY/dt}{Y} = \frac{dA/dt}{A} + \frac{\partial f / \partial K}{f(K, L)} \cdot \frac{dK}{dt} + \frac{\partial f / \partial L}{f(K, L)} \cdot \frac{dL}{dt} \quad \text{Dividindo por } Y:$$

$$(2.14)$$

$$\frac{dY/dt}{Y} = \frac{dA/dt}{A} + \frac{\partial f}{\partial K} \cdot \frac{K}{f(K, L)} \cdot \frac{dK/dt}{K} + \frac{\partial f}{\partial L} \cdot \frac{L}{f(K, L)} \cdot \frac{dL/dt}{L} \quad \text{Pode-se dizer quer,}$$

$$(2.15)$$

Representando  $\frac{dY}{dt}$  como  $\dot{Y}$ ,  $\frac{dA}{dt}$  como  $\dot{A}$ ,  $\frac{dL}{dt}$  como  $\dot{L}$ , e  $\frac{dK}{dt}$  como  $\dot{K}$ , a equação (14) pode

ser expressa por:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + A \frac{\partial f}{\partial K} \cdot \frac{K}{Af(K,L)} \cdot \frac{\dot{K}}{K} + A \frac{\partial f}{\partial L} \cdot \frac{L}{Af(K,L)} \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (2.16)$$

Portanto

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + A \frac{\partial f}{\partial K} \cdot \frac{K}{Y} \cdot \frac{\dot{K}}{K} + A \frac{\partial f}{\partial L} \cdot \frac{L}{Y} \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (2.17)$$

Como  $\frac{\partial Y}{\partial K} = A \frac{\partial f}{\partial K}$  e  $\frac{\partial Y}{\partial L} = A \frac{\partial f}{\partial L}$  são respectivamente os produtos marginais dos fatores capital e trabalho, que são representados por  $F_K$  e  $F_L$ , a equação do crescimento se converte finalmente em:

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + F_K \cdot \frac{K}{Y} \cdot \frac{\dot{K}}{K} + F_L \cdot \frac{L}{Y} \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (2.18)$$

A taxa de crescimento do fator residual que inclui o progresso técnico,  $\frac{\dot{A}}{A}$ , é dada a partir da equação (18) da seguinte maneira:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - F_K \cdot \frac{K}{Y} \cdot \frac{\dot{K}}{K} - F_L \cdot \frac{L}{Y} \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (2.19)$$

A dificuldade prática da utilização desta última equação refere-se ao desconhecimento real dos produtos marginais dos fatores de produção. A maneira de estimá-los é seguindo os



preceitos da teoria microeconômica neoclássica, utilizando seus preços observados. Assim, supõe-se a atuação de cada empresa num mercado em concorrência perfeita. Esta se limita a aceitar os preços dos fatores e dos estoques existentes, tanto do capital físico como de capital humano e maximiza seu benefício produzindo uma quantidade que iguale o preço de cada fator à produtividade marginal privada do mesmo. Por isto, sendo “r” o preço do capital físico e “w” o preço do fator trabalho, tem-se que:

$$F_K = \frac{\partial Y}{\partial K} = A \frac{\partial f}{\partial K} = r \quad (2.20)$$

$$F_L = \frac{\partial Y}{\partial L} = A \frac{\partial f}{\partial L} = w \quad (2.21)$$

Onde, Y é a participação da remuneração de cada fator de produção no total do produto,  $s_K$  e  $s_L$ , respectivamente, dados pelas expressões,  $s_K = \frac{rK}{Y}$  e  $s_L = \frac{wL}{Y}$ . Desta forma, a taxa de crescimento residual pode ser estimada através da equação:

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - r \cdot \frac{K}{Y} \cdot \frac{\dot{K}}{K} - w \cdot \frac{L}{Y} \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (2.22)$$

ou

$$\frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{Y}}{Y} - s_K \cdot \frac{\dot{K}}{K} - s_L \cdot \frac{\dot{L}}{L} \quad (2.23)$$

O valor obtido é conhecido como “Residuo de Solow<sup>13</sup>” e também chamado de taxa de crescimento da Produtividade Total de Fatores - PTF. Assim, mais comumente utilizada, a equação (2.23) pode ser substituída por:

<sup>13</sup> Essa foi uma das contribuições de Solow para explicar o crescimento econômico. Em seus estudos, 7/8 do aumento do produto por hora de trabalho eram atribuídos a mudanças tecnológicas, incluindo educação, pesquisa, inovações e outras melhorias, enquanto que o oitavo restante era atribuído ao aumento no estoque de capital por hora de trabalho.

$$PTF = gY - \alpha gK - (1-\alpha)gL \quad (2.24)$$

Onde,  $gY$  é a variação do produto,  $\alpha$  é a participação do capital e  $(1-\alpha)$  é a participação do trabalho no aumento (redução) da produtividade.

Portanto, o resíduo é a quantia que sobra depois que se subtrai todas as fontes identificáveis de crescimento econômico da taxa de crescimento do produto. Por isso, alguns economistas classificam o resíduo não como medida de produtividade, mas como a medida de nossa ignorância (GORDON, 2000). Ou, dito de outra maneira, é igual ao crescimento do produto menos o crescimento ponderado dos insumos, onde as ponderações são proporções que variam com o tempo. Não há necessidade de estimação e nem conhecer a função de produção.

O termo produtividade total de fatores é usado para que se possa distinguir essa taxa da taxa de crescimento da produtividade do trabalho, definida por  $(gY - gL)$ , a taxa de crescimento do produto menos a taxa de crescimento do trabalho. O resíduo de Solow está relacionado à taxa de progresso tecnológico de um modo simples. O resíduo é igual à parcela do trabalho multiplicada pela taxa de progresso tecnológico (BLANCHARD, 2004).

### 3.2.3. Função de Produção

Uma função de produção relaciona a quantidade factível máxima de produto que pode ser gerado a partir de quantidades específicas de diversos insumos para uma dada tecnologia. Segundo Bonelli (1998, p.4),

“O método da função de produção postula que existe uma relação física entre um determinado nível de produção e a utilização de insumos necessários, mostrando a razão segundo a qual cada recurso ou insumo é transformado em produto. A forma funcional mostra o nível de produto alcançável para cada combinação de insumos. Para proceder à escolha de uma forma funcional para a função de produção alguns fatores devem ser ainda observados, especialmente a característica dos retornos (constantes, crescentes ou decrescentes) dos fatores variáveis. Dentre as funções mais utilizadas em pesquisas aplicadas destaca-se a Cobb-Douglas”.

Se, X e Y representam as quantidades de dois insumos, como capital e mão-de-obra, usados na produção de uma quantidade Q de produto, uma função de produção pode ser expressa por:

$$Q = f(K, L) \quad (2.25)$$

Onde K é a quantidade do insumo capital e L a quantidade da mão-de-obra. A função  $f$  incorpora a tecnologia existente na produção de Q a partir dos insumos K e L. Uma função comumente utilizada é:

$$Q_t = A_t L_t^\beta K_t^{1-\beta} \quad (2.26)$$

Onde  $Q_t$  é a quantidade produzida no período t,  $L_t$  e  $K_t$  representam, respectivamente, o capital e o trabalho utilizados no período t e  $A_t$  é uma variável que captura mudanças na tecnologia, ou seja, quanto o maior o valor de A, mais avançada é a tecnologia, ou, como demonstrado mais a frente no resíduo de Solow, A também é a própria produtividade.

Na função, A e  $\beta$  são parâmetros a serem estimados e Q, L e K são, respectivamente, índices de produto, mão-de-obra e capital. Neste modelo, a soma dos expoentes é igual à unidade, indicando que há rendimentos constantes de escala. Esse modelo multiplicativo específico é conhecido como **Função de Cobb-Douglas**<sup>14</sup>. Posteriormente, Cobb e Douglas e outros pesquisadores realizaram novos estudos e a suposição de rendimentos constante de escala passou a ter peso menor, empregando-se uma nova função:

$$Q = AL^{\beta_1} K^{\beta_2} \quad (2.27)$$

Onde, expoentes são independentes, cuja soma pode ser maior, igual ou menor que a unidade, com a seguinte definição:

$$\beta_1 + \beta_2 = 1 \rightarrow \text{rendimento constante de escala}$$

---

<sup>14</sup> Desenvolvida pelo economista americano PAUL DOUGLAS (1892-1976) e matemático CHARLES W. COBB.

$\beta_1 + \beta_2 > 1 \rightarrow$  rendimento crescente de escala

$\beta_1 + \beta_2 < 1 \rightarrow$  rendimento decrescente de escala

A função de Cobb-Douglas pode ser também decomposta numa relação logarítmica linear, calculando-se os logaritmos de todas as variáveis.

$$\text{Log } Q = \text{Log } \alpha + \beta_1 \text{Log } L + \beta_2 \text{Log } K \quad (2.28)$$

Outra interpretação que pode ser dada aos parâmetros da função de Cobb-Douglas, refere-se à elasticidade do produto, ou seja, os parâmetros medem a variação percentual em Q, resultante de um aumento percentual em K ou L. Dessa forma,  $\beta_1$  representa a elasticidade do produto em K e L, considerados imutáveis para determinado nível de produção (MARQUES, 1995).

#### **3.2.4. Produtividade parcial de fatores ou produtividade média do trabalho**

Por conta das dificuldades encontradas de mensurar a produtividade por meio da produtividade total de fatores, sobretudo no aspecto do estoque de capital, é muito comum as estimativas serem feitas por meio da produtividade parcial de fatores. Nestes termos, por questão de simplicidade, usa-se (e.g) a produtividade média do trabalho<sup>15</sup>, mas com a ressalva de que ela é apenas uma parcela da variação de eficiência técnica, que, por sua vez, é um componente da PTF. Assim, a análise dos resultados têm de ser feita levando em consideração que o aumento da produtividade total pode também advir dos efeitos de escala e variação tecnológica (MARINHO, et al 2000).

Sendo assim, a produtividade parcial trata da divisão da produção por um insumo ou fator de produção, geralmente a mão-de-obra. Porém, como já aludido por Marinho, et al 2001, o adequado é tomar a produtividade como resultado da divisão do valor real da produção pelo número de horas empregadas na produção. De modo que:

---

<sup>15</sup> Para visão geral sobre teorias relacionadas à produtividade, consultar (CARVALHO, 2001).

$$PP = P / H \quad (2.29)$$

Onde, P é o valor real da produção, H o número de horas pagas (homens-horas), empregadas na produção e PP a produtividade média do trabalho ou produtividade parcial.

Na maioria dos trabalhos científicos sobre produtividade, a PTF é calculada a partir de estimativas para o estoque de capital e de horas trabalhadas e de uma função de produção agregada. O estoque de capital e suas estimativas são feitos basicamente por meio da acumulação do investimento, porém, como descrito em Pritchett (2000), este método apresenta uma série de problemas. Da mesma forma, problemas relacionados ao uso do capital costumam ser desconsiderados no cálculo da PTF em vários trabalhos aplicados. Uma vez que a PTF é calculada como um resíduo, estes problemas relacionados à mensuração dos insumos podem implicar em um grande viés na série estimada de produtividade.

Segundo Bonelli (1998), outra maneira adequada de medir a produtividade é partindo de duas identidades contábeis. A primeira expressa o Valor Bruto da Produção Industrial X como a soma do Valor Adicionado V e das compras de insumos I. A variável I é subdividida em insumos nacionais Z e insumos importados M. Logo:

$$X \equiv V + Z + M \quad (2.30)$$

As suas respectivas variações:

$$\Delta X \equiv \Delta V + \Delta Z + \Delta M \quad (2.31)$$

Dividindo todos os termos pela produção bruta X, do período base (e após algumas manipulações) chega-se a:

$$\Delta X/X \equiv (\Delta V/V).(V/X) + (\Delta Z/Z).(Z/X) + (\Delta M/M).(M/X) \quad (2.32)$$

Em termos de taxas de crescimento:

$$x \equiv a.v + b.z + c.m \quad (2.33)$$

Onde:

$x$  é a taxa de variação do produto bruto;

$a$  é participação relativa do valor adicionado no produto;

$v$  é a taxa de variação do valor adicionado;

$b$  é participação relativa dos insumos nacionais no produto;

$z$  é a taxa de variação dos insumos nacionais;

$c$  é participação relativa dos insumos importados no produto;

$z$  é a taxa de variação dos insumos importados;

A produtividade, por sua vez, pode ser escrita como a identidade:

$$P \equiv V/H \quad (2.34)$$

ou

$$V \equiv P.H \quad (2.35)$$

Onde  $V$  é o valor adicionado,  $P$ , a produtividade e  $H$  é a quantidade de insumos de mão-de-obra em termos de homens-hora, por exemplo. Novamente, variações relativas em  $V$  podem ser descritas por:

$$v \equiv p + h + p.h \quad (2.36)$$

Substituindo-se a equação (2.36) em (2.33) chega-se a:

$$x \equiv a.(p + h + p.h) + b.z + c.m \quad (2.37)$$

De acordo com essa equação, Bonelli afirma que é possível estimar a taxa de crescimento da produtividade  $p$  corretamente medida, isto é, considerando o valor adicionado, e não o Valor Bruto da Produção.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

Neste capítulo são apresentados os métodos utilizados no presente estudo. O capítulo está dividido conforme a seguir. Primeiramente, são apresentadas as justificativas para o período da série estudada; em seguida, são definidas as variáveis que compõem a pesquisa. A etapa seguinte consiste na especificação do tratamento às variáveis referentes à sazonalidade e deflacionamento para em seguida apresentar todos os procedimentos econométricos.

### **4.1. Variáveis e indicadores utilizados**

Para conferir ao trabalho maior consistência teórica, cabe apresentar aspectos metodológicos utilizados. As considerações iniciais referem-se ao período escolhido para análise, que compreende janeiro de 1995 a dezembro de 2004. Tal escolha é decorrente das circunstâncias que marcaram tanto a economia brasileira nesse período, como o Pólo Industrial de Manaus.

A partir do ano de 1995, a economia brasileira começa um novo ciclo, compreendendo o primeiro ano de implantação do Plano Real e também, o período em que as mudanças na indústria brasileira, provocada pela abertura comercial no início dos anos 90, faziam-se presentes e consolidadas. Vale considerar também que, no ano de 1999 ocorreu a maxidesvalorização da moeda brasileira, promovendo mudanças significativas na economia, sobretudo no PIM. Portanto, o período de análise com série de 120 meses, capta os principais efeitos na economia do Pólo Industrial de Manaus-PIM, em especial o aumento do faturamento e do nível de empregos gerados.

As variáveis utilizadas no estudo são coletadas exclusivamente da base de dados SUFRAMA, que compreende valores do faturamento, compras de insumos, salários e encargos dispendidos, ativos permanentes e quantidade de mão-de-obra empregada, necessárias ao cálculo da produtividade do PIM. O indicador de inflação utilizado para corrigir os valores é o IGPM-Índice Geral de Preços de Mercado. Os dados, devidamente corrigidos pelo índice de inflação,



são apresentados em forma de um índice e logaritmizados. O uso do logaritmo permite que os valores de seus respectivos coeficientes expressem diretamente as elasticidades.

Finalmente, destaca-se o fato de que todos os indicadores cujos comportamentos serão analisados posteriormente (faturamento, salários e investimentos) foram dessazonalizados para compor a produtividade. As series originais e dessazonalizadas estão demonstradas nos anexos XIX, X e XI. O objetivo é captar o comportamento dessas variáveis no longo prazo sem sofrer as influências das variações sazonais. O método de ajustamento sazonal utilizado foi o processo multiplicativo das razões de médias móveis<sup>16</sup>. Este método consiste em se computar a média móvel anual das séries e, em seguida, calcular as razões entre os valores mensais (que compõem um ano) em relação à média móvel do ano em questão. De posse desses dados, é feita uma média de todas as razões durante todos os anos da amostra para cada mês, separadamente. Essas médias são os efeitos sazonais. Finalmente, são computadas as séries ajustadas dividindo-se os seus valores originais pelos fatores sazonais, que estão demonstrados no anexo XII. Vale ainda ser salientado que este método só pode ser adotado quando as séries apresentam estritamente valores positivos, condição esta que é plenamente cumprida no caso das séries em questão (NOGUEIRA e ROSA, 2002).

## **4.2. Recursos tecnológicos**

Devido o nível de complexidade envolvendo as variáveis e a metodologia em seguida abordada, utilizou-se como recurso tecnológico de apoio, o software Excel de planilhas eletrônicas, o pacote econométrico E-VIEWS, versão 3.0 e o software de cálculos matemáticos, estatísticos e econométrico Macrodados, versão 6.0.

## **4.3. Cálculo da produtividade**

---

<sup>16</sup> Para maiores detalhes sobre esse procedimento, consultar SANTANA, (2003). O software E-wiews realiza esses cálculos automaticamente.

Como ainda não se dispõe de estatísticas relativas à produtividade do PIM, este estudo tem como um de seus objetivos, mensurar a produtividade do PIM para aplicação do teste da Lei de Kador-Verdoorn. As variáveis utilizadas na mensuração da produtividade serão: faturamento, salários e encargos, insumos locais, nacionais e importados e a quantidade de mão-de-obra. Como exposto, as variáveis serão todas logaritmizadas e transformadas em índice. A metodologia para o cálculo da produtividade é aquela proposta por Bonelli (1998), já exposta no item 2.2.4. Será realizado também, cálculo da Produtividade Total de Fatores seguindo a metodologia da contabilidade do crescimento, discutida no item 2.2.2. Tal procedimento decorre da necessidade, a priori, de se obter um indicador de produtividade mais próximo da realidade possível, tendo em vista que a produtividade total de fatores compreende a utilização de mais variáveis no modelo.

#### **4.4. Modelo econométrico**

Os procedimentos econométricos discutidos e apresentados a seguir compreendem, inicialmente, a propriedade estocástica das séries, seguida dos testes de raiz unitária. Em seguida, são apresentados os modelos para teste de co-integração entre as variáveis, isto é, se apresentam relação de longo prazo e, complementar a este tema, o modelo de correção de erros MCE. Finalmente, faz-se teste de causalidade entre as variáveis estudadas encerrando o capítulo com a apresentação do modelo de vetor auto-regressivo (VAR).

##### **4.4.1. Raiz Unitária**

###### **a) Séries estacionárias e não-estacionárias**

A maioria das séries temporais segue uma tendência estocástica<sup>17</sup>, isto é, variam com o tempo. Estas séries temporais são chamadas séries não estacionárias, também chamadas de passeios aleatórios (*random walks*) (HILL, et al, 2003) seguindo uma tendência. Diferem das estacionárias que não crescem no tempo, mas sim flutuam em torno de um valor dado. Conforme Wooldridge (2000), um processo de série de tempo estacionário é aquele em que suas distribuições

---

<sup>17</sup> Segundo Wooldridge (2000), processo estocástico refere-se a uma sucessão de variáveis aleatórias indexadas no tempo.

probabilísticas sem mantêm estáveis ao longo do tempo. Dito de outra forma, sua média tem de ser constante ao longo do tempo ( $E(y)$  e constante para todo  $t$ ). Finalmente, a sua covariância indica que a autocorrelação entre dois valores de  $y$  tomados a partir de dois períodos de tempo distintos depende somente do intervalo do tempo entre esses dois valores e não da sua data ( $Cov(y_t, y_{t+s})$  e é constante para todo  $t$  que não seja igual a  $s$ ).

Antes de se realizar as modelagens discutidas a seguir, cabe demonstrar graficamente, as propriedades estocásticas das séries referidas neste estudo. Todas as séries estão dispostas em índice, depois de logaritmizadas e dessazonalizadas. Conforme figura 1, observa-se que as séries seguem processo de crescimento de 1995 a 2004, com queda em 1999, fato que pode ser atribuído à desvalorização da moeda brasileira nesse período e, a partir de então, outro movimento de alta até o ano de 2003, seguido de queda em 2004. Tal movimento indica que essas séries são não-estacionárias, isto é, seguem passeio aleatório.

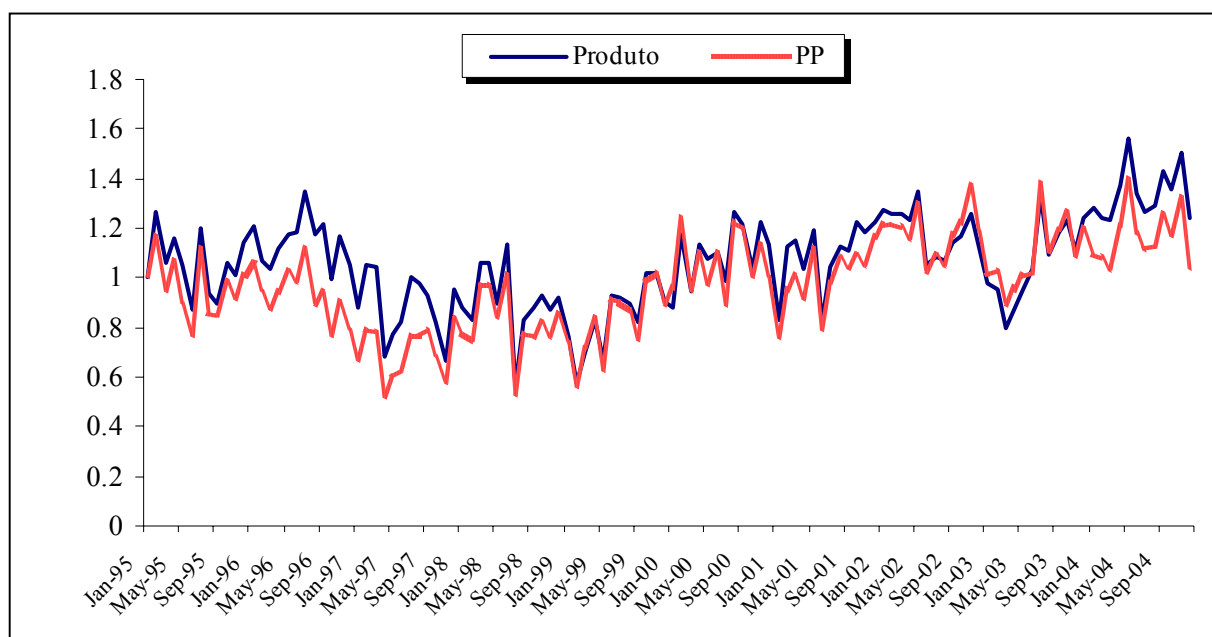


Figura 2 - Série Valor total da produção (produto) e Produtividade média do trabalho (PP) no período de janeiro de 1995 a dezembro de 2004 (série dessazonalida e logaritmizada)

Fonte: Suframa

Nos modelos econômicos, em geral se recorre a séries que convirjam para uma solução de equilíbrio no longo prazo, por isso elas devem ser estacionárias. No entanto, como já dito, a maioria das séries são não-estacionárias, o que leva à necessidade da utilização de ferramentas econométricas para contornar esse problema. A diferenciação das séries é o instrumento utilizado para essa correção.

De acordo com Santana (2004) as séries estacionárias apresentam ordem de integração igual a zero, isto é, são estacionárias em nível, enquanto que as séries não estacionárias apresentam ordem de integração maior ou igual a um. Para Santana, o universo de séries não-estacionárias é extenso, por isso deve-se avaliar o processo gerador de cada série antes de incluí-las nos modelos de análise.

A média de uma variável sendo dependente do tempo, a covariância não será estacionária. Neste caso ocorre o processo de tendência estacionária. Portanto, basta eliminar a tendência para que a série torne-se estacionária (SANTANA, 2004). Um outro caso de processo não-estacionário é o modelo de raiz unitária, isto é, quando o processo gerador dos dados possui uma raiz unitária, descrito como:

$$Y_t = Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.1)$$

Na terminologia adotada por Stock e Watson (2004), diz-se que uma série que possui uma tendência de passeio aleatório é integrada de ordem um ou I(1); uma série que possui uma tendência na forma de  $\Delta Y_t = \beta_0 + \Delta Y_{t-1} + u_t$ , é integrada de ordem 2, ou I(2) e uma série que não possui uma tendência estocástica e é estacionária é integrada de ordem zero, ou I(0). A ordem de integração na terminologia I(1) e I(2) é o número de vezes que a série precisa ser diferenciada para ser estacionária: se  $Y_t$  é I(1), então a primeira diferença de  $Y_t$ ,  $\Delta Y_t$  é estacionária e, se  $Y_t$  é I(2), então a segunda diferença de  $Y_t$ ,  $\Delta^2 Y_t$  é estacionária. Se,  $Y_t$  é I(0), então  $Y_t$  é estacionária.

Sabe-se que os procedimentos padrões de inferência não se aplicam a regressões que contém uma variável dependente integrada ou variáveis independentes integradas. Na análise de

regressão tradicional é dada grande importância às medidas da qualidade do ajustamento (como o R-quadrado ou o erro médio da regressão) e a estatísticas t. Mas pode ocorrer o fenômeno da regressão espúria, particularmente, quando as variáveis envolvidas são passeios aleatórios (PINDYCK, 2004). Com a emergência da literatura sobre regressões espúrias, sabe-se agora que as técnicas clássicas de regressão são inválidas quando aplicadas a variáveis que incluem um forte “movimento de tendência”.

Tal fenômeno decorre do fato de que a inferência estatística clássica foi desenhada apenas para variáveis que são estacionárias. Portanto, é fundamental testar se uma série é estacionária ou não antes de usá-la em uma regressão. O método formal para se testar se uma série é estacionária é o teste de raiz unitária que tem, como principal finalidade, verificar a ordem de integração das séries econômicas, isto é, o número de defasagens necessárias para que a série se torne estacionária.

Os testes mais comumente utilizados para detectar raiz unitária nas séries temporais são os testes de Dickey-Fuller (DF), Dickey-Fuller Aumentado (DFA) e Phillips-Perron (PP), porém, optou-se neste estudo apenas pelo DF e DFA.

## b) Teste Dickey-Fuller

O teste Dickey-Fuller baseia-se no seguinte modelo de regressão

$$\Delta y_t = \alpha + \beta_t + \eta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.2)$$

Sendo que,

$$\eta = \sum_{i=1}^p \rho_i - 1$$

$Y$  denota a variável dependente e  $\Delta$  denota o operador de diferença ( $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ ). Os parâmetros a serem estimados são  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\eta$  e  $\varepsilon$  é um ruído branco<sup>18</sup>. As estatísticas

$\tau_\tau$ ,  $\tau_\mu$  e  $\tau$  apresentadas por Dickey & Fuller (1981) correspondem ao teste  $t$  para a estimativa do coeficiente da variável  $Y_{t-1}$  da equação (3.2). Essas estatísticas são especificadas para um modelo que inclui uma constante e uma tendência ( $\tau_\tau$ ), um modelo incluindo apenas constante ( $\tau_\mu$ ) e um modelo sem constante e sem tendência ( $\tau$ ). As hipóteses testadas nesses modelos correspondem a:

$H_0$ :  $y_t$  não é  $I(0)$  - a série não é estacionária;

$H_1$ :  $y_t$  é  $I(0)$  - a série não é integrada, ou seja, trata-se de uma série estacionária.

Foram utilizadas também as estatísticas  $\phi_\beta$  e  $\phi_\alpha$ , obtidas por Dickey & Fuller (1979 e 1981), que testam se o coeficiente da variável tendência, bem como a constante e o coeficiente da variável  $y_{t-1}$ , são estatisticamente iguais a zero na eq. (3.2). Os valores críticos para os testes individuais encontram-se em MACKINNON (1991), enquanto que os valores tabelados para os testes conjuntos encontram-se em DICKEY e FULLER (1981).

### c) Teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF)

Ao se produzir uma regressão para estimar o modelo acima da equação (3.2), nota-se que não é possível fazer um teste-T convencional pois, como demonstrado por Dickey e Fuller (1979), a estatística T não segue a distribuição de Student quando a hipótese nula de raiz unitária é verdadeira. A distribuição não-standard da estatística T neste caso foi identificada e tabulada por Dickey-Fuller. MacKinnon (1991), produziu estimativas que permitem o cálculo de valores críticos para rejeição da hipótese nula para qualquer tamanho de amostra, com ou sem inclusão de constante e tendência temporal.

---

<sup>18</sup> Apresenta distribuição normal, independente e identicamente distribuída, com média zero e variância constante.  $\varepsilon \sim i.i.d.N(0, \sigma^2)$  (SANTANA, 2003).

O teste descrito acima só vale para o modelo AR(1). Para considerar ordens auto-regressivas maiores, foi deduzido um modelo “aumentado” (Augmented Dickey-Fuller) ou DFA.

O referido processo consiste em incorporar na equação (3.2) a variável dependente defasada em número suficiente para se obter os resíduos serialmente não-correlacionados.

$$\Delta y_t = \alpha + \beta_t + \eta y_{t-1} + \sum \lambda \Delta y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.3)$$

Sendo que,

$$\lambda_i = - \sum_{j=i+1}^p \rho_j$$

Para  $p$  representando a ordem do modelo auto-regressivo ou o número de defasagens suficientes para que os resíduos resultantes sejam não correlacionados (ruído branco). Neste caso, tem-se o teste denominado de Dickey-Fuller Aumentado (ADF). Desse modo, hipótese nula é rejeitada em determinado nível de significância quando o valor calculado da estatística ADF for menor que o valor crítico de MacKinnon correspondente.

Assim como no modelo simples DF, a sistemática do teste consiste em estimar primeiramente o modelo mais geral, passando para os específicos, isto é, sem tendência e intercepto, depois com tendência e sem intercepto e finalmente com tendência e com intercepto.

#### **d) Critério de Akaike (AIC) Schwarz (SC)**

Para determinação do número de defasagens foram utilizados os testes AIC (AKAIKE Information Criterion) e SC (SCHWARZ Bayesian Criterion). O critério de Akaike (AIC) é uma estatística freqüentemente utilizada para a escolha da especificação ótima de uma equação de regressão no caso de alternativas não aninhadas. Dois modelos são ditos não aninhados quando não existem variáveis independentes comuns ao dois. O modelo adequado é aquele que produzir o menor valor do critério de Akaike. O critério de Akaike é definido como:

$$AIC = 2 * (k-L) / N \quad (3.4)$$

Onde  $L$  é a estatística log-verossimilhança,  $N$  o número de observações e  $k$  o número de coeficientes estimados (incluindo a constante).

Já o critério de Schwarz é uma estatística semelhante ao critério de Akaike, com a característica de impor uma penalidade maior pela inclusão de coeficientes adicionais a serem estimados. O critério de Schwarz (SC) é definido como:

$$SC = (k \cdot \log(N) - 2 \cdot L) / N \quad (3.5)$$

#### 4.4.2. Co-integração

A econometria tem como um de seus objetivos, avaliar empiricamente as teorias econômicas, que, segundo FAVA (2000 249p.) pressupõem relações de equilíbrio de longo prazo entre variáveis econômicas. A verificação das teorias econômicas, em geral, é feita com séries temporais, apresentando, na maioria das vezes, tendências que podem levar a regressões espúrias. Regressões espúrias ocorrem quando se tem um alto  $R^2$  sem uma relação significativa entre as variáveis. Isto ocorre devido ao fato de que a presença de uma tendência, decrescente ou crescente, em ambas as séries leva a um alto valor<sup>19</sup> do  $R^2$ , mas não necessariamente a presença de uma relação verdadeira entre séries (GUJARAT, 2000).

Duas ou mais séries temporais com tendências estocásticas podem mover-se juntas, com tanta proximidade no longo prazo que parecem ter o mesmo componente de tendência, isto é, parecem ter uma tendência comum. De acordo com a definição de Engle e Granger (1987), quando duas ou mais séries possuem uma tendência estocástica comum, elas são co-integradas. A definição formal de co-integração é a seguinte:

---

<sup>19</sup> A regressão que apresenta  $R^2$  alto e Durbin Watson baixo pode ser um indicador de regressão espúria (GRANGER e NEWBOLD, 1974). Recomenda-se que regressões com  $R^2 > DW$  sejam analisadas com acuidade.



Para  $X_t$  e  $Y_t$  integradas de ordem 1. Se, para algum coeficiente  $\theta$ ,  $Y_t - \theta X_t$  é integrada de ordem zero, diz-se que  $X_t$  e  $Y_t$  são co-integradas.  $\theta$  é chamado de coeficiente de co-integração.

Se,  $X_t$  e  $Y_t$  são co-integradas, elas possuem tendência estocástica igual ou comum. A diferença de  $X_t - \theta Y_t$  elimina essa tendência.

Portanto, a definição de co-integração requer que todas as variáveis do modelo sejam integradas de mesma ordem. Segundo Harris (1995), a interpretação econômica da co-integração é que se duas ou mais variáveis possuem uma relação de equilíbrio de longo prazo, então mesmo que as séries possam conter tendências estocásticas (isto é, serem não estacionárias), elas irão mover-se juntas no tempo e a diferença entre elas será estável (isto é, estacionária). Em suma, o conceito de co-integração indica a existência de um equilíbrio de longo prazo, para o qual o sistema econômico converge no tempo.

#### **a) Teste de co-integração de Johansen**

De acordo com Margarido (2004), a importância dos testes de co-integração reside no fato de permitirem verificar se existe equilíbrio, ou relacionamento, de longo prazo entre as variáveis econômicas. Conforme o autor, há três tipos de testes de co-integração: o teste de Engle-Granger<sup>20</sup>, sendo este o mais utilizado devido sua facilidade; o teste de Phillips-Ouliaris, o qual foi originalmente apresentado em Phillips e Ouliaris (1990) apud Margarido (2004) e, mais recentemente, o teste de Johansen, desenvolvido por Johansen e Juselius (1990) apud Margarido (2004) que passou a ser amplamente utilizado com o aperfeiçoamento de diversos softwares.

O teste de Johansen, apesar de exigir maiores nuances de cálculos para sua aplicação e análise dos resultados, a principal vantagem desse teste, comparativamente aos dois primeiros, consiste na determinação do número de vetores de co-integração. Ou seja, enquanto os testes de Engle-Granger e Phillips-Ouliaris permitem somente verificar se as variáveis são co-integradas

---

<sup>20</sup> Desenvolvido por Engle e Granger (1987).

ou não, o teste de Johansen permite identificar quantos vetores de co-integração existem entre as variáveis.

Sendo assim, o teste de co-integração que será empregado neste trabalho é o proposto por Johansen, que, segundo Santana (2003), adota metodologia de representação auto-regressiva para a equação co-integrada como a seguir.

$$Y_t = a_1 Y_{t-1} + \dots + a_p Y_{t-p} + bX_t + \varepsilon_t \quad (3.6)$$

Onde,

$Y_t$  é uma série temporal não estacionária, ou I (1);

$a$  é um vetor

$X_t$  é uma série temporal determinística<sup>21</sup>;

$\varepsilon_t$  é uma série ruído branco

Santana (2003), afirma que fazendo o mesmo processo empregado para o teste de raiz unitária, obtém-se a equação reparametrizada de Johansen, escrita como:

$$\Delta Y_t = \alpha Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \beta_i \Delta Y_{t-i} + bX_t + \varepsilon_t \quad (3.7)$$

Onde,

$$\alpha = \sum_{i=1}^p a_i - 1$$

$$\beta = - \sum_{j=i+1}^p a_j$$

---

<sup>21</sup> Conforme Margarido (2004), esse vetor pode ser: constante, tendência linear, dummies sazonais, dummies de intervenção, ou qualquer outro tipo de regressor que seja considerado fixos e não estocástico.

Conforme Johansen e Juselius (1990) apud Margarido (2004), para testar a presença de vetores de co-integração, utiliza-se a estatística traço  $\lambda$ . Para os autores, a hipótese nula de que

$$H_0 : \lambda_i = 0 \quad i = r + 1, \dots, n$$

existem pelo menos  $r$  vetores de co-integração é representada matematicamente como:

ou seja, somente os primeiros  $r$  autovalores ( $\lambda$ ) são diferentes de zero. Essa restrição pode ser imposta para diferentes valores de  $r$ . O próximo passo consiste na comparação do valor do logaritmo da função de verossimilhança do modelo com restrição, relativamente ao logaritmo da função de verossimilhança do modelo sem restrição. Esse teste é denominado de estatística traço e é representado em termos algébricos como:

$$\lambda_{trace} = -2 \log(Q) = -T \sum_{i=r+1}^n \log(1 - \hat{\lambda}_i) \quad (3.8)$$

$$r = 0, 1, 2, \dots, n-2, n-1$$

Sendo que,

$Q$  é a função de verossimilhança restrita maximizada ÷ função de verossimilhança sem restrição maximizada;<sup>22</sup>

$r$  é rank de co-integração;

$n$  é o número de variáveis endógenas;

$\lambda$  é o  $i$ -ésimo maior auto-valor (ou raiz característica)

$T$  é o número de observações

De acordo com Santana (2003), “a hipótese nula testada por meio da estatística traço é de que o número de relações de co-integração é um processo seqüencial que varia de  $r = 0$  a  $r = k - 1$ , repetido até rejeitar a hipótese nula. Se a hipótese nula de que  $r = 0$  é testada, a hipótese alternativa é de que  $r > 0$ ”, ou seja:

<sup>22</sup> Maiores detalhes podem ser encontrados em Enders (1995) e Harris (1995) apud Margarido (2004).

$H_0 : r = 0$  de que não há relação de co-integração entre as séries;

$H_1 : r > 0$  de que há pelo menos uma relação de co-integração entre as séries.

De maneira geral, o teste de Johansen permite determinar a existência de parâmetros co-integrantes (ajuste de longo prazo) com suas respectivas “velocidades de ajuste” indicadas pelos coeficientes das variáveis co-integrantes. A continuação desse processo é a utilização da metodologia do Modelo de Correção de Erro ou Vetor de Correção de Erro (VEC) para ter a garantia de que o VAR contém variáveis co-integradas.

#### **b) Modelo de Correção de Erro (MCE)**

Conforme FREITAS, et al (2001), detectada a co-integração entre as variáveis, inclui-se o modelo de correção de erro (MCE), através da estimação de uma regressão, mas desta vez, com as variáveis diferenciadas e não em nível. Assim, de acordo com Wooldridge (2001), o modelo é:

$$\Delta y_t = \alpha_0 + \alpha_1 \Delta y_{t-1} + \gamma_0 \Delta x_t + \gamma_1 \Delta x_{t-1} + \delta(y_{t-1} - \beta x_{t-1}) + u_t \quad (3.9)$$

O termo  $\delta(y_{t-1} - \beta x_{t-1})$  denomina-se termo de correção de erro e é um exemplo de modelo de correção de erro MCE (WOOLDRIDGE, 2001).

O modelo de correção de erro permite a ligação entre aspectos relacionados com a dinâmica de curto com os de longo prazo. Em outras palavras, segundo Banerjee et al. (1993, p.139) apud FREITAS, et al (2001), os “mecanismos de correção de erro pretendem fornecer um caminho para combinar as vantagens de se modelar tanto em nível quanto nas diferenças. Em um modelo de correção de erro, tanto a dinâmica do processo de ajustamento de curto prazo (variações), quanto de longo prazo (níveis) são modelados simultaneamente”. Nas palavras de Santana, (2003):

“Sendo as séries temporais co-integradas de ordem I(1), o modelo que mais bem representa a dinâmica das relações entre as séries é o modelo de correção de erro MCE, que pode ser especificado com as séries nas primeiras diferenças, incluindo o termo de

erro da equação co-integrada e excluindo a mudança contemporânea  $\Delta X_t$ ”.

No enfoque de Enger e Granger (1987), o modelo de correção de erro, o qual representa a dinâmica de curto prazo das variáveis, inclui uma variável defasada de um período representativa dos desvios em relação ao equilíbrio de longo prazo. No modelo de correção de erros, o ajuste ocorre após “n” defasagens. Assim, o termo de correção de erros que denota a relação de longo prazo é dado por  $\delta(y_{t-1} - \beta x_{t-1})$ .

#### 4.4.3. Causalidade no sentido de Granger<sup>23</sup>

Caso seja confirmada correlação positiva entre produção e produtividade como preconiza a lei de lei de Kaldor-Verdoorn e, com base no teste de co-integração para confirmar a hipótese de que esta inter-relação entre produção e produtividade se dá no sentido de que é o crescimento da primeira que causa o crescimento da segunda e não o contrário, realiza-se o teste de causalidade de Granger. As hipóteses serão as seguintes:

Ho: A produção não causa a produtividade

H1: A produtividade não causa a produção

Esse teste é importante para refutar a hipótese de uma grande parte de pesquisadores que preconizam essa como uma relação de simultaneidade. A crítica de Gomulka-Rowthorn à lei de Kaldor-Verdoorn, por exemplo, é de que a maneira mais apropriada de se estudar a inter-relação entre o crescimento da produtividade e o crescimento da produção seria através de um sistema de

---

<sup>23</sup> De acordo com Feijó e Carvalho (2002), existe restrição na literatura a respeito desse teste. Kennedy (1992) refere-se ao teste com a expressão “causalidade em termos de Granger”, para destacar a cautela que se deve ter quanto ao uso do termo. Para este autor, o teste de causalidade de Granger trata mais de precedência do que de causalidade.

equações simultâneas, uma vez que estes autores percebem que a causalidade entre as variáveis em análise se daria em ambos os sentidos e não apenas no sentido produção–produtividade (MARINHO, 2002).

A abordagem de Granger pretende evitar os conhecidos problemas da análise de correlação, que não permite derivar qualquer noção relevante de causalidade a partir de um elevado coeficiente de correlação de duas variáveis. A solução de Granger consiste em medir, através de análise de regressão, quanto do valor corrente de  $y$  pode ser explicado por valores passados de  $y$  para, em seguida, determinar se a explicação melhora quando são adicionados valores defasados de  $x$ .

Se, de fato os coeficientes dos valores defasados de  $x$  são estatisticamente significantes, pode-se afirmar que  $x$  Granger causa  $y$ , ou seja, a série  $x$  ajuda na previsão do valor corrente de  $y$ . Sendo assim, após selecionar duas séries, é necessário especificar o número de defasagens a serem utilizados, representados pelos modelos:

$$Y(t) = \alpha_0 + \alpha_1 * Y_{(t-1)} + \dots + \alpha_p * Y_{(t-p)} + \beta_1 * X_{(t-1)} + \dots + \beta_p * X_{(t-p)} + \varepsilon(t) \quad (3.10)$$

$$X(t) = \alpha_0 + \alpha_1 * X_{(t-1)} + \dots + \alpha_p * X_{(t-p)} + \beta_1 * Y_{(t-1)} + \dots + \beta_p * Y_{(t-p)} + \varepsilon(t) \quad (3.11)$$

As especificações 3.10 e 3.11 são modelos mistos, envolvendo tanto componentes auto-regressivos, quanto de defasagem distribuída. A hipótese nula é que  $X$  não Granger causa  $Y$  na primeira regressão e que  $Y$  não Granger causa  $X$  na segunda regressão. De acordo com Pindyck e Rubinfeld (2004), para testar a hipótese nula de que  $X$  não causa  $Y$ , estima-se uma regressão de  $Y$  em relação a valores defasados de  $Y$ , bem como valores defasados de  $X$ , neste caso, uma regressão “irrestrita”. Em seguida, estima-se uma regressão de  $Y$  em relação a valores defasados de  $Y$ , sendo está uma regressão “restrita”, como a seguir.

$$Y = \sum_{i=1}^m \alpha_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_t \longrightarrow \text{regressão irrestrita} \quad (3.12)$$

$$Y = \sum_{i=1}^m \alpha_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad \longrightarrow \quad \text{regressão restrita} \quad (3.13)$$

Para determinar se os valores defasados de X contribuem de forma significativa no poder explicativo da primeira regressão, utiliza-se o teste F, representando por:

$$F = (N - K) \frac{(SQR_R - SQR_{UR})}{q(SQR_{UR})} \quad (3.14)$$

Onde,

$SQR$  e  $SQR_{UR}$  são a soma de quadrado dos resíduos nas regressões restrita e irrestrita;

$N$  é o número de observações;

$K$  é o número de parâmetros estimados na regressão irrestrita e;

$Q$  é o número de restrições de parâmetros.

Caso se confirme a significância, pode-se rejeitar a hipótese nula e concluir que os dados são consistentes com X como causa de Y. A hipótese nula de Y não causa X é testada da mesma maneira (PINDYCK e RUBINFELD, 2004).

#### 4.4.4. Modelo Auto-Regressivo Vetorial (VAR)

“Segundo o teorema da representação de Granger, um sistema de variáveis co-integráveis pode ser representado de três formas principais: como um vetor auto-regressivo (VAR), como um mecanismo de correção dos erros (MCE) e como médias-móveis. O teorema mostra, inclusive, que estas representações são todas isomórficas duas a duas”(MARINHO, NOGUEIRA e ROSA, 2002).

Santana (2003) afirma que o conceito de co-integração tem implicação direta sobre as representações dinâmicas por meio dos modelos de Vetores Auto-Regressivos (VAR). Numa situação em que as séries sejam não-estacionárias  $I(1)$  e não co-integradas, podem ser representadas por um modelo dinâmico VAR especificado nas primeiras diferenças, conforme

discutido a seguir. Porém, antes da abordagem dos modelos de vetores auto regressivos, cabe uma breve abordagem sobre os modelos auto-regressivos.

De acordo com Stock e Watson (2004), um modelo auto-regressivo compreende a regressão de uma série por sua própria defasagem e classificado de acordo com sua ordem de defasagem. De outra forma, consiste em explicar uma variável por meio de valores passados dela mesma e de valores passados de choques. Como nenhuma outra variável está implicitamente envolvida no modelo, ele é chamado de univariado (SARTORIS, 2003). Uma auto-regressão de primeira ordem é abreviada por AR(1), onde 1 indica que ela é de primeira ordem. O modelo AR(1) da população para a série  $y_t$  é:

$$y_t = \theta_0 y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3.15)$$

No caso da equação (3.15), o intercepto pode ou não ser incluído, dependendo da média de o processo ser ou não zero. O erro  $\varepsilon_t$  desse modelo representa os choques que podem ocorrer sobre a variável  $y_t$  e, segundo Sartoris (2003), tem todas as características das hipóteses básicas de um modelo de regressão linear, ou seja, é um processo estacionário com média zero, com o detalhe de não apresentar auto-correlação, ou seja, ruído branco.

O modelo AR(1) utiliza  $y_{t-1}$  para prever  $y_t$ , porém como destaca Stock e Watson (2004), informações importantes do passado mais distante são ignoradas. Uma forma de incorporar essas informações é incluir novas defasagens ao modelo AR(1), produzindo um modelo de  $p$ -ésima ordem, ou um processo de regressivo de qualquer ordem, isto é, um AR(p):

$$y_t = \delta + \theta_1 y_{t-1} + \theta_2 y_{t-2} + \dots + \theta_p y_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.16)$$

Em que  $\delta, \theta_1, \dots, \theta_p$  são parâmetros fixos e podem ser estimados pelo método dos mínimos quadrados ordinários MQO.



De acordo com Santana (2003), se o objetivo é empregar o modelo auto-regressivo para gerar valores futuros da série temporal  $y_t$ , é necessário fixar o valor de  $p$ , que é a ordem do modelo AR. Portanto, deve-se escolher uma ordem grande o suficiente para que o comportamento de auto-correlação da ordem seja incluído. O método estatístico mais apropriado é o Critério de Akaike AIC, dado pela seguinte fórmula:

$$AIC = -2(l/T) + 2(k/T) \quad (3.17)$$

Em que,

$$l = -\frac{T}{2} \left[ 1 + \log(2\pi) + \log\left(\frac{\sum \varepsilon_t^2}{T}\right) \right] \quad (3.18)$$

O AIC é utilizado para selecionar um modelo entre tantos outros alternativos, de forma que o melhor é aquele que apresenta o menor valor de AIC.

### **a) Metodologia do VAR**

A metodologia VAR é, de certa forma, uma resposta à imposição de restrições a priori, que caracteriza os modelos econométricos convencionais: em um sistema de equações simultâneas se requer impor restrições sobre os parâmetros das mesmas, de forma a garantir a identificação e possível estimação das equações que o ajustam. Para isto, é indispensável classificar as variáveis em endógenas e exógenas, uma vez que elas são consideradas no modelo de forma defasada, sendo assim, tomadas como predeterminadas, isto é, cujos valores não são determinados pelo modelo no período atual. De modo geral, o modelo de Vetores Auto Regressivo nada mais é que uma generalização do modelo Auto Regressivo AR (p), acima apresentado, a séries de tempos múltiplas.

O VAR apresenta alternativamente, um sistema de equações simultâneas, no qual cada umas das variáveis são explicadas por suas próprias defasagens, como já exposto. Isto é, não se admite restrições a priori e, todas as variáveis, são consideradas endógenas. A única informação a priori que se inclui refere-se ao número de defasagens das variáveis explicativas que se incorporam em cada equação (E-VIEWS, User's guide, 1997).

A metodologia do VAR é também utilizada freqüentemente, embora com considerável controvérsia, nas análises de impacto dinâmico de diferentes tipos de perturbações e controles fortuitos em sistemas de variáveis. O estudo das interações dinâmicas estimadas é uma das motivações fundamentais dos usuários dos modelos VAR e, de fato, as aplicações deste modelo refletem esta motivação. Tais aplicações referem-se basicamente ao computo das funções impulso-resposta e da decomposição da variância do erro de previsão. As implicações dinâmicas do modelo estimado dependerão, evidentemente, da estrutura de correlações contemporâneas refletidas na matriz de perturbações<sup>24</sup>.

Segundo Alves e Bachi (2004), a metodologia VAR tem como limitação o fato de ter uma estrutura recursiva para as relações contemporâneas entre as variáveis. O modelo conhecido como VAR estrutural desenvolvido por Bernanke (1986) supera tal restrição e permite estabelecer relações contemporâneas tomando a teoria econômica como referência (Harvey, 1990 e Hamilton, 1994 apud ALVES e BACHI, 2004). O modelo pode ser assim descrito:

$$B_0 Y_t = \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \dots + \beta_p X_{t-p} + \varepsilon_t \quad (3.19)$$

em que  $y_t$  é um vetor de variáveis endógenas;  $B_j$  são matrizes de coeficientes a serem estimados, sendo esta matriz ( $n \times n$ ) para qualquer  $j$ , com  $B_0$  sendo a matriz de relações contemporâneas e  $\varepsilon_t$  um vetor  $n \times 1$  de choques ortogonais, isto é, pode ser correlacionado entre si, mas não correlacionado com seus valores defasados e não correlacionado com todas as variáveis do lado direito, de tal forma que  $E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = D$ . A equação (3.19) pode ser escrita por:

<sup>24</sup> Maiores detalhes de como realizar as incorporações, o computo das estimações do VAR, da função de impulso-resposta e da decomposição da variância do erro de previsão, pode ser obtida em Christopher A. Sims, "Macroeconomics and Reality" (1980) e "Macroeconometrics VAR: A Explanations" (1991).

$$B(L)y_t = \varepsilon_t \quad (3.20)$$

Sendo  $B(L)$  um polinômio com  $L(B_0 + B_1L + B_1L^2 + \dots + B_pL^p)$  com  $L$  representando operador de defasagem tal que  $L^j y_t = y_{t-j}$  para  $j$  inteiro. Para fins de estimação, pré multiplica-se (3.20) por  $B_0^{-1}$  e obtém-se a forma reduzida:

$$A(L)y_t = u_t \quad (3.21)$$

Onde  $A(L) = B_0^{-1}BL$ ,  $A_0 = I_n$  e  $u_t = B_0^{-1}\varepsilon_t$ .

A equação 3.21 é uma representação  $MA(\infty)$ . Tal representação pode ser transformada de tal forma que os valores atuais sejam uma função dos valores presentes e passados de um vetor de choques ortogonais. Como os erros não têm porquê estarem correlacionados, por isso se faz uma pré-multiplicação da equação por uma única matriz triangular ( $T$ ), com 1s na diagonal principal, que diagonaliza a matriz de covariância do erro, fixando em zero todos os coeficientes que não forem considerados livres. Assim, se obtém um novo modelo com erros ortogonais.

$$TY_t = T \sum_{i=1}^p \Pi_i Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3.22)$$

onde:  $\varepsilon_t$  é o vetor dos choques ortogonalizados e  $D = T\Sigma T$ , isto é, para cada matriz  $\Sigma$  real, simétrica e definida positiva, existe uma única matriz triangular  $P$  com 1s na diagonal principal e uma única matriz diagonal  $D$  com entradas positivas na diagonal, tal que:  $\Sigma = PDP'$ . Para se obter um novo modelo com erros ortogonais, basta fazer com que  $T = P^{-1}$ , de tal forma que:

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = [P^{-1}] E(\mu_t \mu_t') [P^{-1}] \quad (3.23)$$

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = [P^{-1}] \Sigma [P^{-1}]' \quad (3.24)$$

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = [P^{-1}] PDP' [P^{-1}]^{-1} \quad (3.25)$$

$$E(\varepsilon_t \varepsilon_t') = D \quad (3.26)$$

onde  $D$  - a matriz de variância e covariância dos erros transformados - é uma matriz diagonal que garante sua ortogonalidade. A partir deste modelo transformado pode-se obter as interações dinâmicas estimadas: a função de impulso-resposta ortogonalizada, calculando o efeito sobre  $Y_{t+s}$  de um impulso unitário  $\varepsilon_{t+s}$  e de decomposição da variância do erro de previsão, os quais são discutidos na alínea  $c$  desta seção.

A equação (3.21) pode ser estimada por mínimos quadrados ordinários e com o uso do procedimento de Bernanke (1986) pode-se estimar, através da maximização da função de verossimilhança, os coeficientes de  $B_0$  e  $D$ . Por outro lado, se o processo é estacionário, a equação pode ser escrita na forma de média móvel, como já explicitado. Assim, essa equação pode ser usada para analisar os efeitos dos choques e a decomposição da variância do erro de previsão.

O modelo, conforme descrito, requer o uso de séries estacionárias ou séries que se tornam estacionárias após a diferenciação, objetivando evitar obter um relacionamento espúrio entre as variáveis. O procedimento para esses testes estão descritos no item 3.3.1.

## **b) Especificação do sistema**

Conforme Calágua (2004), na prática é freqüente a existência de mais de duas variáveis endógenas e, muitas vezes, mais de uma defasagem. Um modelo de Auto-regressão Vetorial com duas defasagens para cada uma das duas variáveis endógenas e incluindo a constante é:

$$Y = \alpha_0 + \beta_1 Y_{t-1} + \beta_2 Y_{t-2} + \beta_3 X_{t-1} + \beta_4 X_{t-2} + \varepsilon_1 \quad (3.27)$$

$$X = \alpha_1 + \beta_{13} Y_{t-1} + \beta_{14} Y_{t-2} + \beta_{15} X_{t-1} + \beta_{16} X_{t-2} + \varepsilon_2 \quad (3.28)$$

O sistema acima é descrito em termos lineares (pode ser também especificado em termos do operador de defasagens  $L$ ) a fim de ter uma expressão convergentes para as variáveis endógenas em termos das inovações- choques ( $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ ):

### **c) Função Impulso-Resposta e decomposição da variância**

Os coeficientes estimados em VAR são difíceis de interpretar. Por conta disto, observa-se na função de impulso-resposta e de decomposição de variância do sistema, certas implicações acerca do VAR. De acordo com Calagua (2003), a análise das funções impulso-resposta e da decomposição da variância tem como objetivo realizar avaliação do poder preditivo do sistema.

A função impulso-resposta é simplesmente a representação de médias móveis associada com o modelo estimado e explica a resposta do sistema a choques nos componentes do vetor de perturbações. A função impulso-resposta traz a resposta das variáveis endógenas no sistema ante um choque nos erros. Uma mudança em  $\varepsilon_{t-1}$  mudaria imediatamente o valor  $Y$ . Ademais, mudaria todos os valores futuros das demais variáveis endógenas do sistema, devido à sua estrutura dinâmica.

Se todos os componentes estocásticos do sistema VAR são não-correlacionados, a interpretação é direta,  $\varepsilon_1$  é a inovação  $Y$ ,  $\varepsilon_2$  é a inovação  $X$  e assim sucessivamente. Uma função impulso-resposta para  $\varepsilon_2$  mede o efeito de um desvio padrão ante um choque em  $X$  atual e futuro para as variáveis endógenas. Infelizmente, este não é quase nunca o caso, pois os erros são totalmente não-correlacionados. Quando os erros se correlacionam, os mesmos têm um componente comum, o qual não pode ser identificado com qualquer variável específica. Segundo Calagua (2003), um método de lidar com este problema é atribuir todo o efeito a qualquer componente comum à variável, aquele que venha primeiro no sistema VAR. No sistema aqui apresentado, o componente comum de  $\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$  é totalmente atribuído a  $\varepsilon_1$ , já que o mesmo precede  $\varepsilon_2$ ;  $\varepsilon_1$  é a inovação  $Y$  e  $\varepsilon_2$  é a inovação  $X$ .

Como os erros são decompostos de forma ortogonal, assim a matriz de covariância resultante é triangular inferior (os elementos acima da diagonal principal são zero). Mudando a ordem das equações, pode-se mudar drasticamente as funções impulso-resposta. Deste modo, para se avaliar as relações entre as variáveis de interesse, pressupõe-se os seguintes encadeamentos:

- ↪ Valor total da produção → produtividade parcial do trabalho
- ↪ Valor total da produção → emprego

Em ambos os casos, a produtividade parcial do trabalho e emprego são influenciadas pelo valor total da produção, com esta relação sendo observada por um coeficiente diferente de zero.

A decomposição da variância de um VAR fornece informação referente à potência relativa de inovações aleatórias para cada variável endógena. Este exercício consiste em decompor a variância das variáveis endógenas em componentes que permitam isolar a porcentagem de variabilidade de uma variável endógena explicada por uma das inovações para distintos horizontes preditivos.

Em última análise e em conformidade com Alves e Bachi (2004), o uso da metodologia VAR permite a obtenção de elasticidades de impulso para  $k$  períodos à frente. Essas elasticidades de impulso possibilitam a avaliação do comportamento das variáveis em resposta a choques (inovações) individuais em quaisquer dos componentes do sistema, podendo-se assim analisar, através de simulação, efeitos de eventos que tenham alguma probabilidade de ocorrer. Da mesma forma, permite a decomposição histórica da variância dos erros de previsão,  $k$  períodos à frente, em percentagens a serem atribuídas a cada variável componente do sistema, analisando a importância de cada choque (em cada variável do modelo) ocorrido no passado na explicação dos desvios dos valores observados das variáveis em relação à sua previsão realizada no início do período considerado.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Neste capítulo são demonstrados os resultados obtidos no cálculo da produtividade, na realização dos testes de raiz unitária, teste de co-integração com modelo de correção de erro, os testes de causalidade no sentido de Granger, modelo de Vetor Auto Regressivo e Modelo de Correção de Erro e finalizando com a decomposição da variância e função impulso-resposta. Todos os testes mencionados referem-se às variáveis valor total da produção (produto), produtividade média do trabalho (PP) e emprego.

### **5.1. Produtividade**

#### **5.1.1. Medidas**

Para obter a medida de Produtividade Total de Fatores – PTF recorreu-se aos procedimentos descritos nos itens 2.2.2 e 2.2.3. Para obter a PTF pelo modelo de contabilidade de crescimento é necessária a utilização de uma função de Cobb-Douglas logaritmizada, a qual fornecerá os coeficientes correspondentes à participação dos fatores de produção na geração do produto. As variáveis utilizadas no primeiro teste foram: valor dos salários e encargos pagos por hora trabalhada, Valor bruto da produção (faturamento bruto) e investimentos. Os testes realizados mostraram-se não significativos e, em seguida, realizou-se novo teste com as mesmas variáveis, porém operando com o valor adicionado (faturamento bruto – insumos). Igualmente, os resultados mostraram-se não confiáveis do ponto de vista estatístico (Anexo VI a VIII).

Conforme anexo III a série investimento mostrou-se melhor ajustada com estimação por polinômios. Dessa forma, foram realizados testes num modelo de regressão com constante e sem constante, tanto para valor bruto da produção quanto para valor adicionado. De todos os testes realizados, o que produziu melhores resultados para os coeficientes da função de produção do tipo Cobb-Douglas foi aquele realizado com valor adicionado e com constante. Assim, a Produtividade Total de Fatores – PTF estimada pelo modelo de contabilidade do crescimento está demonstrada no anexo V. Neste modelo, há rendimentos decrescentes de escala.

No teste com valor adicionado, sem constante (anexo VII), o modelo apresentou rendimentos crescentes de escala, porém, com a participação trabalho representando 139% na geração do valor bruto da produção, o que não parece ser coerente com o volume de investimentos existente no PIM. Por essa razão, optou-se por não utilizar este modelo na estimativa de PTF. Quanto aos testes realizados com o valor bruto da produção, com constante, o fator trabalho N mostrou-se não significativo (anexo VIII). No modelo sem constante, as variáveis N (fator trabalho) e I (insumos) mostraram-se significativas ao nível de 1%, porém, o fator capital mostrou-se não significativo, embora este modelo apresente rendimentos crescentes de escala (anexo IX).

Pelos motivos expostos, optou-se pela forma mais simples de estimar a produtividade, isto é, a produtividade média do trabalho ou produtividade parcial, definida no item 2.2.4, onde as variáveis investimento e insumos não entram no modelo. Neste modelo é considerado apenas um fator de produção, neste caso, o valor dos salários e encargos pagos por hora trabalhada, daí a denominação de produtividade parcial. Os resultados estão demonstrados no anexo V.

A economia brasileira passou por muitas mudanças nos últimos anos. Os resultados obtidos nos testes que não foram significativos podem ser, de certa forma, atribuídos a algumas dessas mudanças. Isso significa dizer que setores em que foram intensas a terceirização da produção, a introdução de novos produtos e a queda de preços causaram vieses nestas estimativas, como é o caso do setor eletroeletrônico, por exemplo.

Em função das ponderações acima, não se pode concluir se a produtividade está subestimada ou superestimada. A resposta a essa pergunta vai depender do peso que for dado a cada um dos pontos levantados. A inclusão de novos produtos e informantes provavelmente contribuiria para elevar a produtividade, pois há poucas dúvidas de que, em média, a indústria do PIM não esteja hoje mais eficiente do que na década de 1980. A elevação da qualidade média dos produtos, que não foi captada, também aumentaria a produtividade. Nesse sentido, a produtividade estaria subestimada nesta pesquisa. Entretanto, não há dúvidas de que a terceirização da produção e a importação de insumos agem no sentido contrário, levando a uma

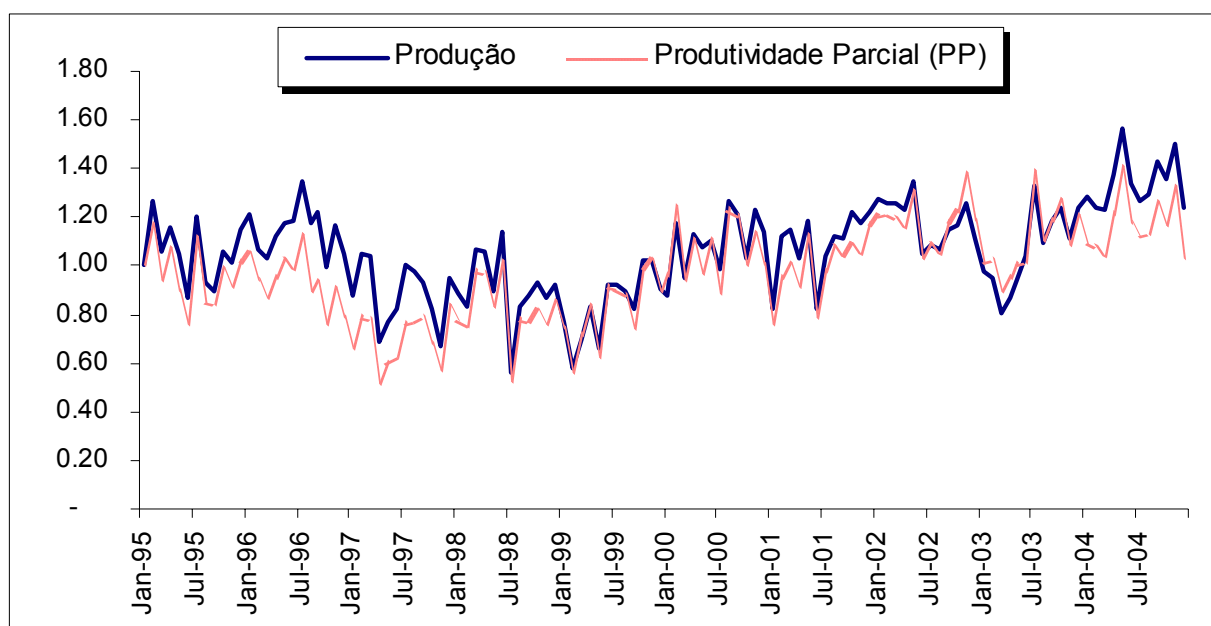


superestimação da produtividade. É impossível afirmar, com segurança, qual é o resultado líquido desses diferentes fatores.

### 5.1.2. Evolução da produtividade parcial do trabalho

A produtividade da mão-de-obra industrial no Pólo Industrial de Manaus, no início do ano de 1995 até julho de 1996, estava em patamares relativamente elevados, quando a taxa média de crescimento girou em torno de 2%, porém com alta expressiva entre os meses de abril e julho. Essas variações podem ser atribuídas ao processo de modernização do parque fabril do PIM, onde os efeitos da reconversão industrial eram eminentes. Após esse período, iniciou-se processo de queda até fevereiro de 1999, onde a partir de então começou breve fase de recuperação. Nesse intervalo ocorreram algumas elevações, mas nada tão expressivo a ponto de elevar a produtividade numa linha crescente. De fato, o que ocorreu na década de 90 representa uma ruptura com a experiência histórica e reflete uma autêntica revolução tecnológico-organizacional (incluindo-se a substituição de mão-de-obra por capital) estimulada pela abertura comercial que permitiu, ou estimulou, a substituição de matérias-primas e componentes nacionais por importados.

Figura 3 - Evolução da produtividade e valor total da produção.



Fonte: dados da pesquisa

A figura 3 ilustra o comportamento da produção e produtividade da mão-de-obra no PIM, onde se nota oscilação constante nestas duas variáveis, como picos expressivos de crescimento e queda. As maiores elevações dessas taxas, tanto da produção quanto da produtividade, ocorreram nos meses de dezembro de 1997, julho de 95, junho de 99 e agosto de 98, com taxas de 44.8%; 46.5%; 46.98% e 47.92%, respectivamente. Como a produtividade e produção apresentam trajetória semelhante, o ocorrido com a produção nesses meses explica o crescimento da produtividade.

Ocorre que a maioria dos produtos fabricados no PIM tem elevada elasticidade-renda e preço, sendo, portanto, muito sensíveis a qualquer mínima variação na economia brasileira. No ano de 1995 o PIM estava numa fase pujante, ainda com os efeitos dos investimentos realizados no início da década de 90 e também sob os efeitos da mudança da política econômica, no qual o Plano Real criava novas expectativas para a população brasileira e aumentava o poder aquisitivo, efeito este que se estendeu nos anos seguintes. Já em 1999, um novo choque ocorreu na economia brasileira. Neste período o Plano Real mostrava os sinais de fraqueza frente a uma pressão sobre a paridade da moeda norte-americana naquele momento. Ainda neste período, a economia brasileira sofreu impactos negativos com as crises asiática em 1997 e russa em 1998.

Ao longo de dez anos, o melhor desempenho do PIM em termos de produção e produtividade foram os anos de 1998 e 2000, com taxa média de crescimento da produtividade de 3% e 2,7%, respectivamente. Nesse período, assim como a economia brasileira, a produção do PIM teve aumento expressivo, com o valor total da produção crescendo 13% em 1998 e 39,2% em 2000 (em termos reais), muito superior ao crescimento da economia nacional que nesse mesmo período foi de 0,13% e 4,36%, respectivamente. Em 2001, mesmo a economia nacional crescendo menos (1,3%), ainda assim o desempenho da produtividade do PIM foi significativo, com taxa média de crescimento de 2,7%. Em 2002 a economia brasileira entra numa fase recessiva, agravada com a instabilidade das eleições presidenciais, causando a maior queda na produção do PIM em 10 anos, em média 0,35%. Porém, a produtividade teve crescimento médio de 0,63%. A recuperação ocorreu em 2003, com a produção crescendo 9% em termos reais com taxa média mensal de 1,73% e a produtividade 1,17%. No ano de 2004 a taxa média de

crescimento foi pouco expressiva para as indústrias do PIM, crescendo em média, apenas 0,49%, enquanto que a taxa média da produtividade apresentou queda de 0,52%.

Tabela 1. Taxa média de variação do valor total da produção, emprego e produtividade.

Período	Taxas média de crescimento		
	Valor total produção	Emprego	Produtividade
1995	2.63	0.11	1.83
1996	(0.11)	0.72	(1.32)
1997	1.18	(0.65)	2.42
1998	2.79	(0.17)	3.09
1999	1.57	(0.26)	2.74
2000	3.25	1.75	2.77
2001	2.37	0.10	2.78
2002	(0.35)	0.80	0.63
2003	1.73	0.90	1.17
2004	0.49	1.88	(0.52)

Fonte: Dados da pesquisa

Apesar das oscilações da produtividade e produção no período em análise, o fato é que a indústria do PIM vem crescendo a taxas muito superiores àquelas apresentadas pelo demais estados da federação, tanto é que o crescimento dessa indústria lidera o ranking nacional por 15 meses consecutivos, conforme dados divulgados pelo IBGE. É importante ressaltar também que de 1995 a 2004, ocorreram apenas duas taxas negativas de crescimento da produtividade, em 1996 com -1,32% e em 2004 com -0,52 como já destacado.

Ainda em observância à tabela 1, constata-se que, a produtividade cresce mais que proporcionalmente à produção, conforme afirmação de Kaldor. Entretanto, esse crescimento superior não se observa em alguns períodos, como por exemplo, nos anos de 1995; 2000; 2003 e 2004. De qualquer forma, isso não refuta a hipótese de que esteja ocorrendo economia de escala, pois o mercado interno é bastante dinâmico e tem a maior representatividade na produção do PIM. Além do mais, as exportações do PIM cresceram de forma significativa nos últimos anos, fato comprovado pelo crescimento da produtividade, o que leva as empresas a incorporarem

esses ganhos através da melhoria de processo, do conhecimento dos trabalhadores, economias de aglomeração, entre outros fatores.

### 5.1.3. Produtividade e emprego

A análise da relação entre variação do emprego e produtividade no período considerado neste estudo permite concluir que não há associação muito próxima entre essas duas variáveis. A variação da produtividade é intensa, enquanto a variação do emprego segue tendência praticamente linear. Quando apresentadas em números índices, conforme figura 4, essa assertiva torna-se mais evidente. Em análise da figura 5, nota-se que o padrão de oscilação da produtividade é bastante acentuado em relação ao emprego. Por outro lado, quando se observa o decréscimo da produtividade, ao mesmo tempo há um acréscimo do nível de emprego. De fato, no ano de 1998, por exemplo, enquanto a produtividade cresceu à taxa média de 3%, o número de empregos reduziu-se, em média, 0,17%. O contrário observa-se no ano de 2004, quando a produtividade teve decréscimo médio de 0,52% enquanto o nível de empregos aumentou, em média 1,88%, conforme tabela 1.

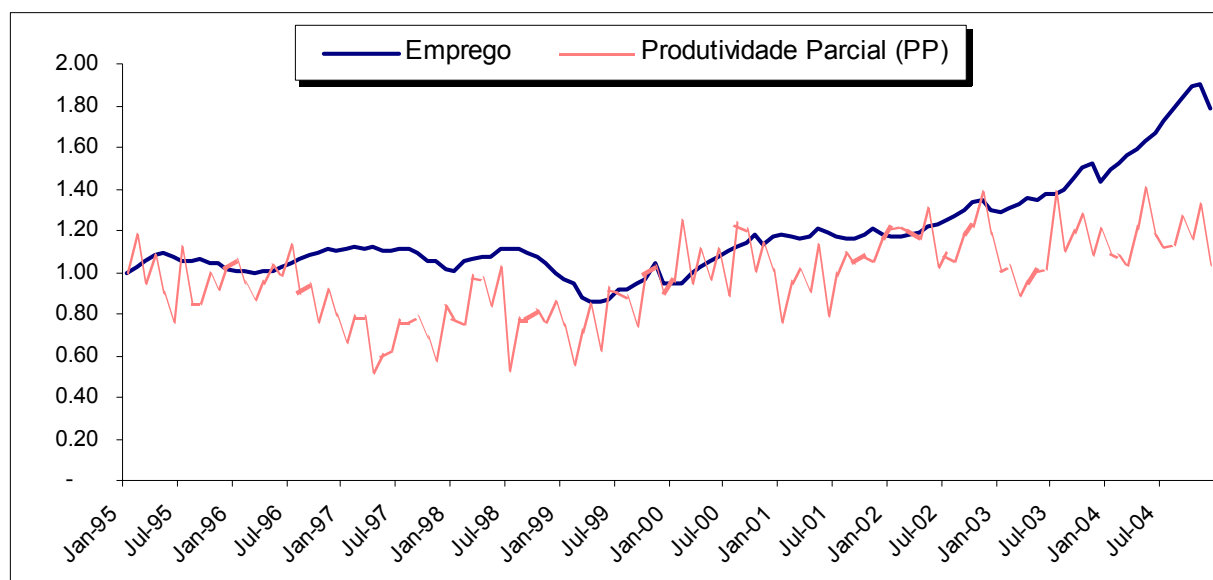


Figura 4 - Evolução do emprego e produtividade média do trabalho.

Fonte: Dados da pesquisa

Evidentemente, como a produtividade parcial do trabalho é resultado da divisão do valor total da produção pelo valor total de salários e encargos pagos por hora trabalhada, quanto maior o crescimento da massa salarial, acompanhado de um crescimento menos que proporcional no valor total da produção, o resultado será uma produtividade maior e o contrário é verdadeiro. No ano de 1997, por exemplo, a produção aumentou, em média, 1,18%, enquanto que houve queda no nível de emprego de 0,65% e, claro, a produtividade aumentou 2,42%. Observa-se que no ano 2000, a produção teve aumento de 3,25% e o nível de empregos aumentou 1,75%. Dado que o aumento na produção foi mais que proporcional, houve então margem para que a produtividade também crescesse, neste caso, 2,77%.

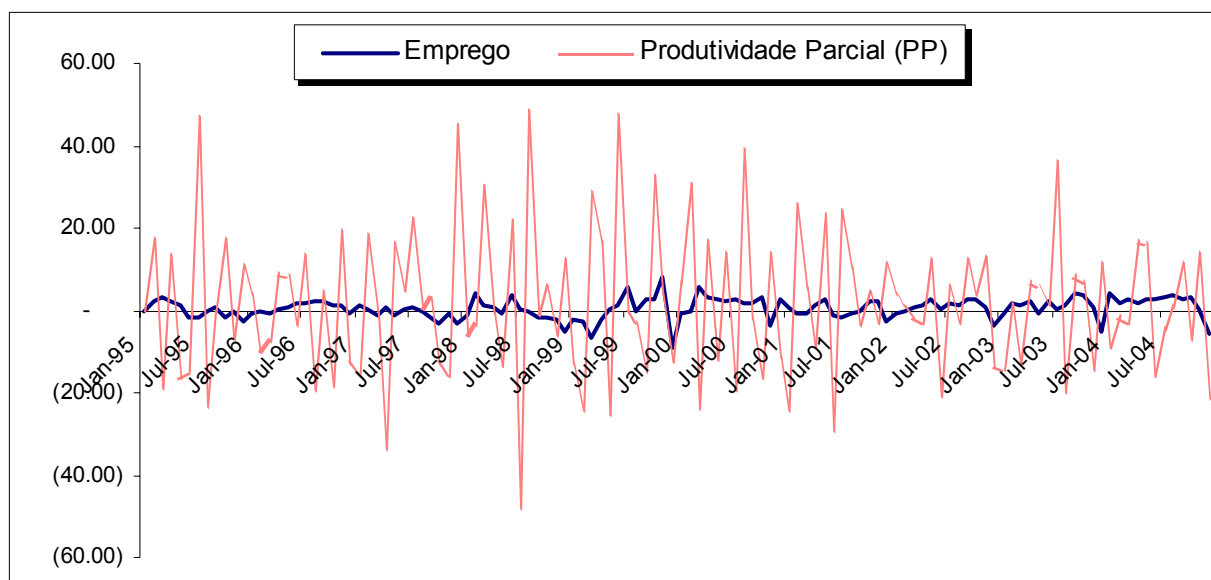


Figura 5 – Taxas de variação do emprego e produtividade média do trabalho.

Fonte: Dados da pesquisa

Com o intuito de testar se há associação estatística entre essas séries, estimou-se equação de regressão na qual a variação do emprego é a variável dependente e a produtividade a variável independente. Dois testes foram realizados: primeiramente com as taxas de variações e, em seguida, com as variações em índice. Os resultados estão demonstrados a seguir.

Tabela 2. Regressão das séries emprego e produtividade parcial em índice.

Variável Dependente : Emprego				
Método : Mínimos Quadrados				
Data : 09/02/2006 Hora : 09:14				
Intervalo : de Jan/1995 a Dez/2004				
Número de observações : 120				
Variáveis Independentes	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística T	Valor P
<b>CONSTANTE</b>	0.56693	0.08967	6.32213	0
<b>PP</b>	0.6271	0.09042	6.93517	0
R-Quadrado	0.28957	Média var. dep.		1.177
R-Quadrado ajustado	0.28355	D.Padrão var. dep.		0.223
Erro Padrão da regressão	0.18869	Soma quadr.resíduos		4.2
Log Verossimilhança	30.853	Durbin-Watson		0.31033
Critério de Akaike	-0.48088	Critério de Schwarz		-0.43442
Estatística F	48.097	Prob(F)		0
Fonte: Dados da pesquisa				

Tabela 3. Regressão das séries emprego e produtividade parcial em taxas de variação.

Variável Dependente : Emprego				
Método : Mínimos Quadrados				
Data : 09/02/2006 Hora : 09:20				
Intervalo : de Fev/1995 a Dez/2004				
Número de observações : 119				
Variáveis Independentes	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística T	Valor P
<b>CONSTANTE</b>	0.53111	0.23595	2.25096	0.02626
<b>Var%1 PP</b>	-0.0051	0.01327	-0.38461	0.70122
R-Quadrado	0.00126	Média var. dep.		0.523
R-Quadrado ajustado	-0.00727	D.Padrão var. dep.		2.554
Erro Padrão da regressão	2.56365	Soma quadr.resíduos		768.96
Log Verossimilhança	-279.876	Durbin-Watson		1.50963

Critério de Akaike	4.7374	Critério de Schwarz	4.78411
Estatística F	0.148	Prob(F)	0.70122
Fonte: Dados da pesquisa			

Conforme os resultados, em ambos os casos nota-se má qualidade de ajustamento. Apenas 29% da variação na taxa de emprego é explicada pela variação da produtividade, quando as séries são analisadas em índice. Quando analisadas em taxas de variação, o resultado é nulo, pois as variações nas taxas de emprego em nada são explicadas pelas variações na produtividade. Tal fato pode ser atribuído como uma omissão de variáveis, como por exemplo, uma que reflita a intensidade de capital. De qualquer forma, seria necessária análise mais aprofundada para essa verificação, o que não é o objetivo deste estudo.

## 5.2. Estacionariedade das séries - teste de raiz unitária

Conforme figura 1, observa-se que as séries seguem processo de crescimento de 1995 a 2004, com queda em 1999, fato que pode ser atribuído à desvalorização da moeda brasileira nesse período e, a partir de então, outro movimento de alta até o ano de 2003, seguido de queda em 2004. Tal movimento indica que essas séries são não-estacionárias, isto é, seguem passeio aleatório. Para constatar estatisticamente a não-estacionariedade das séries, realizou-se o teste de Dickey-Fuller Aumentado – ADF, com quatro defasagens, em nível sem intercepto e tendência, com intercepto e com intercepto e tendência, de acordo com as estatísticas,  $(\tau)$   $(\tau_\mu)$   $(\tau\tau)$   $\phi_1$   $\phi_2$ . Feitos os testes em nível para as três séries, nenhum se mostrou significativo, indicando a presença de raiz unitária. Por essa razão, os testes foram realizados novamente, utilizando-se as séries na primeira diferença. Neste modelo, as séries não apresentam defasagem. Os resultados estão demonstrados na tabela 4.

Tabela 4. Resultado do teste de raiz unitária para as séries Produto, PTF e Emprego.

Estatística	Primeira diferença		
	Produto	PP	Emprego
$(\tau)$	-17.4824	-18.4034	-7.48373
$(\tau_\mu)$	-17.4061	-18.3222	-7.68356

$(\tau)$	-17.3702	-18.2699	-7.92475
$\phi_2$	0.6143	0.000193	1.741972
$\phi_1$	-0.47211	-0.01147	-0.70381

Fonte: dados da pesquisa

As estatísticas  $(\tau)$   $(\tau\mu)$   $(\tau\tau)$   $\phi_1$   $\phi_2$  mostraram-se não significativas para as séries Produto e PP quando adicionadas no modelo as variáveis constante e tendência. Por essa razão, realizou-se o teste ADF sem constante e tendência. O contrário ocorreu com a série Emprego, onde estas estatísticas mostraram-se mais representativas quando adicionadas ao modelo as variáveis constante e tendência, representadas por  $(\tau\tau)$ . Em síntese, todas as variáveis apresentadas são integradas de ordem 1 ou  $I(1)$ , isto é, para tornarem estacionárias e o modelo tornar-se passível de análise, deve-se aplicar uma diferença em todas as séries, utilizando a estatística  $\tau$ , tendo em vista que a hipótese de raiz unitária foi rejeitada ao nível de significância de 1%.

### 5.2.1. Teste de co-integração e modelo de correção de erros

Verificada a ordem de integração das variáveis, realiza-se o teste de co-integração para avaliar se as séries Produto, Produtividade (PP) e Emprego movem-se conjuntamente no longo prazo, isto é, caminham na mesma direção (co-movimentos semelhantes). Esse movimento pode ser observado através da figura 3. Se assim for, elas serão co-integráveis. Como já explicitado, serão testadas duas relações de co-integração, referente às equações 2.5 e 2.6 do capítulo 2. Utilizando metodologia de Johansen, explicitada no item 3.3.2, os resultados do teste de co-integração para as séries Produto e PP são os seguintes:



Tabela 5. Teste de co-integração para as variáveis PP e Produto.

<b>Amostra: 1995:01 2004:12</b>				
Observações incluídas: 115				
Suposição do teste: Sem tendência determinística nos dados				
<b>Series: PP e PRODUTO</b>				
Intervalo de defasagens: 1 a 2				
Autovalor	Razão de máxima	Valor crítico	Valor crítico	Número hipotético de CE(s)
	Verossimilhança	a 5%	a 1%	
0.068075	13.32861	15.41	20.04	Nenhuma
0.042488	5.079775	3.76	6.65	No máximo 1*
*(**) denota rejeição da hipótese ao nível de significância de 5%(1%)				
L.R. rejeita qualquer co-integração ao nível de significância de 5%				
<b>Coefficientes de co-integração não-normalizados:</b>				
PP	PRODUTO			
0.008625	0.572469			
-1.119547	1.00647			
<b>Coefficientes de co-integração normalizados: 1 equação de co-integração</b>				
PP	PRODUTO	C		
1	66.37654	-71.18765		
	-2987.21			
Log de máxima verossimilhança	278.9091			
Fonte: Dados da Pesquisa				

Conforme tabela acima, a hipótese nula de não haver co-integração foi rejeitada ao nível de significância de 5%, indicando portanto, que a Produção e Produtividade apresentam relação

de equilíbrio de longo prazo, logo, são co-integradas. A análise do vetor co-integrante normalizado demonstra que esta relação de equilíbrio de longo prazo é dada pela expressão:

$$Y_t = -71.18765 + 66.37654X_t \quad (5.1)$$

Onde, Y e X representam, respectivamente, produtividade média e produção. Desta forma, confirma-se que existe uma relação positiva entre produção e produtividade no longo prazo, como preconiza a Lei de kaldor-Verdoorn. Portanto, sendo as variáveis produtividade e produção co-integradas, o modelo a ser ajustado deve ser o Modelo de Correção de Erro (MCE). O modelo de correção de erro encontrado foi o seguinte:

$$\Delta PP_t = 0.0011 - 0.877\Delta PP_{t-1} - 0.399\Delta PP_{t-2} + 0.392\Delta Prod_{t-1} + 0.173\Delta Prod_{t-2} - 0.003\varepsilon_t \quad (5.2)$$

Com base no modelo acima, os desequilíbrios entre as séries devem desaparecer no longo prazo e de forma muito lenta. O valor do coeficiente de -0,003 indica que o desvio em longo prazo é ajustado em parcelas de 0,003 ao mês.

O mesmo teste é feito para testar a co-integração entre emprego e produto. Os resultados estão demonstrados a seguir.

Tabela 6. Teste de co-integração para as variáveis Emprego e Produto.

<b>Amostra: 1995:01 2004:12</b>				
Observações incluídas: 117				
Suposição do teste: Sem tendência determinística nos dados				
<b>Series: Emprego e PRODUTO</b>				
Intervalo de defasagens: 1 a 2				
Autovalor	Razão de máxima Verossimilhança	Valor crítico a 5%	Valor crítico a 1%	Número hipotético de CE(s)
0.076092	14.55649	15.41	20.04	Nenhuma
0.044262	5.296821	3.76	6.65	No máximo 1*
*(**) denota rejeição da hipótese ao nível de significância de 5%(1%)				
Teste L.R rejeita qualquer co-integração ao nível de significância de 5%				
<b>Coefficientes de co-integração não-normalizados:</b>				
Emprego	Produto			
0.182412	0.569736			
0.911585	-0.120799			
<b>Coefficientes de co-integração normalizados: 1 equação de co-integração</b>				
Emprego	Produto	C		
1	3.123343	-4.402543		
	-5.24158			
Log de máxima verossimilhança	274.6457			
Fonte: Dados da pesquisa				

Conforme resultados produzidos pelo pacote Econometric E-Views 3.0 na tabela acima, a hipótese de não haver co-integração entre emprego e produtividade foi rejeitada ao nível de 5%, indicando que estas variáveis tendem ao equilíbrio de longo prazo, numa relação positiva. O vetor co-integrante normalizado para emprego e produção é demonstrado a seguir:

$$E_t = - 4.402543 + 3.123343Y_t \quad (4.5)$$

Para  $E_t$  e  $Y_t$  representando emprego e produção, respectivamente. Sendo assim, o modelo a ser ajustado deve ser um Modelo de Correção de Erro (MCE), já que as séries mostraram-se co-integradas. O termo de correção de erro encontrado foi:

$$\Delta E_t = 0.0008 - 0.237\Delta E_{t-1} + 0.012\Delta E_{t-2} + 0.027\Delta \text{Prod}_{t-1} - 0.029\Delta \text{Prod}_{t-2} + 0.008\varepsilon_t \quad (5.4)$$

Conforme valor do coeficiente de (0,00874), o desvio em longo prazo é ajustado em parcelas mensais de 0,0087.

### 5.2.2. Causalidade no sentido de Granger

Com base no teste de co-integração e com o objetivo de confirmar a hipótese formulada por Kaldor-Verdoorn de que a produção causa a produtividade, isto é, a inter-relação entre essas duas variáveis se dá no sentido de que o crescimento da produção influencia o crescimento da produtividade, realiza-se o teste de causalidade no sentido de Granger. Alguns autores trabalham com a hipótese de que é o crescimento da produtividade que influencia o crescimento da produção. O mesmo teste foi realizado para emprego e valor da produção, com o objetivo de estabelecer o coeficiente de Verdoorn conforme equação 2.5. Os resultados serão apresentados e discutidos a seguir.

Tabela 7. Teste de Causalidade Granger para produção e produtividade.

Hipótese nula (H0)	Teste F	Probabilidade	Rejeição de H0
Produto não causa PP	2.77289	0.09857	Sim

PP não causa Produto	0.0037	0.95159	Não
Fonte: Dados da pesquisa			

De acordo com os dados da tabela acima, conclui-se que a hipótese nula de que o valor da produção não causa a produtividade parcial do trabalho é rejeitada, enquanto que a hipótese nula de que a produtividade não causa a produção foi aceita. Tais resultados estão em conformidade com o preconizado pela Lei de Kaldor-Verdoorn. Outro aspecto importante desse resultado refere-se à crítica de Gomulka-Rowthorn, os quais afirmam que a inter-relação entre o crescimento da produtividade e o crescimento da produção se daria através de um sistema de equações simultâneas, uma vez que estes autores percebem que a causalidade entre as variáveis em análise se daria em ambos os sentidos e não apenas no sentido produção-productividade.

O teste de causalidade no sentido de Granger foi realizado também para a inter-relação de crescimento do emprego e crescimento da produção. A tabela a seguir demonstra os resultados.

Tabela 8. Teste de Causalidade Granger para produção e emprego.

Hipótese nula (H0)	Teste F	Probabilidade	Rejeição de H0
Produto não causa Emprego	3.72372	0.05609	Sim
Emprego não causa Produto	0.11291	0.73746	Não
Fonte: Dados da pesquisa			

Os dados da tabela acima demonstram que a hipótese nula de que o crescimento da produção não influencia o crescimento do emprego foi rejeitada, enquanto que foi aceita a hipótese nula de que o emprego não influencia a produção.

### 5.2.3. Modelo VAR (Auto Regressão Vetorial)

A seguir são demonstrados os resultados obtidos utilizando o modelo VAR para ajustamentos com a aplicação do Modelo de Correção de erros MCE, utilizando as variáveis produtividade parcial do trabalho (PP) e valor total da produção (Produto), bem como as

variáveis emprego e valor total da produção. De acordo com Guimarães (2002), a especificação do modelo de correção de erros com as variáveis tomadas em logaritmos está em conformidade com a maioria dos estudos que tratam da análise da Lei de Kaldor-Verdoorn.

Conforme exposto no capítulo 3 deste estudo, a matriz  $B_0$  é a aquela que representa as relações contemporâneas e permite estabelecer relações entre as variáveis que tomam a teoria econômica como base. Igualmente ao que foi discutido no capítulo do referencial teórico, o estudo do encadeamento das variáveis de interesse seguem o princípio do impacto que a produção causa na produtividade parcial do trabalho e da mesma forma o emprego. Sendo assim, a matriz  $B_0$  foi construída como triangular inferior, com o valor total da produção na posição (1,1) tanto no caso dos impactos na produtividade, quanto no emprego. A produtividade e emprego aparecem na posição (2,2), influenciados pela produção em ambos os casos.

O ajuste do modelo com os dados transformados em logaritmos, faz com que os valores obtidos na matriz de relações contemporâneas e na função de resposta a impulso sejam as próprias elasticidades. A seguir, demonstra-se a tabela de decomposição da variância dos erros de previsão, considerando 10 períodos (meses). Nesta tabela consta a síntese dos resultados que relaciona o valor total da produção e produtividade parcial do trabalho.

#### **a) Decomposição da variância do erro de previsão**

A segunda coluna da tabela 9 demonstra os erros padrão da série no horizonte de tempo de 1 a 10 meses. Para a previsão do primeiro mês, o erro padrão é 0,1326 e o desvio padrão é 1. Para o segundo mês, o erro padrão é 0,1436, maior que o primeiro pelo fato de incorporar os efeitos da incerteza da previsão do primeiro mês da produção e assim sucessivamente. A terceira coluna demonstra as percentagens das variâncias dos erros de previsão da produção que pode ser atribuída a choques na produção, apenas. Observa-se que no segundo e quarto mês, mais de 96% da variância do erro de previsão da variável valor total da produção (produto) é explicada pela própria produção. Nos demais períodos esse percentual fica no intervalo de 95,37% a 95,89%.

Por outro lado, a variável produtividade parcial do trabalho (PP) explica apenas entre 3,15% e 4,6% da variância do erro de previsão da variável valor total da produção (produto).

Tabela 9. Decomposição da variância do erro de previsão do valor total da produção. Modelo que relaciona valor total da produção e produtividade

Período	S.E.	Proporção da variância devida a choques	
		Produto	PP
1	0.1326	100.000	-
2	0.1436	96.849	3.151
3	0.1524	95.885	4.115
4	0.1635	96.141	3.859
5	0.1699	95.777	4.223
6	0.1752	95.635	4.365
7	0.1797	95.570	4.430
8	0.1832	95.479	4.521
9	0.1860	95.421	4.579
10	0.1883	95.374	4.626

Fonte: Dados da pesquisa

Na tabela 10 consta a decomposição da variância do erro de previsão da série produtividade parcial do trabalho (PP), onde se verifica que o valor total da produção (Produto) explica tal desagregação num montante de que varia no intervalo de 80,1% a 90,67% sendo que o maior percentual observado ocorre no segundo e terceiro mês. Dessa forma, a produtividade

parcial do trabalho (PP) explica a menor variância do erro de previsão, num intervalo de 9,3% no segundo mês e 19% no décimo mês. Como a proporção da variância devida a choques é maior para o valor total da produção, tal resultado permite concluir que a influência do valor total da produção seja maior na explicação da produtividade parcial do trabalho (PP) que no sentido inverso, o que está em conformidade com a lei de Kaldor-Verdoorn.

Tabela 10. Decomposição da variância do erro de previsão da produtividade. Modelo que relaciona valor total da produção e produtividade

Período	S.E.	Proporção da variância devida a choques	
		Produto	PP
1	0.1286	89.966	10.034
2	0.1343	90.677	9.323
3	0.1418	90.449	9.551
4	0.1512	89.313	10.687
5	0.1559	88.506	11.494
6	0.1603	87.287	12.713
7	0.1641	85.867	14.133
8	0.1671	84.363	15.637
9	0.1699	82.716	17.284
10	0.1724	80.986	19.014

Fonte: Dados da pesquisa

Os resultados apresentados na tabela 11 referem-se à decomposição da variância do erro de previsão que relaciona o valor total da produção e emprego. Os dados indicam que a maior



parte dos erros de previsão das variáveis valor total da produção (produto) e emprego deve-se aos próprios efeitos. O valor total da produção explica sua própria variação devida a choque num montante que varia de 94,7 a 96,7%, cabendo uma pequena parcela dos choques, ao emprego, entre 3,2% e 5,2%.

Tabela 11. Decomposição da variância do erro de previsão do valor total da produção. Modelo que relaciona valor total da produção e emprego

Período	S.E.	Proporção da variância devida a choques	
		Produto	Emprego
1	0.131071	100.000	-
2	0.141385	96.733	3.267
3	0.150177	94.784	5.216
4	0.160347	95.165	4.835
5	0.165513	94.897	5.103
6	0.170022	94.904	5.096
7	0.173519	94.998	5.002
8	0.176026	95.071	4.929
9	0.178025	95.161	4.839
10	0.179539	95.239	4.761

Fonte: dados da pesquisa

De acordo com os resultados obtidos para a decomposição dos erros de previsão para a variável emprego no modelo relacionado com o valor total da produção, constata-se que os

choques ocorridos no emprego devem-se, basicamente a ela mesma, pois a variável produção explica no máximo 3% dessa variância. Assim, neste caso como nos demais, quanto maior o horizonte de tempo, maior a proporção da variância de previsão atribuível a outras variáveis.

Tabela 12. Decomposição da variância do erro de previsão do emprego. Modelo que relaciona valor total da produção e emprego

Período	S.E.	Proporção da variância devida a choques	
		Produto	Emprego
1	0.04272	0.0131	99.9869
2	0.05438	1.5648	98.4352
3	0.06603	1.0621	98.9379
4	0.07560	1.3475	98.6525
5	0.08435	1.6025	98.3975
6	0.09273	1.7987	98.2013
7	0.10055	2.1411	97.8589
8	0.10804	2.4664	97.5337
9	0.11523	2.8023	97.1977
10	0.12214	3.1489	96.8511

Fonte: dados da pesquisa

## b) Resposta a impulso

Considerando o efeito de um choque, ou de uma mudança em  $\varepsilon_1$  e  $\varepsilon_2$ , como descrito no capítulo 3, essa mudança afetar\u00e1 imediatamente a produ\u00e7\u00e3o. Os testes realizados com as vari\u00e1veis valor total da produ\u00e7\u00e3o (produ\u00e7\u00e3o) e produtividade (PP), bem como valor total da produ\u00e7\u00e3o e emprego (vetor corre\u00e7\u00e3o de erro) est\u00e3o demonstrados nas figuras a seguir e nos anexos de X a XIII.

A figura 6 ilustra a resposta da produ\u00e7\u00e3o em sua pr\u00f3pria vari\u00e1vel e na produtividade parcial do trabalho (PP) como decorr\u00eancia de um choque de 1% no valor total da produ\u00e7\u00e3o (produto). Nota-se que um choque de 1% na produ\u00e7\u00e3o \u00e9 dissipado muito lentamente nas duas vari\u00e1veis, sendo que o maior impacto \u00e9 na pr\u00f3pria vari\u00e1vel produ\u00e7\u00e3o, que responde com aumento de 0,13% a um choque de 1% no primeiro per\u00edodo, enquanto que o mesmo choque na produtividade n\u00e3o causa nenhum efeito, mas dilui-se de forma negativa nos per\u00edodos seguintes.

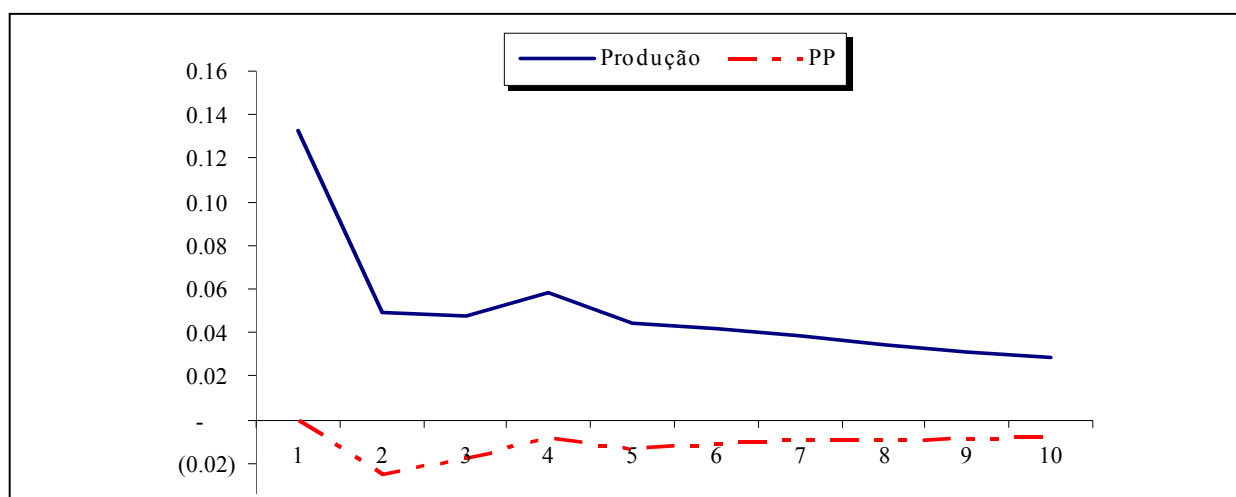


Figura 6- Resposta da produ\u00e7\u00e3o a um choque na vari\u00e1vel valor total da produ\u00e7\u00e3o no modelo de rela\u00e7\u00e3o do valor total da produ\u00e7\u00e3o com produtividade.

Fonte: Dados da pesquisa

A figura 7 ilustra a resposta da produtividade a um choque na produção, bem como choque nela mesma. Os efeitos, como se esperava, era de que inovações na produção causassem elevações na produtividade. De fato, uma inovação de 1% na produção eleva a produtividade em 0,12% no primeiro período, enquanto que choques na produtividade tem efeito quase reduzido nela mesma, porém com nível ascendente após o quinto período.

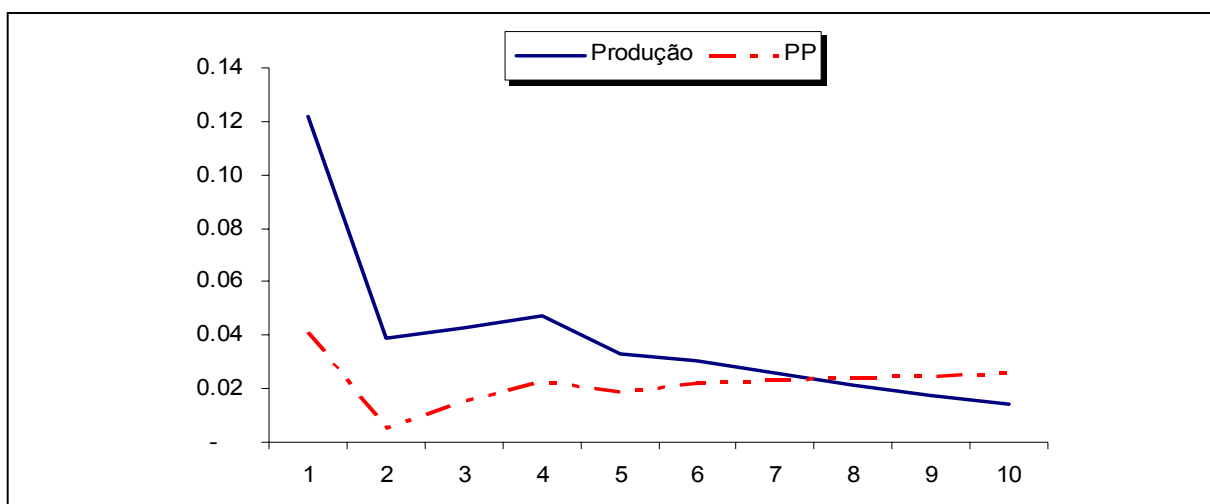


Figura 7 - Resposta da produtividade a um choque na variável produtividade parcial do trabalho no modelo de relação valor total da produção e produtividade.

Fonte: dados da pesquisa

As figuras 8 e 9 e anexos XII e XIII ilustram a resposta da produção a inovações nela mesma e choques no emprego, isto é, constam os resultados dos choques nas variáveis que compõem o modelo que relaciona o valor total da produção e emprego – modelo correção de erro. A resposta da variável emprego decorrente de um choque de 1% na variável valor total da produção (produto) é de 0,02% no segundo período, dissipando-se ao longo de 8 meses até praticamente desaparecer a partir do oitavo mês. Esse efeito é dissipado mais lentamente na própria série de valor total da produção.

Na figura 9 e anexo XIII estão demonstrados os efeitos de choque na variável emprego no valor total da produção no modelo de correção de erro que relaciona valor total da produção e emprego. Um choque de 1% na variável emprego, praticamente não produz efeito na variável valor total da produção, porém este efeito é mais significativo na própria variável emprego. Em ambos os casos o efeito é diluído muito lentamente ao longo de todo o período.

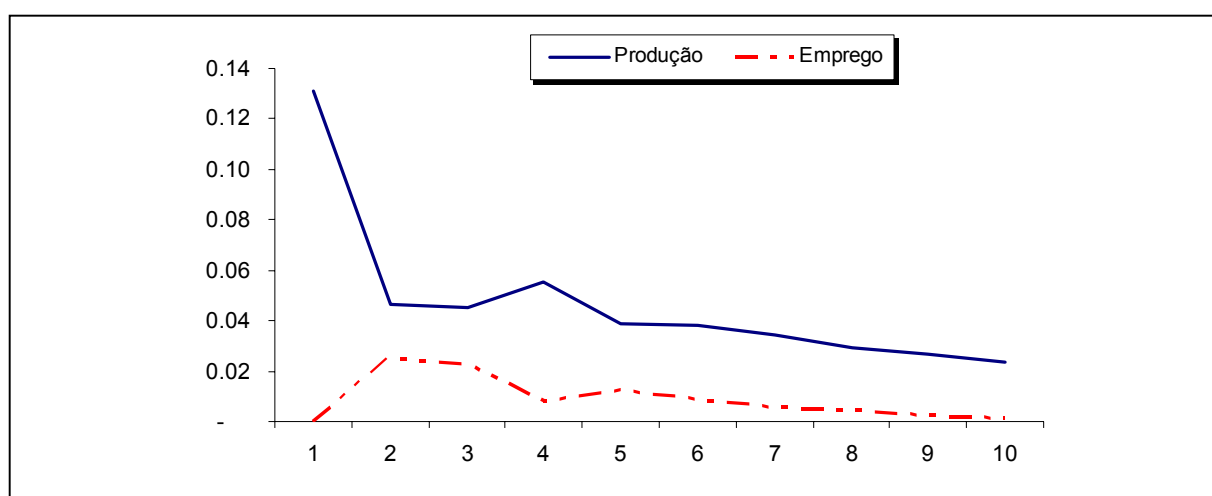


Figura 8 - Resposta da produção a um choque na variável valor total da produção no modelo de relação valor total da produção e emprego

Fonte: Dados da pesquisa

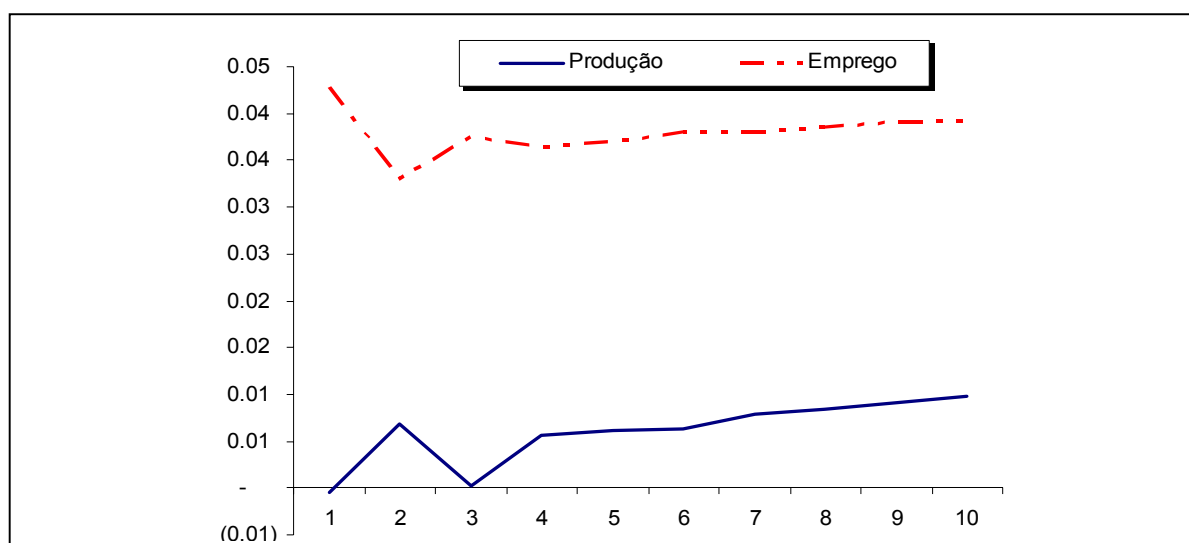


Figura 9 - Resposta da variável emprego o choque na variável emprego no modelo de relação valor total da produção e emprego.

Fonte: Dados da pesquisa

Através da função impulso resposta e matriz de relações contemporâneas, cujos valores representam as próprias elasticidades, o coeficiente de Verdoorn (b) representado por 0,12 e o coeficiente de kaldor (d) representado por 0,02, de acordo com as equações 3.5 e 3.6, confirmam o preconizado pela referida Lei de Kaldor-Verdoorn. Conforme abordagem dessa teoria no capítulo 3 deste estudo, a equação 3.5 representa a relação original de Verdoorn, onde a produtividade é endógena. Esta relação revela que economias com taxas de crescimento maiores apresentam maiores ganhos de produtividade. Pela abordagem de Kaldor, equação 3.6, quando a taxa de crescimento do trabalho se mantém constante, o crescimento do emprego é endógeno e dependente das forças da procura (expansão do produto). Desta forma o emprego não é fator limitativo do crescimento, uma vez que, se desloca para onde as forças da procura são mais

fortes, ou seja, no crescimento do trabalho devido o aumento da população, na inserção da mão-de-obra feminina, no processo migratório etc.

Os resultados obtidos por Kaldor nas estimações que realizou com as duas equações para a indústria transformadora de doze países da OCDE, no período de 1953-54 a 1963-64, mostram valores de  $(b)$  e  $(d)$  em torno de 0,5. Dando a mesma interpretação de Kaldor ao coeficiente de Verdoorn  $(b)$ , os números obtidos para o PIM evidenciam que aumento do crescimento da produção em 10% está associado ao crescimento na produtividade em 1,2% e ao aumento do emprego em 0,2%. Tais resultados demonstram que há, portanto, substanciais rendimentos crescentes de escala na indústria transformadora de Manaus, muito embora em proporções menores que aqueles encontrados pelo próprio Kaldor.

Conforme Kaldor, uma relação estatisticamente significativa entre a taxa de crescimento do emprego ou produtividade do trabalho e a taxa de crescimento do produto, com o coeficiente de regressão compreendido entre 0 e 1 ( $0 \leq b \leq 1$ ), pode ser a condição suficiente para a presença de economias de escala crescentes estáticas e dinâmicas. A relação entre o crescimento da produtividade do trabalho e o crescimento do produto é mais forte na indústria, visto que produz mais produtos exportáveis. Os resultados, mais uma vez, confirmam a teoria. Como esperado pela teoria, a elasticidade da produtividade em relação ao produto é menor que a unidade, caracterizando a economia do PIM como crescentes de escala. Verifica-se, assim, que a produtividade é endógena e gerada pelo crescimento do produto regional.

No que se refere à polarização, os resultados demonstram também conformidade com a teoria, dado que as estimativas realizadas com as equações 3.5 e 3.6 de Verdoorn e Kaldor, respectivamente, a elasticidade da produtividade em relação ao valor total da produção foi menor que a unidade, indicando economias de escala crescente. Esse resultado faz referência à afirmação de Kaldor que a indústria é o motor do crescimento, exibindo fortes ganhos de produtividade, devendo-se a isso, o fato de que a indústria produz mais produtos comercializáveis e sem raízes e produtividade crescente. Este fator constitui a base do crescimento cumulativo.

Embora a variável emprego tenha apresentado elasticidade com um valor próximo de zero e demonstra que a concentração de empregados neste setor favorece mais o crescimento da produtividade do que o crescimento do emprego, tal fato pode justificar a ênfase da Nova Geografia Econômica nesse setor.



## 6. CONCLUSÕES

No presente estudo, realizou-se análise da relação existente entre produção e produtividade e a conseqüente aplicação da chamada “lei” de Lei de Kaldor-Verdoorn nas indústrias do Pólo Industrial de Manaus. Nos preâmbulos dessa lei, estão os preceitos de que economias de escala são geradas endogenamente por mudança técnica e aprendizagem tecnológica (*learning by doing*) resultantes do aumento da demanda. De outra forma, indústrias se expandem a taxas diferentes, mas é o crescimento da demanda efetiva que estimulará a produção e inovações de processo e, conseqüentemente, aumentos na produtividade.

A forma de especificação do modelo que permite avaliar o relacionamento entre produção e produtividade diverge em muitos autores, essencialmente no aspecto referente à classificação das variáveis entre endógenas e exógenas. O modelo VAR estrutural minimiza, pelo menos em parte, esse problema, pois trata todas as variáveis como endógenas, uma vez que estas são defasadas e assim, tomadas como pré-determinadas. Porém, como bem destacado por Guimarães (2002), o uso do VAR estrutural requer especificação de relação contemporânea entre as variáveis, exigindo o estabelecimento de uma relação de dependência.

As especificações testadas neste estudo referem-se ao modelo combinado da Lei de Kaldor-Verdoorn, qual seja, a relação entre o valor total da produção e produtividade, considerando o efeito da primeira variável sobre a última e a relação do valor total da produção e emprego, no mesmo sentido de influência que a primeira especificação, isto é, o efeito da produção sobre o emprego. Os resultados obtidos são discutidos a seguir.

Nos procedimentos econométricos adotados, após testar a presença de raiz unitária empregando o teste ADF e constatar que as séries são estacionárias quando aplicada uma diferença, utilizou-se o método de co-integração proposto por Johansen. Os resultados indicaram a presença de um vetor de co-integração, o que permite inferir que as variáveis produção e produtividade e produção com emprego possuem relação de longo prazo. Outro procedimento refere-se à ordenação das variáveis na matriz, visando obter as funções de impulso-resposta e a decomposição da variância empregando o modelo VAR com correção de erro VEC. Como os

resultados produzidos pelo VAR convencional têm a limitação da estrutura recursiva entre as variáveis contemporâneas, tornando-o instável, adotou-se como solução o procedimento de Bernanke.

Considerando a análise dos dados realizada e os valores obtidos nas estimações efetuadas, verifica-se que a principal relação capaz de refletir as economias de escala é entre a produtividade e o produto, com a produtividade endógena, como referiu Kaldor. O que se comprova tanto pelo nível de significância do coeficiente de Verdoorn, como pelo grau de explicação nos testes.

Nas relações contemporâneas, observa-se grau elevado de relação entre produção e produtividade. Os resultados obtidos para as funções impulso-resposta frente aos choques na produção mostraram-se significativos, isto é, um incremento inesperado de 10% na produção, no curto prazo, tende a levar, no momento do choque (no primeiro período), a um aumento na produtividade da ordem de 1,2%, dissipando-se lentamente nos períodos subseqüentes. Entretanto, o maior impacto é na própria variável, valor total da produção, cujo efeito será de 1,3%, dissipando-se ao longo do período. Por outro lado, um aumento da mesma magnitude na produtividade não gera nenhum impacto na variável produção no primeiro período, seguida de resultados negativos no segundo e terceiro período, para depois tornar-se nulo. Os efeitos dos choques na própria variável produtividade é não significativo, apenas 0,4% dissipando-se lentamente ao longo do período.

Com relação aos choques na produção e seus efeitos no emprego e na própria produção, constata-se que uma variação da magnitude de 10% no valor total da produção, ocasiona um acréscimo na própria produção de 1,3%, enquanto que choques no nível de emprego em nada afetam a produção no primeiro período, com efeitos negativos nos períodos subseqüentes. Por outro lado, como era de se esperar, acréscimos na produção da mesma magnitude afeta a variável emprego de forma positiva em 0,4% no primeiro período, com efeitos duradouros.

Tais resultados permitem inferir que os efeitos dos choques na variável valor total da produção são transmitidos de forma contemporânea para a produtividade do trabalho e emprego.

Demonstram também que as indústrias do Pólo Industrial de Manaus são dotadas de agilidade e eficiência em responder a estímulos decorrentes de aumentos da produção. De fato, os impactos surtem efeitos imediatamente no primeiro período, no que se refere à produtividade e, de forma mais lenta, no emprego, o que é perfeitamente normal, tendo em vista que as empresas operam com capacidade ociosa até atingir seu limite, numa eventual expansão da produção. Sendo assim, comprova-se que o dinamismo do PIM é intenso no período considerado na análise.

Considerando a relação de causalidade no sentido de Granger apresentada anteriormente, os testes demonstram que existe relação bicausal das séries: valor total da produção e emprego na indústria. Conforme o preconizado pela Lei de Kaldor-Verdoorn, a relação de causalidade ocorre no sentido da produção para a produtividade, que foi comprovada pelos testes. Pode-se concluir, dessa forma, que o efeito da produção sobre o emprego e produtividade do trabalho perdura por algum tempo. Em ambos os casos, a relação contemporânea incluída no modelo utilizado para o teste de causalidade mostrou-se significativa.

Como os valores obtidos para a produtividade do Pólo Industrial de Manaus são referentes à produtividade parcial do trabalho, constatou-se que os resultados são consistentes com a existência de retornos crescentes de escala. Tal assertiva está embasada na condição de que, para haver economia de escala, deve haver também relação entre emprego e valor total da produção. Assim, faz-se uma suposição básica de que o aumento da produção industrial ao longo do tempo deve ser considerado como um dos fatores relevante para se determinar o dinamismo de uma economia.

Pode-se constatar também que a produtividade do trabalho na indústria está intrinsecamente relacionada com o crescimento da produção, de modo que, ao haver expansão da produção, ocorre também transformações na estrutura produtiva e na composição da demanda. Essas transformações são positivas para a economia como um todo, pois novos processos produtivos são empregados, novas tecnologias, novos produtos, fatores estes, essenciais para o aumento da produtividade e conseqüente melhoria no desenvolvimento econômico. Portanto, os testes realizados neste estudo comprovaram a aplicabilidade da Lei de Kaldor-Verdoorn para as

indústrias do PIM, demonstrando ainda, ser esta uma metodologia robusta de análise das relações envolvendo produção, produtividade e emprego.

Conforme Kaldor (1975), o crescimento da produtividade do setor industrial é mais que proporcional ao crescimento da produção, pois as economias de escalas garantiriam esse comportamento. Dado este que não se comprovou neste estudo. Entretanto, considera-se que no caso do PIM e de maneira geral, o Brasil, o mercado interno ainda não apresenta o mesmo dinamismo que os países desenvolvidos, que entre outros fatores, possui maior capacidade exportadora, o que permite às empresas maior crescimento, incorporando ganhos crescentes de produtividade advindos da melhoria de processo, especialização da mão-de-obra, facilidades de difusão de novos conhecimentos, além da existência de economias de aglomeração.

Nas indústrias do PIM a produtividade cresce de forma mais intensa por se tratar de uma região onde há economias de escala crescente. De acordo com Marinho, et al (2002) a concentração industrial tenderia a promover deseconomias de escala, o que não acontece no PIM, comprovando que a atividade industrial não está totalmente concentrada, tão pouco apresenta salários elevados de forma que possa causar o crescimento a taxas decrescentes da produtividade.

Quanto ao processo de desenvolvimento pelo qual passa a cidade de Manaus, apresentado no capítulo 2 deste estudo, ressalta-se que uma das condições para a promoção do desenvolvimento está no aumento da produtividade. Por outro lado, as empresas modernas absorveram a realidade de que a produtividade, qualidade e a modernização dos meios de produção são conceitos fundamentais para a própria sobrevivência das mesmas. Portanto, esses fatores combinados são comprovados pelos resultados obtidos, cujo desenvolvimento econômico só pode ser alcançado com o aumento da produtividade, haja vista que esse aumento trará maior participação no mercado e conseqüentemente o aumento do poder aquisitivo da população.

Conforme Bonelli (1994), os ganhos de produtividade não se restringem apenas como a única forma de elevar o padrão de vida das sociedades, mas também como uma das únicas

maneiras de melhorar a competitividade internacional de um determinado país ou região no longo prazo e, no caso de Manaus, a performance no comércio internacional apresentada nos últimos anos comprovam também que as empresas instaladas nessa região tornaram-se mais competitivas, fatos que não teriam ocorrido não fosse o aumento da produtividade identificado neste estudo.

Em última análise, os resultados comprovam que no Pólo Industrial de Manaus há crescimento endógeno da produtividade e que esta tem contribuído de forma substancial para o desenvolvimento da região. Indica também que há fontes visíveis deste crescimento, que pode ser reflexo de um processo contínuo de melhoria da qualidade da mão-de-obra, quanto dos fatores relacionados à pesquisa e desenvolvimento na contribuição da melhoria de processo e apropriação de tecnologia.

Dessa forma, as críticas ao modelo de desenvolvimento do Pólo Industrial de Manaus apresentadas no capítulo 2, as quais se fazem sem embasamento científico, perdem o sentido. São refutadas com os resultados ora analisados sob o enfoque de uma lei econômica, testada empiricamente e tendo sua eficácia comprovada. Portanto, acredita-se que uma etapa inicial desse processo foi cumprida, cabendo agora aos executores de políticas públicas, a continuidade dos estudos através dos incentivos à pesquisa no sentido de identificar onde estão exatamente as fontes endógenas de crescimento e forma de materialização da vertiginosa produtividade do Pólo Industrial de Manaus.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Lucilio Rogério Aparecido; BACHI, Mirian Rumenos Piedade. **Oferta de Exportação de Açúcar do Brasil**. RER, Rio de Janeiro, vol. 42, nº 01, p. 09-33, jan/mar 2004 – Impressa em abril 2004

ARIFFIN, Nortela; FIGUEIREDO, Paulo N. **Internacionalização de competências tecnológicas: implicações para estratégias governamentais e empresariais de inovação e competitividade da indústria eletrônica no Brasil**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2003. 172p.

BAPTISTA, M. A. C. Competitividade da Indústria de Bens Eletrônicos de Consumo: Nota Técnica Setorial do Complexo Eletrônico”. In: **MCT/Finep/PADCT, Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira**. Campinas, 1993.

BATISTA, Djalma. **O complexo da Amazônia: Análise do Processo de Desenvolvimento**; ilustrações de Israel Cysneiros, prefácio de Arthur Cézár Ferreira Reis. Rio de Janeiro, Conquista, 1976.

BERNANKE, B.S. Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy **Alternative explanations of the money-income correlation. 1986.** p. 49-100. Disponível em: <http://papers.nber.org/papers/w1842.v5.pdf>

BLANCHARD, Olivier. **Macroeconomia. Tradução Mônica Rosemberg.** 3.ed. Sao Paulo: Prentice Hall, 2004.

BRANCO, Consultoria Castello. **Pesquisa Sócio-econômica da cidade de Manaus**. Manaus: Castello Branco Consultoria, 2003.

BONELLI, R. **Produtividade, crescimento industrial e exportações de manufaturados no Brasil: desempenho e competitividade**. IPEA, Texto para discussão n. 327, 1994. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br>. Acesso em agosto de 2005.

BONELLI, R.; FONSECA, Renato. **Ganhos de produtividade e eficiência: novos resultados para a economia brasileira.** IPEA, Texto para discussão n. 557, 1998. Disponível em:

<<http://www.ipea.gov.br>. Acesso em julho de 2005.

CARVALHO, Paulo Gonzaga Mibielli de. **As vertentes teóricas da produtividade.** Rio de Janeiro: Revista Economia Contemporânea, 2001 5(2): 67-92, jul/dez.

COSTA, Francisco de Assis. **Polaridade e desenvolvimento endógeno no sudeste paraense.** Campo Grande: Interações. Revista Internacional de Desenvolvimento local, v.6, n.10, março 2005. 142p.

DICKEY, David A; FULLER, Wayne A. **Distribution of the estimators for autoregressive time series with units root.** Journal of the American Statistical Association, Whashington, v.74, n.366, p.427-31, Jun. 1979.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. **Likelihood ratio statistics for autoregressive time series with a unit root.** Econométrica, Chicago, v.49, p 1057-72, Jul. 1981.

ENGLE, Robert F.; GRANGER, C.W.J. **Cointegration and error correction: representation, estimation and testing.** Econométrica, Chicago, v. 55, n. 2, p. 251-76, Mar. 1987.

\_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_. **Long-run economic relationship: readings in cointegration.** New York: Oxford University Press, 1991. 301p.(Advanced texts in Econometrics).

E-VIEWS. User's Guide. 1997. v.3.0

FAVA, Vera Lúcia. **Testes de raízes unitárias e Co-Integração** in: VASCONCELOS, Marco Antonio Sandoval; ALVES, Denisard (Orgs). Manual de Econometria nível intermediário. São Paulo: Atlas, 2000.

FEIJÓ, Carmem Aparecida; CARVALHO, Paulo Gonzaga M. de. **Uma interpretação sobre a evolução da produtividade industrial no Brasil nos anos noventa e as “leis” de Kaldor.** Belo

Horizonte: Nova Economia, 12 (2), 57-78, 07/10. 2002.

FREITAS, Silene Maria de Freitas et. al. **Análise da dinâmica de transmissão de preços no mercado internacional de farelo de soja, 1990-99.** Agric. São Paulo, SP, 48(1):1-20, 2001

GOMES, Gustavo Maia; VERGOLINO José Raimundo. **Trinta e Cinco Anos de Crescimento Econômico na Amazônia (1960/1995).** Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada - IPEA Texto para discussão n.º 533, 1997. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>. Acesso em janeiro de 2005.

GORDON, Robert J. **Macroeconomia.** 7.ed. São Paulo: Bookman, 2000.

GRANGER, C.W.J.; NEWBOLD, P. **Spurious regressions in econometrics.** Journal of Econometrics, Nottingham, v.2, p. 111-20, Jul. 1974.

GRILICHES, Z. **The discovery of the residual: a historical note.** Journal of Economic Literature, v. 34, Sept, 1996. Disponível em: <<http://www.eumed.net/>. Acesso em janeiro de 2006.

GUERRA, Maria de Fátima Lage. **O complexo eletrônico no Brasil: uma análise regional.** 1995. Dissertação de mestrado - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional - CEDEPLAR, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

GUIMARÃES, Patrick Wohrle. **A lei de Kaldor-Verdoorn na economia brasileira.** 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo.

GUJARAT, Damodar N. **Econometria Básica.** São Paulo: Makron Books, 3 ed. 2000, 846p.

HAMILTON, James D. **Time series analysis.** Princeton: Princeton University Press, 1994. 799p. apud ALVES, Lucilio Rogerio Aparecido; BACHI, Mirian Rumenos Piedade. **Oferta de**



**Exportação de Açúcar do Brasil.** RER, Rio de Janeiro, vol. 42, nº 01, p. 09-33, jan/mar 2004 –

Impressa em abril 2004.

HILL, Carter R.; GRIFFITHS, William E.; JUDGE, George G. **Econometria.** Tradução Alfredo Alves de Farias. 2.ed. São Paulo: Saraiva, 2003. 471p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Contas Regionais, 2003 e Pesquisa Industrial Mensal 2005.

JÚNIOR, José Luiz Rossi; FERREIRA, Pedro Cavalcanti. **Evolução da produtividade industrial brasileira e abertura comercial.** TD n. 651. São Paulo: IPEA, 1999. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>. Acesso em agosto de 2005.

KALDOR, N. **Economic Growth and the Verdoorn Law - A Comment on Mr. Rowthorn's** .Article, Economic Journal, **85**, 891-896, 1975. Disponível em: <<http://econpapers.repec.org>. Acesso em julho de 2005.

KALDOR, N. **Causes of the Slow Rate of Economics of the UK.** An Inaugural Lecture. Cambridge: Cambridge University Press, 1966. Disponível em: <<http://econpapers.repec.org>. Acesso em julho de 2005.

KALDOR, N. **Strategic factors in economic development.** Cornell University, Itaca, 1967. Disponível em: <<http://econpapers.repec.org>. Acesso em julho de 2005.

KNELL, Mark; RAYMENT, Paul. Structural change in European manufacturing industries and the Kaldor-Verdoorn Law. UM Economic Commission for Europe. 200?. Disponível em: <<http://www.druid.dk/conferences/nw/abstracts1>. Acesso em janeiro de 2006.

KUPFER, D. **Trajatórias de reestruturação da indústria brasileira após a abertura e a estabilização.** 1998. Tese (Doutorado) – IE/UFRJ.

KUPFER, David; ROCHA, Carlos Frederico. **Dinâmica da produtividade e heterogeneidade estrutural na indústria brasileira.** Texto apresentado no Seminário:El Reto de Acelerar el

Crecimiento en América Latina y el Caribe. CEPAL – División de Desarrollo Productivo - Santiago de Chile - setembro de 2004.

LEON-LEDESMA, M.A. **Economic Growth and Verdoorn's Law in the Spanish Regions, 1962-1991.** Working Paper, Universidad de La Laguna, Spain, Feb. 1998. Disponível em: <<http://www.kent.ac.uk/economics/papers>. Acesso em janeiro de 2006.

LYRA, Flávio Tavares. **Os incentivos fiscais à indústria da Zona Franca de Manaus: Uma Avaliação** (Relatório Final). IPEA, Texto para discussão n. 371, 1995. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>. Acesso em fevereiro de 2006.

MACEDO, R. **Uma agenda de pesquisa em economia do trabalho.** In: Encontro Nacional de Economia, XVI, 1988. Belo Horizonte. Anais Anpec, 1988.

MACKINNON, James G. **Critical values for cointegration tests.** In: ENGLE, Robert F. ; GRANGER, W. J. Long-run economic relationships: readings in cointegration. New York: Oxford University Press, 1991. p.267-76

MACRODADOS, Manual do Usuário, 2005 v.6.2.

MAHAR, Dennis J. **Desenvolvimento Econômico da Amazônia: Uma Análise das Políticas Governamentais.** Rio de Janeiro, IPEA, 1978.

MARGARIDO, Mario A. **Teste de co-integração de johansen utilizando o SAS.** Agric. São Paulo, São Paulo, v. 51, n. 1, p. 87-101, jan./jun. 2004.

MARINHO, Emerson Luís Lemos; NOGUEIRA, Cláudio André Gondim; ROSA, Antônio Lisboa Teles da. **Evidências empíricas da Lei de Kaldor-Verdoorn para a indústria de transformação do Brasil (1985-1997).**Rio de Janeiro: Revista Brasileira de Economia, jul/set 2002. 457-482p.

MARQUES, Joambell M. **Produtividade: Alavanca para a competitividade**. Ed. São Paulo:

Edicon, 1995.

MARTINHO, João Pereira Vítor. **Análise da lei de verdoorn nas regiões e sectores portugueses**. Revista do ISPV, n.31, maio de 2005. Disponível em: <<http://www.ipv.pt/millennium/Millennium31>>.

MILLES, David; SCOTT, Andrew. **Macroeconomia: compreendendo a riqueza das nações**. Tradução Cid Kinipel Moreira. São Paulo: Editora Saraiva, 2005 p44-74.

NOGUEIRA, Cláudio André Gondim; ROSA, Antônio Lisboa Teles. **Abertura econômica e competitividade da indústria brasileira: uma análise regional (1985 – 1997)**. Fortaleza: Estudos Econômicos, n.10, abril 2002.

PINDYCK, Robert S.; RUBINFELD, Daniel L. **Econometria. Modelos e previsões**. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. 726p.

PRITCHETT, Lant (2000). “The tyranny of concepts: CUDIE (cumulated, epreciated, investment effort) is not capital.” *Journal of Economic Growth*, v.5, p. 361-84.

ROWTHORN, R.E. **What Remains of Kaldor Laws?** *Economic Journal*, 85, 1975 p: 10-19.

ROWTHORN, R.E. **A note on Verdoorn’s Law**. *Economic Journal*, Vol. 89, 1979, p: 131-133.

SABOIA, João; CARVALHO, Paulo Gonzaga M. de. **Produtividade na Indústria Brasileira — Questões Metodológicas e Análise Empírica**. IPEA, Texto para discussão n. 651, 1999. Disponível em: <<http://www.ipea.gov.br>>. Acesso em julho de 2005.

SANTANA, Antônio Cordeiro de. **Métodos Quantitativos em Economia: elementos e aplicações**. Belém: UFRA, 2003. 484p.

SANTOS, Roberto Araújo de Oliveira. **História econômica da Amazônia (1800-1920)**. São Paulo: T.A. Queiroz, 1980.

SARTORIS, Alexandre. **Estatística e Introdução à econometria**. São Paulo: Saraiva, 2003.426p.

SICSÚ, Benjamin Benzaquen. **Desenvolvimento da Indústria de componentes para o complexo eletrônico**. XIV Fórum Nacional, Rio de Janeiro, maio de 2002. Disponível em: <<http://www.forumnacional.org.br>. Acesso em fevereiro de 2005.

SOUZA, Nali de Jesus de. **Desenvolvimento Econômico**. 5.ed.rev. São Paulo: Atlas, 2005. 257-261 p.

STOCK, James H.; WATSON, Mark W. **Econometria**. Tradução Mônica Rosemberg; revisão técnica Eliezer Martins Diniz. São Paulo: Addison Wesley, 2004.

SUFRAMA. Superintendência da Zona Franca de Manaus. Coordenadoria de Indicadores Sociais e Econômicos – COISE.

THIRLWALL, A. **A plain man's guide to Kaldor's growth laws'**. Journal of Post Keynesian Economics, v. 5, n. 3, 1983, apud FEIJÓ, Carmem Aparecida; CARVALHO, Paulo Gonzaga M. de. **Uma interpretação sobre a evolução da produtividade industrial no Brasil nos anos noventa e as "leis" de Kaldor**. Belo Horizonte: Nova Economia, 12 (2), 57-78, 07/10. 2002.

VERDOORN, P.J. **Fattori che Regolano lo Sviluppo Della Produttività Del Lavoro**. L'Industria, 1, pp: 3-10, 1949.

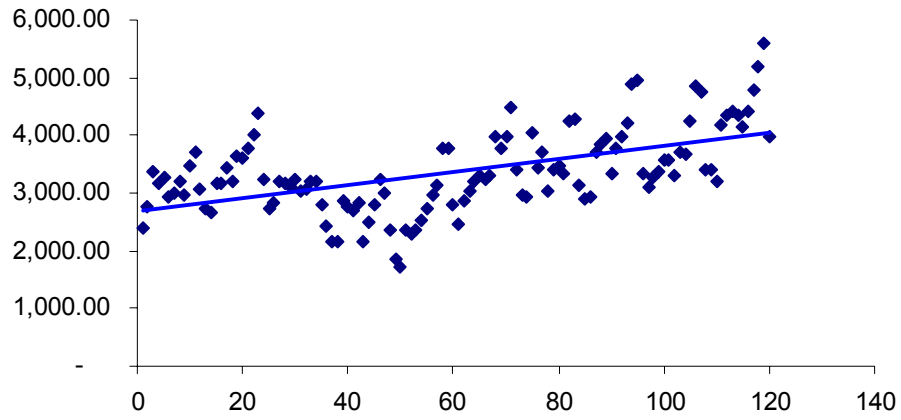
WAINER, Jacques. **O paradoxo da produtividade**. Campinas: Instituto de Tecnologia- Unicamp, 2001. Disponível em: <<http://ic.unicamp.br/~wainer>.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. **Introducción a la econometría. Un enfoque moderno**. Traducido del libro: Introductory Econometrics. A modern approach. Seneca, Mexico: Thomson Learning, 2001.816p.

### ANEXOS DE FIGURAS

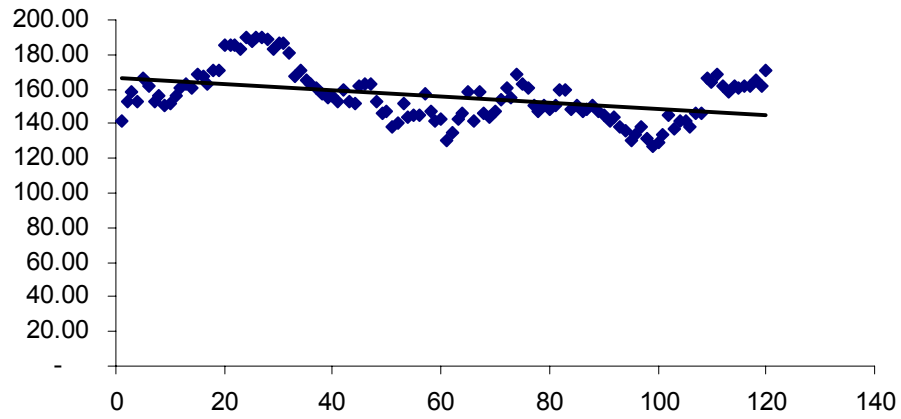
Anexo I

Valor Bruto da Producao (VB) em milhoes R\$

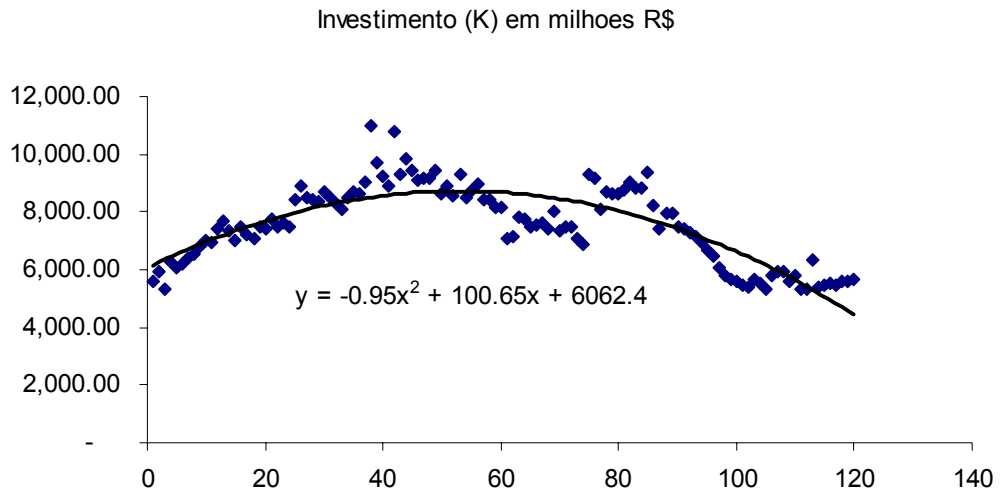


Anexo II

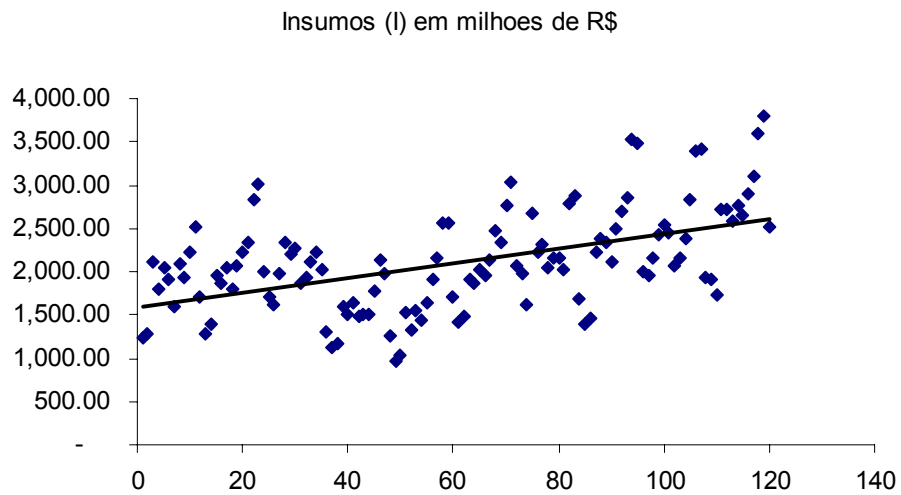
Mao-de-obra (N) em milhares



Anexo III



Anexo IV



## ANEXOS DE TABELAS

## Anexo V

Tabela Produtividade Total de Fatores e Produtividade Parcial de Fatores.

Período	Taxa de variação (%)				Índice			
	Produto	Emprego	PP	PTF	Produto	Emprego	PP	PTF
Jan-95	-	-	-	-	1.00	1.00	1.00	1.00
Feb-95	26.37	2.20	16.91	27.11	1.26	1.02	1.17	1.27
Mar-95	(16.33)	3.25	(19.20)	(22.00)	1.06	1.06	0.94	0.99
Apr-95	9.26	2.47	13.30	19.66	1.16	1.08	1.07	1.19
May-95	(9.25)	1.12	(16.45)	(12.77)	1.05	1.09	0.89	1.03
Jun-95	(16.98)	(1.61)	(14.93)	(15.23)	0.87	1.08	0.76	0.88
Jul-95	37.73	(1.78)	46.45	40.53	1.20	1.06	1.11	1.23
Aug-95	(21.96)	(0.16)	(23.50)	(20.97)	0.94	1.05	0.85	0.97
Sep-95	(4.24)	0.55	(0.83)	(1.24)	0.90	1.06	0.85	0.96
Oct-95	18.08	(1.53)	17.07	19.15	1.06	1.04	0.99	1.15
Nov-95	(4.47)	(0.20)	(7.39)	(5.79)	1.01	1.04	0.92	1.08
Dec-95	13.30	(2.92)	10.56	15.97	1.14	1.01	1.01	1.25
Jan-96	5.69	(0.71)	3.79	7.34	1.21	1.00	1.05	1.34
Feb-96	(11.85)	(0.17)	(10.24)	(13.42)	1.07	1.00	0.94	1.16
Mar-96	(3.04)	(0.70)	(7.54)	(6.66)	1.03	1.00	0.87	1.09
Apr-96	8.11	0.47	8.41	11.62	1.12	1.00	0.95	1.21
May-96	5.31	0.51	8.09	4.09	1.18	1.01	1.02	1.26
Jun-96	0.80	1.54	(3.57)	(1.46)	1.19	1.02	0.99	1.24
Jul-96	13.49	1.90	13.32	16.60	1.35	1.04	1.12	1.45
Aug-96	(12.85)	2.10	(19.69)	(15.58)	1.17	1.06	0.90	1.22
Sep-96	3.90	2.00	4.14	6.38	1.22	1.08	0.93	1.30
Oct-96	(18.54)	1.21	(18.50)	(20.39)	0.99	1.10	0.76	1.04
Nov-96	17.86	1.38	18.94	19.16	1.17	1.11	0.91	1.24
Dec-96	(10.17)	(0.84)	(12.99)	(11.73)	1.05	1.10	0.79	1.09
Jan-97	(16.72)	1.06	(15.75)	(9.87)	0.88	1.11	0.66	0.98
Feb-97	19.66	0.49	18.24	22.10	1.05	1.12	0.79	1.20
Mar-97	(0.44)	(1.04)	(0.52)	(2.51)	1.04	1.11	0.78	1.17
Apr-97	(34.40)	0.82	(33.93)	(34.70)	0.68	1.12	0.52	0.76
May-97	12.58	(0.99)	16.01	12.84	0.77	1.11	0.60	0.86
Jun-97	6.66	0.05	4.55	8.13	0.82	1.11	0.63	0.93
Jul-97	22.08	0.55	21.73	20.88	1.00	1.11	0.76	1.13
Aug-97	(2.95)	(0.08)	0.48	(3.19)	0.97	1.11	0.77	1.09
Sep-97	(4.72)	(1.88)	2.51	(3.83)	0.93	1.09	0.79	1.05
Oct-97	(11.72)	(3.10)	(13.27)	(9.82)	0.82	1.06	0.68	0.95
Nov-97	(18.55)	(0.51)	(15.89)	(16.58)	0.67	1.05	0.57	0.79
Dec-97	42.70	(3.16)	44.88	42.55	0.95	1.02	0.83	1.13
Jan-98	(7.35)	(1.00)	(6.21)	(4.50)	0.88	1.01	0.78	1.07
Feb-98	(5.45)	4.37	(3.62)	7.18	0.83	1.05	0.75	1.15
Mar-98	27.54	1.43	29.86	22.46	1.06	1.07	0.97	1.41
Apr-98	(0.14)	0.83	(0.80)	(2.54)	1.06	1.08	0.97	1.37
May-98	(15.37)	(0.57)	(13.64)	(16.76)	0.90	1.07	0.83	1.14
Jun-98	26.61	3.78	21.27	36.94	1.14	1.11	1.01	1.57
Jul-98	(50.54)	0.09	(48.18)	(55.63)	0.56	1.11	0.52	0.70
Aug-98	47.08	(0.04)	47.93	50.41	0.83	1.11	0.78	1.05

Sep-98	5.80	(1.77)	(1.01)	1.73	0.88	1.09	0.77	1.06
Oct-98	6.18	(1.95)	5.68	4.32	0.93	1.07	0.81	1.11
Nov-98	(6.39)	(2.27)	(6.25)	(5.73)	0.87	1.05	0.76	1.05
Dec-98	5.56	(4.95)	12.00	6.96	0.92	0.99	0.85	1.12
Jan-99	(16.77)	(2.45)	(13.09)	(14.37)	0.77	0.97	0.74	0.96
Feb-99	(24.46)	(2.82)	(24.53)	(28.29)	0.58	0.94	0.56	0.69
Mar-99	20.98	(6.63)	28.30	24.06	0.70	0.88	0.72	0.85
Apr-99	18.55	(2.40)	16.49	16.08	0.83	0.86	0.84	0.99
May-99	(20.06)	0.20	(25.57)	(17.69)	0.66	0.86	0.62	0.81
Jun-99	39.77	1.43	46.99	37.04	0.93	0.87	0.91	1.12
Jul-99	(0.18)	5.60	(0.97)	1.21	0.92	0.92	0.90	1.13
Aug-99	(3.50)	(0.39)	(3.27)	(2.19)	0.89	0.92	0.88	1.11
Sep-99	(7.84)	2.89	(15.00)	(12.97)	0.82	0.94	0.74	0.96
Oct-99	24.11	2.65	32.29	25.65	1.02	0.97	0.98	1.21
Nov-99	0.07	8.11	3.88	(0.33)	1.02	1.05	1.02	1.20
Dec-99	(11.78)	(9.31)	(12.59)	(12.34)	0.90	0.95	0.89	1.06
Jan-00	(2.21)	(0.89)	6.88	(6.15)	0.88	0.94	0.96	0.99
Feb-00	33.67	(0.09)	30.18	33.54	1.18	0.94	1.24	1.32
Mar-00	(19.42)	5.73	(24.06)	(16.12)	0.95	1.00	0.94	1.11
Apr-00	19.31	3.32	16.52	18.48	1.13	1.03	1.10	1.31
May-00	(4.55)	2.55	(12.08)	(8.71)	1.08	1.05	0.97	1.20
Jun-00	1.73	2.16	13.79	5.24	1.10	1.08	1.10	1.26
Jul-00	(10.22)	2.58	(19.51)	(12.79)	0.99	1.11	0.89	1.10
Aug-00	27.95	1.81	38.52	28.37	1.26	1.13	1.23	1.41
Sep-00	(3.76)	1.48	(2.26)	0.89	1.22	1.14	1.20	1.43
Oct-00	(14.82)	3.41	(16.60)	(19.38)	1.04	1.18	1.00	1.15
Nov-00	18.64	(3.86)	13.42	18.53	1.23	1.14	1.13	1.36
Dec-00	(7.31)	2.80	(11.54)	(8.80)	1.14	1.17	1.00	1.24
Jan-01	(27.29)	0.95	(24.63)	(28.88)	0.83	1.18	0.76	0.88
Feb-01	36.06	(0.78)	25.65	32.62	1.13	1.17	0.95	1.17
Mar-01	2.16	(0.83)	5.36	23.67	1.15	1.16	1.00	1.45
Apr-01	(10.13)	1.25	(9.11)	(10.69)	1.03	1.17	0.91	1.30
May-01	15.04	2.93	22.79	11.08	1.19	1.21	1.12	1.44
Jun-01	(30.78)	(1.42)	(29.24)	(25.96)	0.82	1.19	0.79	1.07
Jul-01	26.69	(1.95)	24.00	25.57	1.04	1.17	0.98	1.34
Aug-01	7.84	(0.70)	10.12	8.34	1.12	1.16	1.08	1.45
Sep-01	(1.47)	(0.32)	(3.56)	(1.11)	1.11	1.16	1.04	1.43
Oct-01	10.19	2.41	4.35	10.12	1.22	1.18	1.09	1.58
Nov-01	(3.40)	2.10	(3.39)	(4.32)	1.18	1.21	1.05	1.51
Dec-01	3.51	(2.47)	10.99	5.12	1.22	1.18	1.17	1.59
Jan-02	4.48	(0.74)	3.53	7.54	1.28	1.17	1.21	1.71
Feb-02	(1.28)	(0.14)	0.73	(6.62)	1.26	1.17	1.22	1.59
Mar-02	(0.31)	0.61	(1.54)	(5.09)	1.26	1.18	1.20	1.51
Apr-02	(2.10)	1.12	(3.22)	1.18	1.23	1.19	1.16	1.53
May-02	9.91	2.86	12.18	10.43	1.35	1.22	1.30	1.69
Jun-02	(22.37)	0.25	(20.80)	(24.56)	1.05	1.23	1.03	1.28
Jul-02	3.13	1.69	5.50	3.29	1.08	1.25	1.09	1.32
Aug-02	(1.14)	1.47	(3.15)	(2.91)	1.07	1.27	1.05	1.28
Sep-02	7.15	2.80	11.92	7.34	1.15	1.30	1.18	1.37
Oct-02	1.78	2.58	3.49	1.11	1.17	1.33	1.22	1.39
Nov-02	7.57	0.61	12.60	6.67	1.25	1.34	1.37	1.48



Dec-02	(11.08)	(3.54)	(13.67)	(13.22)	1.12	1.29	1.18	1.29
Jan-03	(12.08)	(0.59)	(14.73)	(16.18)	0.98	1.29	1.01	1.08
Feb-03	(3.02)	1.67	1.45	(3.94)	0.95	1.31	1.02	1.03
Mar-03	(15.81)	1.16	(12.87)	(16.05)	0.80	1.32	0.89	0.87
Apr-03	8.33	2.39	6.54	7.16	0.87	1.36	0.95	0.93
May-03	8.86	(0.62)	5.67	7.12	0.94	1.35	1.00	1.00
Jun-03	9.93	2.22	1.14	6.98	1.04	1.38	1.02	1.07
Jul-03	28.17	0.11	35.89	32.26	1.33	1.38	1.38	1.41
Aug-03	(17.55)	1.44	(20.19)	(19.61)	1.10	1.40	1.10	1.13
Sep-03	8.00	3.95	7.93	6.33	1.18	1.45	1.19	1.21
Oct-03	4.39	3.46	6.44	9.56	1.24	1.50	1.27	1.32
Nov-03	(10.01)	0.99	(14.53)	(10.36)	1.11	1.52	1.08	1.18
Dec-03	11.58	(5.40)	11.30	11.44	1.24	1.44	1.20	1.32
Jan-04	3.29	3.97	(9.13)	(3.06)	1.28	1.49	1.09	1.28
Feb-04	(3.10)	1.73	(1.79)	(0.74)	1.24	1.52	1.07	1.27
Mar-04	(0.79)	2.76	(3.40)	(5.30)	1.23	1.56	1.04	1.20
Apr-04	11.51	1.73	16.41	12.15	1.37	1.59	1.21	1.35
May-04	13.63	2.52	15.86	24.57	1.56	1.63	1.40	1.68
Jun-04	(14.48)	2.59	(16.27)	(21.93)	1.34	1.67	1.17	1.31
Jul-04	(5.06)	3.36	(4.62)	(4.35)	1.27	1.73	1.12	1.25
Aug-04	1.75	3.67	0.97	2.27	1.29	1.79	1.13	1.28
Sep-04	10.51	2.72	11.15	10.37	1.43	1.84	1.25	1.42
Oct-04	(4.71)	3.11	(7.25)	(4.33)	1.36	1.90	1.16	1.36
Nov-04	10.68	0.29	13.45	11.15	1.50	1.90	1.32	1.51
Dec-04	(17.40)	(5.85)	(21.59)	(17.99)	1.24	1.79	1.04	1.24

Fonte: Dados da pesquisa

**Anexo VI**  
Teste realizado com valor adicionado, com constante.

Variável Dependente : VA				
Método : Mínimos Quadrados				
Data : 05/02/2006 Hora : 09:47				
Intervalo : de Jan/1995 a Dez/2004				
Número de observações : 120				
Variáveis Independentes	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística T	Valor P
<b>CONSTANTE</b>	27.30515	3.40636	8.01594	0
N	0.26116	0.16988	1.53729	0.12692
<b>K2</b>	-0.24858	0.04274	-5.81587	0
R-Quadrado	0.22511	Média var. dep.		20.932

R-Quadrado ajustado	0.21187	D.Padrão var. dep.	0.191
Erro Padrão da regressão	0.16956	Soma quadr.resíduos	3.36
Log Verossimilhança	44.194	Durbin-Watson	1.10917
Critério de Akaike	-0.68657	Critério de Schwarz	-0.61688
Estatística F	16.995	Prob(F)	0
Fonte: Dados da Pesquisa			

### Anexo VII

Teste realizado com valor adicionado, sem constante.

Variável Dependente : VA				
Método : Mínimos Quadrados				
Data : 05/02/2006 Hora : 09:49				
Intervalo : de Jan/1995 a Dez/2004				
Número de observações : 120				
Variáveis Independentes	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística T	Valor P
<b>N</b>	1.39003	0.11776	11.80382	0
<b>K2</b>	-0.11628	0.04886	-2.37963	0.01893
R-Quadrado	-0.20045	Média var. dep.		20.932
R-Quadrado ajustado	-0.21062	D.Padrão var. dep.		0.191
Erro Padrão da regressão	0.21015	Soma quadr.resíduos		5.21
Log Verossimilhança	17.93	Durbin-Watson		0.77448
Critério de Akaike	-0.26551	Critério de Schwarz		-0.21905
Fonte: Dados da pesquisa				

### Anexo VIII

Teste com valor bruto da produção, com constante.

Variável Dependente : VB				
Método : Mínimos Quadrados				
Data : 05/02/2006 Hora : 09:55				
Intervalo : de Jan/1995 a Dez/2004				
Número de observações : 120				
Variáveis Independentes	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística T	Valor P
<b>CONSTANTE</b>	9.0948	1.47278	6.17525	0

<b>K2</b>	-0.07015	0.01795	-3.90742	0.00016
<b>N</b>	0.07246	0.06386	1.13466	0.25886

<b>I</b>	0.68314	0.02361	28.93296	0
R-Quadrado	0.91248	Média var. dep.		21.915
R-Quadrado ajustado	0.91022	D.Padrão var. dep.		0.211
Erro Padrão da regressão	0.06332	Soma quadr.resíduos		0.47
Log Verossimilhança	162.902	Durbin-Watson		1.28994
Critério de Akaike	-2.64836	Critério de Schwarz		-2.55545
Estatística F	403.145	Prob(F)		0

Fonte: Dados da pesquisa

### Anexo IX Teste com valor bruto da produção, sem constante.

Variável Dependente : VB				
Método : Mínimos Quadrados				
Data : 05/02/2006 Hora : 09:56				
Intervalo : de Jan/1995 a Dez/2004				
Número de observações : 120				
Variáveis Independentes	Coefficiente	Erro Padrão	Estatística T	Valor P
<b>K2</b>	-0.01171	0.01751	-0.66868	0.50502
<b>N</b>	0.33035	0.05545	5.95703	0
<b>I</b>	0.75661	0.02341	32.3221	0
R-Quadrado	0.88371	Média var. dep.		21.915
R-Quadrado ajustado	0.88172	D.Padrão var. dep.		0.211
Erro Padrão da regressão	0.07268	Soma quadr.resíduos		0.62
Log Verossimilhança	145.848	Durbin-Watson		1.13931
Critério de Akaike	-2.3808	Critério de Schwarz		-2.31111
Fonte: Dados da pesquisa				

### Anexo X

Resposta do valor da produção a choques no valor total da produção no modelo de relação entre produção e produtividade.

Resposta do Valor total da produção		
Período	Produção	PP
1	0.133	-
2	0.049	(0.025)

3	0.048	(0.017)
4	0.058	(0.009)
5	0.044	(0.014)
6	0.042	(0.011)
7	0.039	(0.009)
8	0.034	(0.009)
9	0.031	(0.008)
10	0.028	(0.007)
Fonte: Dados da pesquisa		

#### Anexo XI

Resposta da produtividade a choques no valor total da produção no modelo de relação entre produção e produtividade

Resposta da produtividade		
Período	Produção	PP
1	0.121945	0.040724
2	0.03862	0.004871
3	0.042634	0.015409
4	0.047281	0.022876
5	0.033049	0.018711
6	0.030419	0.021774
7	0.026106	0.023181
8	0.021124	0.023717
9	0.017653	0.024924
10	0.014122	0.025758
Fonte: Dados da pesquisa		

#### Anexo XII

Resposta da produção a choques no valor total da produção no modelo de relação entre produção e emprego

Resposta do Valor total da produção		
Período	Produção	Emprego
1	0.13107	-
2	0.04645	0.02556
3	0.04517	0.02287

4	0.05560	0.00817
5	0.03910	0.01245
6	0.03792	0.00867
7	0.03418	0.00573
8	0.02924	0.00463
9	0.02648	0.00250
10	0.02325	0.00096
Fonte: Dados da pesquisa		

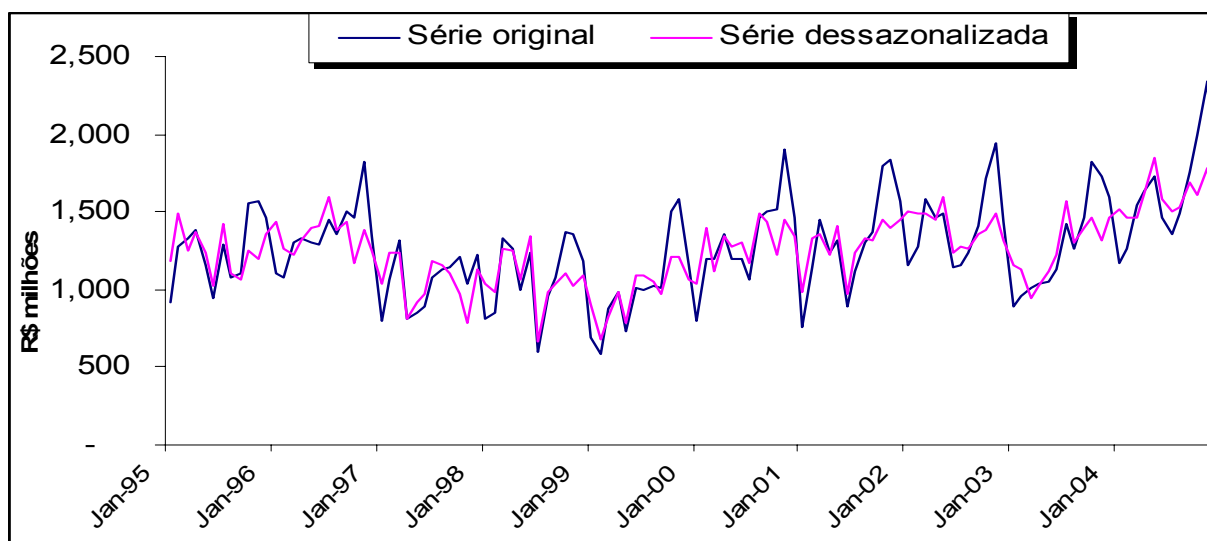
### Anexo XIII

Resposta do emprego a choques no valor total da produção no modelo de relação entre produção e emprego

Resposta do Emprego		
Período	Produção	Emprego
1	-0.00049	0.042713
2	0.006785	0.03296
3	0.000176	0.037451
4	0.005541	0.036393
5	0.006083	0.036916
6	0.006377	0.037996
7	0.007863	0.038084
8	0.008449	0.038597
9	0.009175	0.038998
10	0.009885	0.039293
Fonte: Dados da pesquisa		

### Anexo XIX

Evolução da produção em milhões de reais no período de janeiro de 1995 a dezembro de 2004, com valores originais e dessazonalizados.



Fonte: Suframa

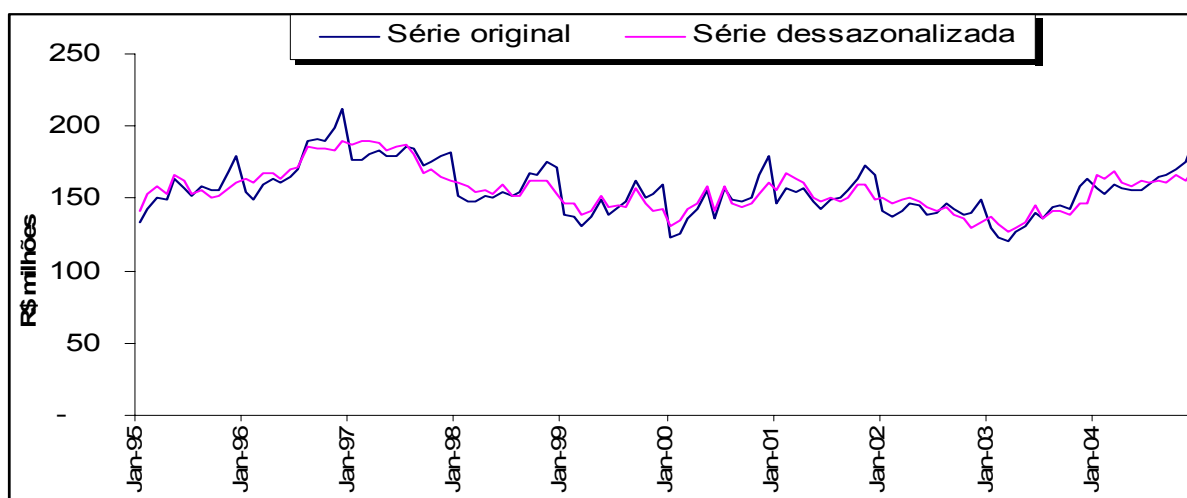
#### Anexo X

Evolução da mão-de-obra em milhões de reais no período de janeiro de 1995 a dezembro de 2004, com valores originais e dessazonalizados.

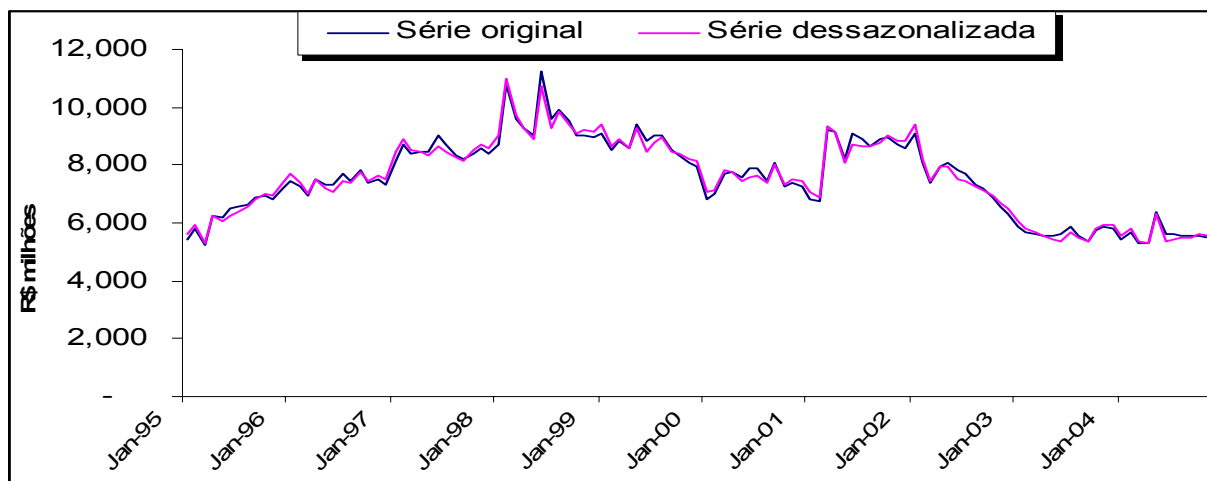
Fonte: Suframa

#### Anexo XI

Evolução do investimento fixo em milhões de reais no período de janeiro de 1995 a dezembro de



2004, com valores originais e dessazonalizados.



Fonte: Suframa

## Anexo XII

Fatores sazonais do processo de multiplicativo das razões de médias móveis para Produção,  
Emprego e Investimento

Fator sazonal Produção	Fator sazonal Emprego	Fator sazonal Investimento
0.771514	0.94258	0.967415
0.856658	0.933624	0.982203
1.062423	0.950308	0.989486
1.009094	0.975902	1.00178
0.935843	0.982833	1.014323
0.922076	0.963858	1.044269
0.907364	0.992589	1.032039
0.976882	1.019531	1.005801
1.042587	1.031641	1.010923
1.242454	1.024867	0.992065
1.313208	1.082618	0.985944
1.084676	1.11662	0.976555
Fonte: Dados da pesquisa		