

A “LEI” DE KALDOR-VERDOORN E O MODELO DE DESENVOLVIMENTO DO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS

Renilson Rodrigues da Silva¹
Marcos Paulo de Oliveira Reis²

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo investigar se a chamada “lei” de Kaldor-Verdoorn é aplicável ao Polo industrial de Manaus. Essa “lei” trata da relação entre a demanda agregada da economia e a produtividade. Para efeitos de comparação, foi calculada a produtividade para o Brasil. A forma de cálculo da produtividade seguiu o modelo da contabilidade do crescimento com taxas de variação. Utilizou-se o método de séries temporais, aplicando VAR e Modelo de Correção de Erros. Foram encontradas evidências da aplicação da “lei” de Kaldor-Verdoorn ao polo. Os resultados sugerem que os aumentos na produção, via demanda agregada, impactam positivamente na produtividade total dos fatores, embora a transmissão desses efeitos seja lenta. Assim, há indícios de economias de escala estáticas e dinâmicas no polo, o que possibilita avaliar melhor as críticas históricas das quais o modelo Zona Franca de Manaus sempre foi alvo.

Palavras-chave: Competitividade; Produtividade; Produção; Kaldor-Verdoorn; Polo Industrial de Manaus.

THE KALDOR-VERDOORN’S “LAW” AND MANAUS INDUSTRIAL PARK DEVELOPMENT MODEL

ABSTRACT

In the present paper aims to investigate whether the so-called "law" of Kaldor-Verdoorn is applicable to the Industrial Park of Manaus. This "law" deals with the relationship between aggregate economic demand and productivity. For the purposes of comparison, productivity was calculated for Brazil. The method of calculating productivity followed the growth accounting model with rates of change. We used the time series method, applying VAR and Error Correction Model. We found evidence of the application of the "law" of Kaldor-Verdoorn to the Park. The results suggest that increases in production, via aggregate demand, impact total factor productivity positively, although the transmission of these effects is slow. Thus, there are indications of static and dynamic economies of scale at the Park, which makes it possible to better evaluate the historical criticisms that the Manaus Free Trade Zone model has always been target.

Keywords: Competitiveness; Productivity; Production; Kaldor-Verdoorn; Industrial Park of Manaus.

JEL: R11; R15

¹ Doutor em Economia Aplicada pela USP. Professor do Departamento de Ciências Econômicas da Universidade Federal de São João del-Rei. E-mail: renilsonsilva@ufsj.edu.br

² Graduado em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de São João del-Rei. E-mail: mp-dion@hotmail.com

1 INTRODUÇÃO

Em períodos de recessão, como o caso brasileiro atual, análises envolvendo crescimento econômico ganham destaque e são fortalecidas por estudos sobre a produtividade. Em alguns setores da indústria de transformação - como o de eletroeletrônicos, por exemplo - a elasticidade-renda elevada os tornam mais sensíveis às oscilações econômicas. Assim, estudos como aqueles preconizados pela “lei” de Kaldor-Verdoorn tornam-se elementos importantes para a melhor compreensão da dinâmica econômica, sobretudo em regiões com características produtivas particulares como é o Polo Industrial de Manaus (PIM).

O PIM faz parte da Zona Franca de Manaus (ZFM), modelo de desenvolvimento econômico cuja implantação ocorreu via Decreto/Lei 288 de 1967. O mesmo é dividido em três polos econômicos: agropecuário, comercial e industrial, sendo o industrial a base de sustentação da ZFM. O PIM tem aproximadamente 600 empresas de alta tecnologia, distribuídas nos setores eletroeletrônicos, duas rodas e químico, caracterizando-se como um dos polos industriais mais modernos da América latina (SUFRAMA, 2016). É responsável por grandes mudanças quantitativas e qualitativas na região Norte do Brasil. Apesar da forte retração de sua atividade no ano de 2015 (queda de 10%), ainda assim registrou um faturamento de R\$72,8 bilhões de reais e manteve cerca de 110 mil empregos diretos e, aproximadamente, 500 mil indiretos.

Apesar da performance econômica e da importância que o PIM representa para aquela região, o modelo ZFM não deixa de ser alvo de discordância. As opiniões contrárias ao modelo recaem, nomeadamente, sobre a competitividade daquela indústria. Apesar dessas críticas existirem desde a criação do modelo, começaram a se acentuar a partir da década de 1980. As principais críticas são: as empresas ali instaladas não são competitivas; são dependentes em tecnologia; causam perdas fiscais; concorrem em condições desleais em relação aos demais estados da federação; são apenas montadoras de *kits* importados que visam usufruir dos benefícios fiscais. Contudo, a maioria dos argumentos críticos não possui forte base empírica (SILVA, 2006).

Nesse contexto, Baptista (1993) responsabiliza o PIM pelo abandono de projetos tecnológicos nacionais. Segundo esse autor, o modelo ZFM facilita a

importação e isso teria levado à destruição do processo de desenvolvimento tecnológico nacional. Nessa mesma linha, Ariffin e Figueiredo (2003) concordam que tais facilidades motivaram a instalação de empresas voltadas apenas para montagens de “kits importados”. Conseqüentemente, houve impactos negativos sobre as indústrias de tecnologia e de P&D nacionais. Em outra vertente, Guerra (1996) classifica o modelo como dependente de tecnologias estrangeiras e insumos importados. Afirma que os incentivos fiscais não foram capazes de tornar a ZFM um projeto de desenvolvimento industrial regional na Amazônia. Lyra (1995), por sua vez, pontua que os incentivos fiscais são exagerados e isso levou as indústrias do PIM a ter baixa competitividade. Essas críticas, como destacado por Silva (2006), desconsideram a evolução e reestruturação que as indústrias do PIM tiveram após a abertura comercial brasileira nos anos noventa.

Em um estudo mais recente, ao mensurar a criação de riqueza pelas indústrias do PIM, Bispo (2009) concluiu que aquela indústria gera menos riqueza que as indústrias dos mesmos setores no restante do país. Além disso, a maior parcela da renda gerada é destinada ao governo. Paralelamente, Miranda (2013) analisa o modelo sob diversos aspectos e conclui que o modelo ZFM está fadado ao fracasso, dependente de decisões políticas e só sobrevive graças aos incentivos fiscais. De outro lado, Valle e Lima (2013), usando Manaus como referência para um estudo sobre espaços da globalização, chegam à conclusão que o modelo está em uma situação enclave. Com efeito, diante da prorrogação dos incentivos fiscais da ZFM até o ano de 2073, conforme Brasil (2014), é natural que novas críticas surjam com o decorrer do tempo.

Diante disso, análises da dinâmica socioeconômica daquela região são necessárias. Esses estudos permitirão identificar indícios da sustentação do modelo ZFM e da capacidade do PIM de se desenvolver de forma mais autônoma e dinâmica. Entretanto, é necessário maior embasamento via estudos empíricos, de tal modo que as críticas sejam direcionadas ao aprimoramento do modelo. Estudar a produtividade do PIM é apenas o princípio do entendimento de uma complexidade muito maior, que é a dinâmica econômica daquela região.

Na literatura, o crescimento da produtividade é considerado como item chave para o desenvolvimento econômico (DE NEGRI et al., 2014). Seu aumento contínuo permite que as economias elevem sua renda *per capita*. Os ganhos na produtividade

geralmente são associados às inovações tecnológicas, as quais levam a retornos crescentes de escala. Nesse sentido, a chamada “lei” de Kaldor-Verdoorn estabelece, conforme Thirlwall (1983), uma relação causal positiva entre a taxa de crescimento da produtividade na indústria e a taxa de crescimento da produção via crescimento da demanda agregada. Tal relação se baseia na presença de retornos crescentes de escala e em economias de escala dinâmicas (estas obtidas através de processos como *learning by doing*). Assim, para setores onde se encontrem evidências dessa “lei” seria possível identificar possíveis fontes de crescimento endógeno no progresso técnico (FEIJO; CARVALHO, 2002).

Especificamente para o PIM, indícios de validade da “lei” poderiam ajudar a explicar os determinantes de longo prazo do crescimento de sua produtividade, ou se haveria fontes endógenas para o mesmo. Tais resultados são de grande valia na discussão das críticas ao modelo ZFM e na busca de melhorias para o mesmo. Desse modo, embora diversos estudos utilizem a “lei” de Kaldor-Verdoorn como referencial teórico, poucos são aqueles que o fazem a nível regional, ou mesmo local. Por conseguinte, esse estudo tem o intuito de compreender a dinâmica do PIM via estudo de sua produtividade e, conseqüentemente, oferecer uma contribuição ao seu aprimoramento.

No presente trabalho, buscou-se testar a relação entre a produção e a produtividade para o PIM entre 2002 e 2014. Nesse período, a economia brasileira - em particular, o PIM - estava em uma trajetória de forte expansão do produto e renda. Desse modo, foi possível explorar os aumentos da demanda agregada evidenciando, ou não, a referida “lei”. Em paralelo, o teste empírico será utilizado para ajudar a analisar se algumas das críticas ao modelo ZFM se sustentam.

Posto isso, o trabalho está estruturado da seguinte forma: além dessa introdução, na próxima seção é apresentado o referencial teórico com as “leis” de Kaldor. Segue uma breve revisão da literatura empírica sobre o assunto. Em seguida, é apresentada a metodologia utilizada na pesquisa. Na seção seguinte, discutem-se os resultados da pesquisa e finalmente, as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O conceito de retornos crescentes foi ignorado na literatura econômica durante boa parte do século XIX. A hipótese de retornos marginais decrescentes e constantes à escala eram o pensamento preponderante na teoria econômica neoclássica. Ao longo do século XX, a ideia de retornos crescentes à escala ganha mais espaço no debate por meio de trabalhos seminais como Young (1928), Verdoorn (1949) e Arrow (1962) e, posteriormente, com os estudos de Nicholas Kaldor, que se aprofundou no assunto a partir da década de 1960.

Em seu trabalho seminal, Young (1928) já destacava os retornos crescentes de escala, caracterizando-os como um fenômeno macroeconômico. Essa assertiva vem do fato que, segundo o autor, os ganhos de escala são decorrentes de um processo de divisão do trabalho e do tamanho do mercado, com a introdução de novos bens, ou de novas indústrias. Kaldor (1966) seguiu essa mesma linha, tratando-os como fontes do crescimento da produtividade.

A importância dos retornos crescentes à escala para o crescimento econômico foi estudada por Verdoorn (1949), cuja formulação ganhou *status* de lei econômica. A “lei” de Verdoorn implica a existência de uma relação causal, estável e positiva, da taxa de crescimento do produto para a taxa de crescimento da produtividade no setor de manufatura, no longo prazo. Formalmente, sejam p e q as taxas de crescimento da produtividade e da produção, respectivamente. Assim, tem-se:

$$p_i = a_i + bq_i \quad (1)$$

em que a representa o intercepto, b é o coeficiente de Verdoorn, p é a taxa de crescimento da produtividade do trabalho e q é a taxa de crescimento da produção.

O significado intuitivo do coeficiente de Verdoorn é que um aumento de um ponto percentual na taxa de crescimento do produto leva a um aumento percentual do coeficiente na produtividade da manufatura. Uma vez que $p = q - e$, em que e é a taxa de crescimento do emprego na manufatura, a “lei” de Verdoorn pode também ser estimada de forma a evitar problemas de endogeneidade entre produção e produtividade através da equação:

$$e = -a + (1 - b)q \quad (2)$$

A fundamentação teórica da “lei” de Verdoorn é a existência de economias de escala na produção (THIRLWALL, 1980). Ou seja, advém do fato de que o custo médio de produção cai com o aumento da quantidade de bens produzidos. As fontes de economias de escala dentro de uma empresa, ou indústria, são geralmente divididas em duas categorias: estáticas ou dinâmicas. Economias de escala estáticas são resultantes dos custos fixos existentes na maioria dos processos de produção. Trata-se de um custo que deve ser pago ainda que nada seja produzido. Conseqüentemente, quanto maior o nível de produção, menor será o custo fixo médio por unidade produzida e, por conseguinte, maior a economia de escala. Entretanto, economias de escala estáticas são reversíveis, porque se o nível de produção cair, o custo fixo médio irá subir. As economias dinâmicas de escala, por outro lado, vêm dos ganhos de produtividade associados às inovações trazidas pelo aumento da produção. Desse modo, as economias dinâmicas surgem via processo de *learning by doing* (aprendizado) e como tal, são irreversíveis. Mesmo que o nível de produção caia, o novo conhecimento adquirido com a experiência não desaparece (SILVA, 2006).

Posteriormente, ao estudar as causas de uma possível desindustrialização no Reino Unido e as causas das divergências entre taxas de crescimento de um grupo de países desenvolvidos nos anos 1960, Kaldor (1966;1967) propôs uma série de fatos estilizados. Conforme colocam Feijó e Carvalho (2002), Kaldor destacou a indústria, com seus retornos crescentes e economias de escala dinâmicas, como o “motor” da economia. Através das suas ligações com os outros setores e seu dinamismo, a indústria pode acelerar a taxa de mudança tecnológica da economia como um todo. Os pressupostos de Kaldor ficaram conhecidos como “leis” econômicas ao longo do tempo que, conforme ressalta Targetti (1992), são quatro essas “leis”.

A primeira “lei” denota a interpretação da indústria como o motor do crescimento e que este seria tanto maior quanto maior fosse a proporção da indústria em relação a outros setores. Isso se deve ao fato da mesma ser o setor com maior dinamismo e, por possuir intra e inter-relações com os demais, pode difundir as inovações e aumentar a produtividade. Esse processo se torna cumulativo na medida em que se consideram retornos crescentes de escala.

A terceira e quarta “leis” indicam que o crescimento pode ser influenciado, ou até mesmo impedido, por meio de restrições externas. Assim, preservar a competitividade de suas exportações seria essencial para um país que deseja manter o seu nível de crescimento. Essa competitividade só pode ser mantida com crescimento da produtividade na indústria de transformação. O aumento das exportações, que fazem parte da demanda, é necessário para preservar o equilíbrio do balanço de pagamentos que tende a um excesso de importações em países em processo de industrialização.

A segunda “lei” é também conhecida como “lei” de Kaldor-Verdoorn, por ter sido uma reformulação da relação estabelecida por Verdoorn (1949). Ela postula que há uma relação positiva de causalidade entre as taxas de crescimento da produtividade e da produção na indústria de transformação, conforme a equação abaixo:

$$e_i = c + dq_i \quad (3)$$

em que e é a taxa de crescimento do emprego no setor industrial da economia, c é o intercepto, d é o coeficiente que mede a relação entre a produtividade e a produção e q é a taxa de crescimento no setor industrial da economia.

Tal relação seria possível porque o crescimento da produção, motivado por aumentos na demanda, levaria a incrementos na produtividade em setores com economias de escala dinâmicas, através de divisão do trabalho e do *learning by doing*. É pelo mecanismo da segunda “lei” que a interação da indústria de transformação com o restante da economia possibilita a primeira “lei” ocorrer. Como destacam Feijó e Carvalho (2002) e Silva (2006), para Kaldor seria possível haver crescimento endógeno na indústria através dos retornos crescentes de escala e econômicas de escala dinâmicas. Marinho et. al. (2002) lembra que, para Kaldor, o crescimento da produtividade seria mais que proporcional ao crescimento da produção. Tal fato seria mais evidente em regiões desenvolvidas, onde os mercados internos possuem maior dinamismo e maior capacidade de exportação, assim as empresas podem incorporar ganhos de produtividade mais facilmente via difusão de técnicas, economias de aglomeração, etc.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Desde as formulações de Verdoorn e Kaldor, diversos estudos empíricos já foram realizados testando suas “leis”, bem como discussões teóricas acerca do assunto. Como resultado, há evidências tanto favoráveis quanto desfavoráveis às mesmas. McCombie et. al. (2002) lembra que metodologicamente, a maioria dos trabalhos se vale de técnicas econométricas como *Ordinary Least Squares* (OLS), Variáveis Instrumentais, Séries Temporais, Modelos de Correção de Erros (MCE), Cointegração, Dados em Painel e Econometria Espacial.

Vaciago (1975) estimou a primeira e segunda “leis” de Kaldor via OLS para diversos países. Seus resultados indicaram impactos decrescentes da taxa de crescimento do produto sobre a taxa de crescimento da produtividade e, sobretudo para países de rápido crescimento, o coeficiente de Verdoorn foi inexpressivo.

McCombie et al. (2002) confirmaram a validade da “lei” para América do Norte e Europa. De outro lado, Leon-Ledesma (1998) encontraram evidências da “lei” de Kaldor-Verdoorn para regiões da Espanha de 1962 a 1991, aplicando dados em painel. Martinho (2004) estimou a “lei” de Verdoorn para setores em Portugal de 1995 a 1999, também utilizando dados em painel, encontrando evidências favoráveis à validade da “lei”.

Diferente dos demais, Harris e Lau (1998) utilizaram a metodologia de Vetor Autorregressivo (VAR), com a justificativa de que esta minimizaria o problema de endogeneidade entre produtividade e produção. Os autores encontraram evidências da “lei” de Verdoorn em regiões do Reino Unido de 1968 a 1991. Já o estudo feito por Mamgain (1999) encontrou evidências a favor da “lei” de Kaldor-Verdoorn para um dos seis países recém-industrializados da Ásia Oriental. Por outro lado, Wells e Thirlwall (2003) encontraram evidências da mesma para uma amostra de quarenta e cinco países africanos via modelagem de *cross-section*.

Recentemente, Millemaci e Ofria (2014) testaram a validade da “lei” de Kaldor-Verdoorn para o setor manufatureiro de economias desenvolvidas (Europa Ocidental, Austrália, Canadá, Japão e EUA), no período de 1973 a 2006, via variáveis instrumentais. Os autores usaram a relação investimento sobre produção como uma *proxy* da taxa de crescimento do capital e o crescimento médio dos custos do trabalho como *proxy* dos fatores de oferta. Os resultados obtidos

mostraram a validade da “lei” para a indústria nesses países e a baixa explicação da taxa de crescimento do capital e dos custos do trabalho sobre a taxa de crescimento da produtividade. Os coeficientes estimados foram considerados substancialmente estáveis ao longo do tempo.

Outro estudo recente é o de Castiglione (2011) que fez uma análise de série temporal e formulou a “lei” de Kaldor-Verdoorn em termos da cointegração e Causalidade de Granger entre produto industrial e produtividade do trabalho para os Estados Unidos. O período analisado é 1987 a 2007 com dados trimestrais. Os resultados também foram favoráveis.

No Brasil, há vários trabalhos como Marinho *et al.* (2002), Guimarães (2002), Feijó e Carvalho (2002), Morrone (2006) e (2013) e (2014). Marinho *et al.* (2002) realizaram um teste empírico para a indústria de transformação brasileira de 1985 a 1997 via Modelo de Correção de Erros. Concluíram que a economia brasileira possui um grau de dinamismo razoável. Todavia, a produção só tem efeito positivo sobre a produtividade no longo prazo para o período de 1991 a 1997.

De forma mais abrangente, Guimarães (2002) analisou a aplicação da “lei” na indústria de transformação de 1970 a 1997 e na agricultura de 1975 a 1995. Assim como em Harris e Lau (1998), o método utilizado foi Vetor Autoregressivo (VAR). Os resultados mostraram que há retornos crescentes de escala, mas com coeficientes inferiores aos de outros países. Para a agricultura, os valores encontrados dos coeficientes foram maiores.

Feijó e Carvalho (2002), por outro lado, usaram as “leis” de Kaldor para explicar a importância de se considerarem os fatores pelo lado da demanda agregada como sustentadores do processo de crescimento da produtividade. Analisaram o caso do Brasil na década de 1990 sob a ótica da abertura comercial e a consequente intensificação da concorrência industrial. Chegaram à conclusão de que os setores da indústria cresceram de modo variável, sem haver desindustrialização.

Morrone (2006) verificou a validade da “lei” de Kaldor-Verdoorn para a indústria aplicando o Modelo de Correção de Erros, ao passo que fez uso de *cross-section* para analisar a agropecuária brasileira. Para a primeira análise os dados utilizados foram de 1985 a 2001 e, para a última, de 1970 a 1995. As conclusões da pesquisa para a indústria é de que há economias de escala estáticas e dinâmicas.

Para a agropecuária também foram constatadas evidências de economias de escala.

Recentemente, Morrone (2013) estimou a “lei” de Kaldor-Verdoorn para a indústria brasileira no período de 2001 a 2012. Fez uma comparação com o período de 1985 a 2001 utilizando a mesma metodologia. A comparação sugere que a economia brasileira perdeu dinamismo de um período para o outro. Contudo, foi confirmada a existência de economias de escala estáticas e dinâmicas na indústria brasileira, embora não tão expressivas quanto em outros países. Morrone (2014) mostrou que o aumento da demanda estimula a produtividade. No trabalho são verificadas duas relações, entre a produção manufatureira e a produtividade e entre a produtividade, o câmbio e as exportações manufatureiras. Os resultados para a primeira análise são que tanto a produção “Granger-causa” a produtividade quanto está “Granger-causa” a produção. Ou seja, fatores de oferta e de demanda impactam no desempenho da indústria no período observado. Para a outra análise, apenas a produtividade “Granger-causa” as exportações. A taxa de câmbio e a demanda doméstica “Granger-causam” a produtividade. Desse modo, fatores de oferta explicam o desempenho industrial no período e a taxa de câmbio pode ser tomada como uma variável importante na produtividade industrial. Para que a indústria cresça, as variáveis câmbio, produtividade e exportações devem interagir de modo viabilizar esse crescimento.

Quando se considera a estimação dessas “leis” em âmbito regional, a modelagem de econometria espacial com controle para dependência espacial é utilizada. Bernat (1996) faz uma revisão das “leis” de Kaldor em nível regional e suas aplicabilidades no contexto das regiões norte-americanas, controlando para a presença de autocorrelação espacial. O autor encontrou evidências favoráveis às “leis”. Também, Pons-Novell e Viladecans-Marsal (1999) testaram as mesmas “leis” para a Europa no período de 1984 a 1992 com a correção para autocorrelação espacial, encontrando evidências favoráveis para a segunda e terceira “leis”

Alexiadis e Tsagdis (2006) realizaram testes com diversas especificações, convencionais e espaciais para verificar a “lei” de Verdoorn para as regiões da Grécia. Os autores encontram evidências favoráveis, principalmente com a especificação de erro espacial. Já Alexiadis e Tsagdis (2010), fizeram a mesma

aplicação, mas para as regiões da União Europeia no período de 1977 a 2005. Os autores encontram resultados que sugerem causalidade cumulativa no período.

Para o Brasil, Almeida (2011) buscou verificar a validade da “lei” de Verdoorn regional para a agricultura. Utilizando a abordagem dinâmica da “lei”, o autor identificou retornos de escala e efeitos de *catch-up* para as microrregiões do país no período de 1993 a 2003. O método utilizado foi o de Regressões Ponderadas Geograficamente (RPG).

Diferente de todos os trabalhos citados, por se tratar de uma análise regional muito específica, o estudo Silva (2006) focou na aplicabilidade da “lei” de Kaldor-Verdoorn para o PIM no período de 1995 a 2004 através da modelagem VAR. O autor demonstrou como o dinamismo do PIM contribuiu para o desenvolvimento da região. Os resultados mostraram que há uma possível relação de longo prazo entre produção e produtividade. Foram encontrados indícios de retornos crescentes de escala dada a relação observada entre produção e emprego.

Diante do exposto, percebe-se que a literatura internacional sobre o tema é vasta, porém, para o caso brasileiro ainda não há muitos estudos sobre o assunto e, destes, a maioria se concentra em nível nacional. Avaliar o tema em níveis regionais menores pode trazer resultados úteis para a discussão de modelos de desenvolvimento. Uma vez que para o PIM têm-se apenas o trabalho de Silva (2006), o presente artigo procura ajudar a complementar a literatura nesse sentido, trazendo uma teoria econômica bastante conhecida e empiricamente testada para um modelo de desenvolvimento regional desenvolvido no Brasil.

4 METODOLOGIA

4.1 Descrição dos dados e variáveis utilizadas

O período escolhido para análise foi do ano de 2002 a 2014, período este de relativo crescimento econômico no país, com forte expansão da demanda agregada. Além disso, atualiza o único trabalho dessa natureza para aquela região, Silva (2006). O término em 2014 se deve à disponibilidade de dados nas bases utilizadas. Os dados são mensais, obtidos da Suframa (Superintendência da Zona Franca de Manaus), do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e do IPEADATA. As variáveis utilizadas foram: faturamento das indústrias do PIM, mão de obra empregada em número de horas, consumo de energia elétrica industrial, valor

adicionado da produção, índice da produção industrial mensal do Brasil e índice do número de horas trabalhadas no Brasil.

Para estimação da PTF (Produtividade Total de Fatores) para o Brasil, foram utilizadas as séries da Pesquisa Industrial Mensal do IBGE relativas ao Índice de Produção Física Industrial e Índice do Número de Horas Pagas. Como *proxy* do investimento agregado, pode-se utilizar a taxa de crescimento do estoque de capital. Entretanto, considerando as dificuldades práticas e teóricas de se mensurar as variações de capital, grande parte dos estudos têm utilizado o consumo industrial de energia elétrica como *proxy* para o estoque de capital físico. Logo, a variação do consumo de energia seria também uma *proxy* para investimento. Para o cálculo da PTF do PIM, foi utilizado o valor adicionado da produção (Faturamento bruto menos insumos importados) para expurgar efeitos da produtividade de outros países e os salários pagos.

O indicador de inflação utilizado para deflacionar as séries do PIM foi o Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M). Além de deflacionadas, todas as séries foram dessazonalizadas por um processo de média móvel centrada em doze períodos. Esse procedimento permite expurgar os efeitos sazonais (periódicos) da série, mantendo apenas seu comportamento de longo prazo (SILVA, 2006).

4.2 A produtividade

Conceito bem definido na literatura, 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. As formas de cálculo, bem como seus resultados, são diversificadas. Isso ocorre em razão da dificuldade de se obter os dados necessários para aquilo que seria uma correta estimação (DE NEGRI; CAVALCANTE, 2014a). Contudo, uma das formas consagradas na literatura é da contabilidade do crescimento, decomposta da função de crescimento dos modelos de Solow e da função de produção do tipo de Cobb-Douglas. Essa decomposição do crescimento se inicia a partir da função de produção:

$$Y = AK^{\alpha}L^{1-\alpha} \quad (4)$$

Em que Y é uma medida de produto; A é a *PTF*, ou o resíduo de Solow; K é uma medida do estoque de capital; L é uma medida do estoque de mão de obra e α é uma constante. Para estimação da *PTF* lineariza-se a equação para realização dos cálculos com os logaritmos, ou com as taxas de crescimento correspondentes como segue:

$$PTF = g_y - \alpha g_k - (1 - \alpha)g_l \quad (5)$$

Em que g_y é a variação do produto, α é a participação do capital e $(1-\alpha)$ é a participação do trabalho no aumento (redução) da produtividade.

A produtividade do trabalho (*PP*) por sua vez é de cálculo mais simples. É o quociente de uma medida de produto e uma medida de trabalho:

$$PP = \frac{Y}{L} \quad (6)$$

4.3 Estimação empírica

O modelo teórico utilizado corresponde à equação de Verdoorn e de Kaldor, conforme equações 7 e 8, respectivamente:

$$p_i = a_i + bq_i \quad (7)$$

Em que a representa o intercepto, b é o coeficiente de Verdoorn, p é a taxa de crescimento da produtividade do trabalho e q é a taxa de crescimento da produção.

$$e_i = c + dq_i \quad (8)$$

Em que e é a taxa de crescimento do emprego no setor industrial da economia, c é o intercepto, d é o coeficiente que mede a relação entre a produtividade e a produção e q é a taxa de crescimento no setor industrial da economia.

De acordo com Harris e Lau (1998), as equações acima apresentam três problemas básicos: 1) omissão da variável estoque de capital; 2) sistema de

equações simultâneas para a equação (7), o que é resolvido pela equação (8); 3) diferentes valores para o coeficiente de Verdoorn (retornos crescentes à escala) ao estimar um modelo linear em termos estáticos (com as variáveis em níveis) ou em termos dinâmicos (com as variáveis nas primeiras diferenças). McCombie (1982) sugere que isso ocorre porque a verdadeira especificação do modelo estático deve ser uma função não-linear (progresso técnico) em vez da função de produção Cobb-Douglas log-linear, a qual geralmente é adotada na literatura.

Para tentar suavizar as dificuldades apontadas, seguindo Harris e Lau (1998), McCombie (2002) e Millemaci e Ofria (2014), estimar-se-á um modelo dinâmico, incorporando a variável consumo industrial de energia como *proxy* para a variável capital. Assim têm-se os seguintes modelos VAR para a “lei” de Kaldor-Verdoorn:

$$\Delta PTF = \alpha_0 + \beta_1 \Delta prod + \beta_2 \Delta prod_{t-1} + \beta_3 \Delta PTF_{t-1} + u_t \quad (9)$$

$$\Delta PTF = \alpha_0 + \beta_1 \Delta prod + \beta_2 \Delta prod_{t-1} + \beta_3 \Delta PTF_{t-1} + \beta_4 K + \beta_5 \Delta K_{t-1} + u_t \quad (10)$$

Em que *PTF* é a Produtividade Total de Fatores; *prod*, a produção; *K* o estoque de capital. Sendo que as variáveis estão expressas em taxas de variação.

A diferença entre os modelos acima é apenas a incorporação da variável “estoque de capital” na segunda equação. Nesses modelos, o coeficiente de Verdoorn é a elasticidade de longo prazo dada pela seguinte expressão:

$$\beta = \frac{\beta_1 + \beta_2}{1 - \beta_3} \quad (11)$$

A estimação do modelo empírico compreende a aplicação do método econométrico de séries temporais. Com esse fim, serão utilizados o Vetor Autorregressivo (VAR) e o Modelo de Correção de Erros (MCE). O método de série temporal requer atenção nos procedimentos, em particular, quando as séries são econômicas. As séries econômicas apresentam forte tendência estocástica e isso pode prejudicar a consistência dos resultados estimados. De fato, os modelos de séries temporais pressupõem que essas séries sejam estacionárias, ou seja, pressupõe que elas flutuem em torno de um valor constante. Desse modo, para testar se as séries são estacionárias ou não, será realizado o teste de raiz unitária

de Dickey-Fuller Aumentado para cada uma das variáveis das equações acima. As defasagens foram selecionadas pelos critérios de Akaike e Schwarz.

4.3.1 Cointegração

Embora o problema da estacionariedade possa ter sido resolvido, surge um outro problema com séries de tempo econômicas: a cointegração. Note-se que, caso duas ou mais variáveis sejam não estacionais, mas sigam tendências estocásticas crescentes ou decrescentes análogas, isso significa que os movimentos de uma correspondem aos movimentos da outra. Diz-se que séries com esse comportamento são cointegradas. Então, nesse caso, as séries possuem raiz unitária, são integradas da mesma ordem e seguem trajetórias semelhantes. Séries cointegradas implicam a existência de discrepância entre valores de longo e de curto prazo da variável dependente. Isso é entendido como um desequilíbrio de curto prazo. Para verificação da cointegração será utilizado o teste de Johansen e na existência dela, será utilizado o Modelo de Correção de Erros para a devida correção.

4.3.2 VAR, Função Impulso-Resposta e Causalidade de Granger

O método do Vetor Autorregressivo (VAR) permite que se explique uma variável por meio dos seus valores passados e dos valores passados das outras variáveis explicativas. Ou seja, todas as variáveis são tomadas como endógenas nesse modelo, sendo explicadas por si mesmas e pelas demais em um conjunto de equações simultâneas. No modelo geral com duas variáveis e duas defasagens tem-se:

$$y_t = a_{10,1}y_{t-1} + a_{12,1}z_{t-1} + a_{11,2}y_{t-2} + a_{12,2}z_{t-2} + e_{1t} \quad (12)$$

De acordo com Enders (2008), os modelos VAR são considerados mais apropriados para análises de relações interligadas e análises de impactos dinâmicos causados por distúrbios aleatórios. O modelo permite a análise de impulso-resposta e o teste de causalidade de Granger.

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 $t-1$ mudaria imediatamente o valor Y . Ademais, mudaria todos os valores futuros das demais variáveis endógenas do sistema, devido à sua estrutura dinâmica (ENDERS, 2008).

Paralelamente, será aplicado o teste de causalidade de Granger para verificar se a relação de causalidade, baseado na “lei” de Kaldor-Verdoorn, se dá realmente no sentido da produção para a produtividade. A hipótese testável é como segue:

Ho: A produção não causa a produtividade

H1: A produtividade não causa a produção

4.3.3 Dynamic Ordinary Least Squares (DOLS)

O método DOLS, uma variante dos mínimos quadrados ordinários conhecida como Mínimos Quadrados Ordinários Dinâmicos, é empregado para estimar o vetor de cointegração único que caracteriza a relação de longo prazo entre as variáveis na função de emprego e produtividade. O método consiste em uma regressão por mínimos quadrados ordinários com uma das variáveis em níveis contemporâneos das demais variáveis, com antecipações e defasagens nas suas primeiras diferenças, e uma constante (STOCK; WATSON, 1993).

5 RESULTADOS

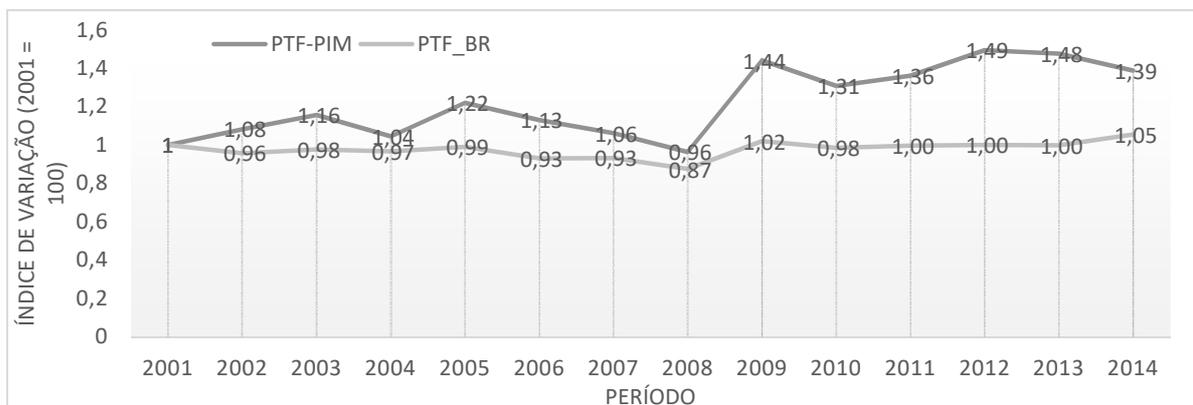
A produtividade total dos fatores foi calculada seguindo o modelo da contabilidade do crescimento, via função de Cobb-Douglas, conforme equação 5. Os resultados sugerem que na indústria de transformação brasileira há um forte componente de capital. Apesar desse resultado, vale ressaltar que a variação do consumo de energia foi usada como *proxy* para incrementos de capital. Desse modo, fica clara a sua limitação. Essa variável capta apenas a variação da utilização de energia com máquinas e equipamentos nas empresas, sem distinguir se são preexistentes ou adquiridas (novos investimentos). Além disso, nessa variável está inclusa a variação do consumo de energia que, não necessariamente, está sendo usado na produção.

Quanto aos coeficientes estimados para o PIM, a sua soma é menor do que a unidade. Este fato indica que existem outros fatores explicativos relevantes da produtividade total dos fatores. Tal fato é abordado no trabalho de De Negri e Cavalcante(2014b) ao fazerem uma revisão das formas de cálculo da PTF para o Brasil. Os autores mostram como os resultados podem ser diferentes ao se incluir outros fatores na função de produção, como capacidade instalada e o capital humano, por exemplo.

5.1 Evolução da produtividade no Brasil e no PIM

No período de 2002 a 2014 a produtividade oscilou bastante, tanto no Brasil quanto no PIM, como pode ser observado na figura 1. No entanto, nota-se certa estabilidade de 2002 a 2005 na série do Brasil e dois picos de crescimento no PIM. No ano de 2003, a produtividade do PIM cresceu 6,9%, enquanto no Brasil praticamente não houve crescimento. Esse período coincide com a expansão da economia brasileira naquele ano. Entretanto, no ano seguinte houve uma queda brusca de 9,67% da produtividade do PIM, colocando sua produtividade abaixo do nível do início da série. No ano seguinte, outro crescimento expressivo da produtividade do PIM, recuperando completamente, a perda do ano anterior e acumulando um crescimento de 22% em 2005. A partir de 2005, os níveis de produtividade seguem uma trajetória de queda até o ano de 2008. Nesses três anos, a PTF do PIM decresceu 20,9% e a PTF do Brasil, 11,6%. A partir de 2008, porém, os níveis da PTF começam entram em trajetória de crescimento, acumulando ganhos de 44% para o PIM e 20,6% para o Brasil. Em todo o período, o PIM acumulou um crescimento de 39% e o Brasil, apenas 5%.

Figura 1 - Evolução da produtividade no PIM e no Brasil, em índice, de 2002 a 2014

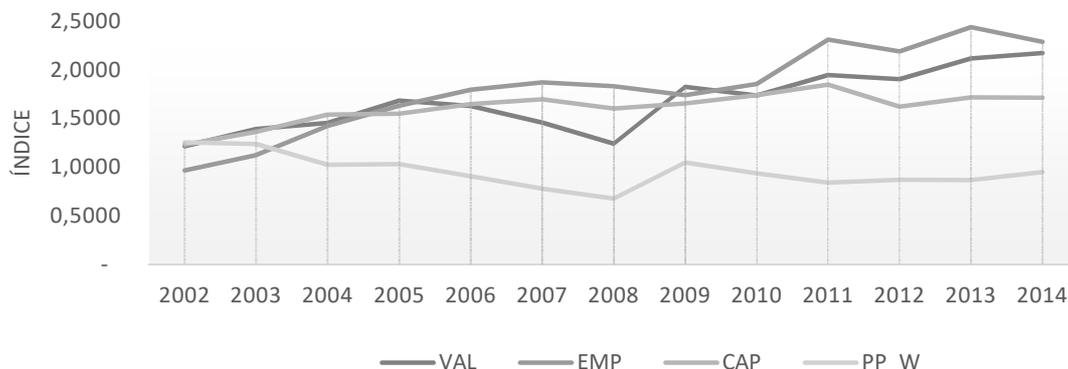


Fonte: Os autores

É destacável a grande variação da produtividade do PIM em relação ao restante da indústria de transformação brasileira. Uma das principais causas para isso está nas elasticidade-preço e elasticidade-renda dos produtos produzidos naquele parque industrial. Com efeito, a produção cresce e decresce a taxas muito superiores que o resto da economia. Com elasticidades maiores que a unidade, variações na economia impactam a produção do PIM mais fortemente e isso pode ser percebido pelas taxas de variação acima citadas. Outro fator de grande relevância nas oscilações da produtividade são os insumos utilizados na produção, que afetam o valor adicionado da economia e, por padrão, afetam a produtividade. Esse é um dos aspectos que chama atenção na figura acima: as variações negativas da produtividade de 2005 a 2008 e depois uma forte alta a partir de então.

Do ano de 2006 a 2008 o Produto Interno Bruto cresceu a taxas de 4%; 6% e 5%, respectivamente. No entanto, conforme pode ser visto na figura 2, a seguir, nesse mesmo período, o valor adicionado diminuiu (VAL), o número de horas pagas (EMP) continuou crescente, provocando queda na produtividade do trabalho (PP_W). O consumo de energia (CAP = proxy para o investimento) também subiu.

Figura 2 - Evolução do valor adicionado, produtividade produção e dos salários, em índices, de (2002-2014)



Fonte: Os autores

No PIM, os insumos básicos de representam cerca de 50% do valor bruto da produção. Desse total, aproximadamente 90% é importado. Porém, desde o ano de 2005, a taxa de câmbio estava em queda, favorecendo o aumento das importações. Conseqüentemente, o aumento das importações de insumos subiu de 44% em dezembro de 2005 para 63% em janeiro de 2008. Essa participação expressiva dos insumos sobre o valor bruto da produção veio a reduzir somente a partir de janeiro de 2009. Em suma, essa forte queda e elevação da produtividade no PIM tem como causa principal o aumento e redução dos insumos importados, os quais afetam o valor adicionado da economia.

Outros fatores podem, também, justificar essa perda acentuada de produtividade do PIM, entre eles está o PPB (Processo Produtivo Básico). O PPB foi definido por meio da Lei n.º 8.387, de 30 de dezembro de 1991, como sendo "o conjunto mínimo de operações, no estabelecimento fabril, que caracteriza a efetiva industrialização de determinado produto". Ou seja, consiste em etapas mínimas do processo de produção que as empresas deverão cumprir para fabricar determinado produto. Essa é uma obrigação na forma de contrapartidas aos benefícios fiscais estabelecidos pela lei Lei 8.387, 1991. Art 7º.

Ou seja, as empresas devem manter um número mínimo de mão de obra empregada, caso contrário não obtém os benefícios fiscais estabelecidos por Lei. Obviamente, isso “engessa” a capacidade da empresa em obter maiores ganhos de escala na produção. Tal fato se comprova pela evolução da produção e dos salários, conforme a figura 2.

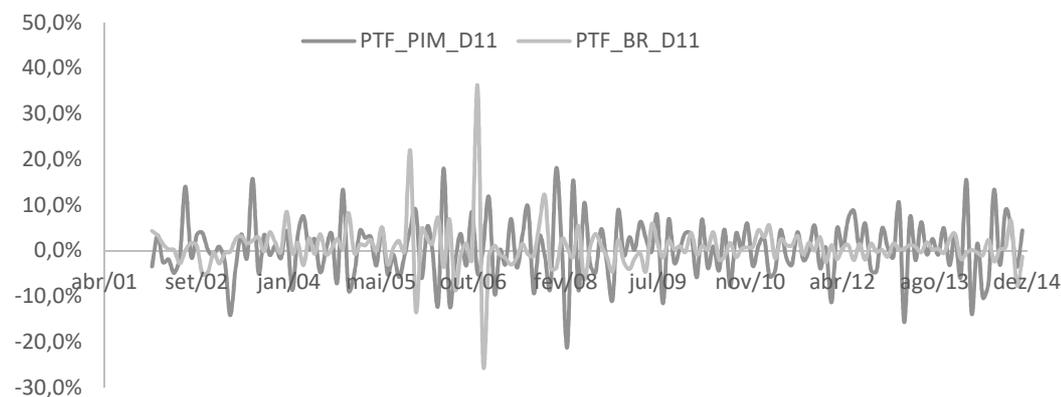
Ainda, conforme pode ser observado na figura 2, a tendência de crescimento dos salários tem sido superior à tendência de crescimento da produção desde o ano de 2006. Em parte, essa tendência pode ser resultado da defasagem de tempo entre a contratação/demissão da mão de obra por conta de aumento/redução da produção. Nota –se um pico dos salários em 2006 muito superior ao aumento da produção no mesmo período. A queda na produção no período subsequente é superior à queda dos salários. Esse movimento se repete desde então. Como consequência, houve forte queda da produtividade total e parcial de fatores. A PTF caiu 8,9% em novembro e 18,13% em dezembro. Nota-se, também, que há uma inversão da linha de tendência a partir do ano de 2005 e essa diferença apenas aumentou. A título de verificação, de janeiro de 2002 a dezembro de 2014 a produção acumulou alta de 117%, considerados os efeitos da inflação. No mesmo período, a elevação dos salários foi de 128,7%.

Comparando esses resultados com os resultados observados para o Brasil, ocorreu exatamente o contrário. A produção física no Brasil aumentou 16,3% no mesmo período, enquanto que o índice de horas pagas apresentou uma retração de 4,53% e o consumo de energia teve aumento de 53,56%. Essa é principal causa da diferença de produtividade entre Brasil e o PIM. Ocorre que a indústria de transformação do PIM é incentivada, obedecendo ao estabelecido no PPB. Em contraste, a indústria de transformação do Brasil - com exceção daquelas que não se enquadram na Lei 8.387 - não é incentivada. Nesse caso, as empresas do resto do Brasil operam mais próximas do modelo de salário de eficiência. Por esse modelo, mesmo que haja desemprego, a produtividade da mão de obra pode afetar o nível dos salários. Em outras palavras, nas empresas incentivadas os salários tendem a se manter mais elevados em cumprimento ao PPB, mesmo que essa mão de obra não seja eficiente.

Conforme já abordado, outro fator que pode explicar as oscilações da produtividade do PIM refere-se aos próprios produtos ali produzidos. Em sua grande maioria, são produtos com elevada elasticidade-renda, preço. Essas elasticidades são superiores àquelas do resto do Brasil. Portanto, a produção responde muito rapidamente às oscilações da economia. Para confirmar-se essa alegação, basta

observar as variações mensais, em percentual, da produtividade conforme a figura 3 a seguir.

Figura 3 - Variação da PTF Brasil e PIM, em %, dessazonalizada de 2002 a 2014



Fonte: Os autores

A variação da produtividade do PIM (PTF_PIM) é muito maior que a do resto do Brasil (PTF-BR), mostrando as vantagens-desvantagens daqueles produtos em relação às oscilações econômicas. Expurgando-se os efeitos sazonais das séries, nota-se que os maiores picos de alta e de baixa são relacionados aos picos de alta e baixa da economia, como são os casos dos anos de 2002 (crise de desconfiança do primeiro Governo Lula), 2003 (acomodação da economia e início do crescimento), 2008, 2009 e 2011 (crise financeira mundial e breve recuperação) e 2014 (início da crise política e econômica do Brasil). O pico da PTF do Brasil em 2006 não está relacionado a nenhum evento econômico específico. Entretanto, (De Negri e Cavalcante (2014a) ressaltam que naquele ano houve um ensaio de aumentos de investimentos.

5.2 Resultados das estimações econométricas

5.2.1 Teste de raiz unitária e estacionariedade das séries

Os testes de Dickey-Fuller Aumentado (DFA) foram feitos para as séries de taxas de crescimento de PTF, produção, emprego e capital fixo (*proxy* energia). Todos os testes foram realizados para modelos apenas com intercepto, pois não há tendência observável. Considerando a hipótese nula de que há raiz unitária, os

testes foram significativos para todas as séries, ao nível de 1%, não permitindo rejeitar a hipótese nula. Desse modo, todas as séries, com exceção da PTF, possuem raiz unitária. Paralelamente, o teste de Durbin-Watson para identificar autocorrelação foi realizado e não se encontrou evidência significativa de autocorrelação em nenhuma das séries.

5.2.2 Teste de cointegração

Uma vez identificada a raiz unitária e a estacionariedade das séries, é preciso verificar se elas seguem uma trajetória comum, via teste de cointegração de Johansen. Os resultados sugerem que todas as séries são cointegradas. Foram testadas a cointegração entre a produção e o emprego e entre a PTF e a produção (tabela 1).

Tabela 1 - Teste de Johansen para cointegração para PTF, produção e emprego

Rank máximo	LL	Autovalor	$I_{traço}$	Valor Crítico (5%)	$I_{máx}$	Valor Crítico (5%)
0	741,04	-	81,4466	29,68	55,1996	20,97
1	768,64	0,3012	26,2470	15,41	24,0289	14,07
2	780,65	0,1445	2,2180*	3,76	2,2180*	3,76
3	781,76	0,0143	-	-	-	-

Fonte: Os autores

Haja vista que o valor da estatística traço excede o valor crítico de 5%, é possível rejeitar a hipótese nula de que não há vetores de cointegração. A mesma informação foi obtida nas estatísticas $I_{máx}$. Os resultados do teste traço indicaram duas equações de cointegração para cada um dos modelos testados.

5.2.3 Modelo de Correção de Erro (MCE)

Tendo em vista que as variáveis são cointegradas, a causalidade deve existir pelo menos em uma direção. Seguindo essa metodologia, a direção da causalidade entre a produtividade, produção e emprego no setor da indústria de transformação pode ser detectada estimando-se os Modelos de Correção de Erros (MCE) (ENGLE; GRANGER, 1987). Diante disso, foram estimados os MCE's:

$$\Delta PTF = -0,549 * [PTF_{t-1} - 0,316 * PROD_{t-1} + 0.0003] \quad (13)$$

(14)

$$\Delta EMP = -0,181 * [EMP_{t-1} - 1.709 * CAP_{t-1} + 0.36] \\ + 0,107(PROD_{t-1} - 1,119CAP_{t-1} + 0,106)$$

Na equação 13, o valor de -0,549 é o coeficiente de longo prazo. Este valor é significativo, o qual implica que há um relacionamento de longo prazo entre produção (prod) e produtividade (PTF), tal como preconiza a “lei” de Kaldor-Verdoorn. Assim, um aumento na produção é capaz de causar um aumento na produtividade na medida desse coeficiente multiplicado pelo coeficiente da produção. Isto é, em geral, ele capta o ajuste da relação de equilíbrio de longo prazo entre as variáveis. Se este ajuste é suave, então ele deve ser menor que 1. Se o ajuste é rápido, o valor é maior que 1. No caso do PIM, a resposta de longo prazo é lenta e isso pode ser verificado nas funções impulso-resposta. Portanto, pode-se chamá-lo de medida da velocidade de ajustamento para o equilíbrio de longo prazo. Além disso, mudanças na produção impactam o emprego de forma lenta, também. Entretanto, a velocidade de ajustamento do emprego em relação a mudanças na produção é menor que a da produtividade. Provavelmente, esse resultado está relacionado às questões do PPB, já tratadas nessa seção.

5.2.4 Causalidade no sentido de Granger

O teste entre produção e produtividade mostrou, conforme tabela 2, que a hipótese nula de que a produção não causa a produtividade pode ser rejeitada ao nível de 5%. Ou seja, a produção causa efeitos na produtividade no sentido de Granger. Igualmente, não é possível rejeitar a hipótese nula que a produtividade não causa a produção. Portanto, o teste mostrou-se de acordo com a teoria testada nesse trabalho, de que mudanças na produção causam efeitos na produtividade.

Tabela 2 - Teste de causalidade de Granger para produção e produtividade

Hipótese nula (H0)	Teste F	Probabilidade	Rejeição de H0
Produto não causa Granger PTF	3,95669	0,0212	Sim
PTF não causa Granger Produto	1,07247	0,3448	Não

Fonte: Os autores

Apesar do resultado da equação 13, na literatura há referências à possibilidade de ocorrer o efeito em ambos os sentidos. Ou seja, tanto a produção

causa a produtividade como o contrário. Essa assertiva está de acordo com o discutido por Rowthorn (1975) que, ao criticar Kaldor (1966), afirma que a inter-relação entre o crescimento da produtividade e o crescimento da produção se daria em ambos os sentidos e não apenas no sentido produção-produtividade.

Em contraste, realizou-se o teste de causalidade no sentido de Granger para a inter-relação de crescimento do emprego e crescimento da produção. De acordo com a tabela 3, rejeita-se a hipótese de que o produto não causa o emprego a 5% de probabilidade. Confirma-se assim, a relação estabelecida por Kaldor de que a produção causa, no sentido de Granger, o emprego.

Tabela 3 - Teste de causalidade de Granger para Produto e emprego

Hipótese nula (H0)	Teste F	Probabilidade	Rejeição de H0
Produto não causa Granger Emprego	753.685	0,0088	Sim
Emprego não causa Granger Produto	935.512	0,001	Sim

Fonte: Os autores

Ao mesmo tempo, a hipótese nula de que o emprego não causa o produto foi rejeitada a 5% de probabilidade. Isso acontece porque, conforme abordado, a produção do PIM está fortemente relacionada ao nível de emprego em respeito à lei do PPB. Isso implica que a produção pode aumentar em determinados períodos como resultado de uma mão de obra excedente em um período anterior. Esse tipo de efeito é refletido no MCE, tratado acima e confirmado pela função impulso-resposta na seção seguinte

5.2.5 Função impulso-resposta

Constatou-se que um choque na produção causa, imediatamente, efeito positivo no emprego nos primeiros dois meses e cresce até o quarto mês. Nos períodos seguintes, o efeito no emprego tende a ficar estabilizado. Essas variáveis são cointegradas e, por possuírem essa característica, utilizou-se o MCE. Assim, os efeitos ou respostas aos choques nessas variáveis tendem a anular-se com o tempo, convergindo para sua trajetória de equilíbrio de longo prazo. Notou-se também que o efeito de uma variável sobre a outra e nela mesma não são expressivos, ficando todos próximos de zero.

As respostas da produção e emprego no PIM são relativamente lentas e pouco expressivas. Isso ocorre, provavelmente, por restrições que as empresas têm ao demitir funcionários em caso de redução da produção, por exemplo. As empresas do PIM cumprem com a Lei do PPB. Logo, devem manter um certo nível de empregabilidade, ainda que haja flutuações econômicas.

Paralelamente, analisou-se a resposta da produção a inovações na própria produção e na PTF, a resposta dessa a choques na produção é praticamente nula. No entanto, nos dois primeiros meses a produtividade cai, resultante de inovações na produção. Em seguida, cresce e se estabiliza. Mudanças na produção podem ocorrer de diversas formas. A mudança de uma linha de produção, por exemplo, pode alterar uma linha de montagem. Essa alteração leva tempo para ser absorvida e isso pode levar à queda de produtividade.

De outro lado, choques na produtividade têm efeitos relativamente maiores na produção, dissipando-se lentamente ao longo do tempo. Mudanças na produtividade podem ocorrer, tal como na produção, de várias maneiras. Um curso de qualificação dos funcionários, por exemplo, tem efeitos no aumento da produtividade. A produção responde rapidamente a essa inovação nos primeiros dois meses. Tem uma leve queda para um nível relativamente menor e depois volta a crescer e se estabilizar a partir do terceiro mês.

5.2.6 Estimação das “leis” por *Dynamic Least Squares (DOLS)*

Conforme seção 4.2.1, constatou-se que todas as séries são estacionárias na primeira diferença, com exceção da variável produtividade. Igualmente, as séries são cointegradas, o que implicou na aplicação do MCE. O uso do MCE, embora forneça as relações de curto e de longo prazo, não permite obtenção do coeficiente de Verdoorn tão simplesmente. Nesse sentido, para estimar os coeficientes, aplicou-se o método DOLS.

A equação a seguir ilustra o resultado aplicado para a “lei” de Verdoorn, testando a relação entre produção e produtividade, apenas. O resultado foi similar àqueles encontrados na literatura, com o coeficiente de Verdoorn igual a 0,46. Esse resultado, significativo a 1% de probabilidade, além de corroborar a “lei” de Verdoorn, sugere ganhos de escala na produção do PIM:

$$PTF = 0,4583\text{Produção} - 0,06140 \quad (15)$$

Na sequência, o resultado para o caso em que a variável emprego é dependente da produção e do capital. O coeficiente de Verdoorn pode ser obtido pela subtração de 1 do valor do coeficiente da variável produção. Assim, encontra-se o resultado de $0,552 = (1-0,448)$. Ou seja, com a aplicação dessa “lei”, novamente encontram-se indícios de que no PIM a “lei” de Kaldor-Verdoorn apresenta resultados muito próximos à literatura existente sobre o tema.

$$EMP = 0,448\text{Produção} + 1,143\text{Capital} - 0,279 \quad (16)$$

O próprio Kaldor, em suas estimações da “lei” para países da OCDE, encontrou um coeficiente próximo de 0,5 (KALDOR, 1967). Esse resultado mostra que o aumento da produção tem impacto reduzido no emprego, isto é, para cada aumento de 1% na produção, o emprego cresce 0,448%. Assim, pode-se ressaltar que, para o período de 2002 a 2014 considerado para análise, foram encontradas evidências de retornos de escala, pois parece que foi possível obter mais produto com menos mão de obra. Seguindo o que consta na literatura, se o coeficiente estimado for significativo e estiver entre 0 e 1, então há condição de evidenciar economias de escalas estáticas e dinâmicas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desse artigo foi verificar se a “lei” de Kaldor-Verdoorn é capaz de explicar o comportamento da produtividade no PIM no período de 2002 a 2014. Ao mesmo tempo, buscou-se encontrar algumas respostas às críticas sobre aquele modelo de desenvolvimento. Para tanto, foi utilizado o método de séries temporais, finalizando com o método de *DOLS*.

A validade da “lei” pode ser interpretada como evidência da presença de retornos crescentes à escala. Esse resultado foi confirmado através coeficientes encontrados. Diante do exposto, constata-se que apesar da queda da produtividade no PIM no início da série analisada, ainda assim aquela indústria parece apresentar eficiência na produção. Em equilíbrio de longo prazo, a elasticidade da produtividade com relação à produção industrial é de 0,45.

Os resultados encontrados seguem o padrão de literatura e corrobora os resultados de Silva (2006), que também encontrou economias de escala estáticas e dinâmicas no PIM. As evidências mostram que o PIM é um polo industrial dinâmico, capaz de gerar e sustentar seu crescimento endogenamente. Inclusive, esses resultados servem como um argumento inicial para contrapor as críticas históricas sobre o modelo de desenvolvimento ZFM.

Por fim, há que se fazer menção a resultados que necessitam de maior investigação. A grande dependência do PIM quanto à importação de insumos merece estudos aprofundados, embora esse seja um reflexo da dinâmica industrial do Brasil. Os efeitos que o PPB causa na produção e na produtividade também merecem estudos específicos, pois são de grande relevância para o crescimento e desenvolvimento daquela região.

A própria “lei” de Kaldor-Verdoorn ainda necessita de mais estudos acerca de sua identidade, do seu paradoxo estático-dinâmico que, como é retratado na literatura, revela diferentes resultados para diferentes especificações das variáveis. Ainda são poucas as análises regionais realizadas no Brasil com esse arcabouço teórico, e estas podem ser poderosos instrumentos para a verificação da eficácia e para implantação de políticas econômicas de desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

ALEXIADIS, S.; TSAGDIS, D. Reassessing the validity of Verdoorn’s law under conditions of spatial dependence: a case study of the Greek regions. **Journal of Post Keynesian Economics**, v. 29, n. 1, p. 149–170, 2006.

ALEXIADIS, S.; TSAGDIS, D. Is cumulative growth in manufacturing productivity slowing down in the EU12 regions? **Cambridge Journal of Economics**, v. 34, n. 6, p. 1001–1017, 2010.

ALMEIDA, E. S. Lei de Verdoorn local para a agricultura. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 42, n. 1, p. 87–104, 2011.

ARIFFIN, N.; FIGUEIREDO, P. **Internacionalização de competências tecnológicas: implicações para estratégias governamentais e empresariais de inovação e competitividade da indústria eletrônica no Brasil**. 2003.

ARROW, K. J. The Economic Implications of Learning by Doing. **The Review of Economic Studies**, v. 29, n. 3, p. 155–173, 1962.

BAPTISTA, M. A. C. **Competitividade da Indústria de Bens Eletrônicos de Consumo: Nota Técnica Setorial do Complexo Eletrônico**. Campinas, 1993.

BERNAT, G. A. Does Manufacturing Matter? A Spatial Econometric View Of Kaldor's Laws. **Journal of regional science**, v. 36, n. 3, p. 463–477, 1996.

BISPO, J. **Criação e distribuição de riqueza pela Zona Franca de Manaus** Universidade de São Paulo, 2009. USP.

BRASIL. **LEI Nº 8.387, de 30 de dezembro de 1991**. Emenda Constitucional, 2014. BRASIL.

CASTIGLIONE, C. Verdoorn-Kaldor ' s Law : an empirical analysis with time series data in the United States. **Advances in Management & Applied Economics**, v. 1, n. 3, p. 135–151, 2011.

DE NEGRI, F.; CAVALCANTE, L. R. **Produtividade no Brasil: uma análise do período recente**, 2014a.

DE NEGRI, F. DE; CAVALCANTE, L. R.; MESSA, A.; et al. **Produtividade No Brasil Desempenho E Determinantes**. ABDI IPEA, 2014b. (v.1).

ENDERS, W. **Applied econometric time series**. , 2008.

ENGLE, R.; GRANGER, C. Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. **Econometrica: journal of the Econometric Society**, 1987.

FEIJO, C. A.; CARVALHO, P. G. M. DE. Uma interpretação sobre a evolução da produtividade industrial no Brasil nos anos noventa e as “ leis ” de Kaldor. , v. 12, n. 2, p. 57–78, 2002.

GUERRA, M. **O complexo eletrônico no Brasil: uma análise regional**, 1996. UFMG.

GUIMARÃES, P. W. A LEI KALDOR-VERDOORN NA ECONOMIA BRASILEIRA. **Economia**, 2002.

HARRIS, R. I. D.; LAU, E. Verdoorn's law and increasing returns to scale in the UK regions, 1968-91: some new estimates based on the cointegration approach. **Oxford Economic Papers**, v. 50, n. 2, p. 201–219, 1998.

JOHN, M.; PUGNO, M.; SORO, B. **Productivity Growth and Economic performance: Essays on Verdoorn's Law**. , 2002.

KALDOR, N. **Causes of the slow rate of economic growth of the United Kingdom: an inaugural lecture**, 1966.

KALDOR, N. **Strategic factors in economic development**, 1967.

LAMONICA, M. T.; FEIJÓ, C. A. DE. Crescimento e industrialização no Brasil: uma interpretação à luz das propostas de Kaldor. **Revista de Economia Política**, v. 31, n. 121, p. 118–138, 2011.

LEON-LEDESMA, M. A. Economic growth and Verdoorn’s Law in the spanish regions, 1962-1991. **Kent: University of Kent, Keynes College, Department of Economics**, p. 26p, 1998.

LYRA, F.; PINHEIRO, V.; SARMENTO, V. Os incentivos fiscais à indústria da zona franca de Manaus: uma avaliação. **Rio de Janeiro: Ipea**, 1995.

MAMGAIN, V. Are the Kaldor-Verdoorn laws applicable in the newly industrializing countries? **Review of development economics**, 1999.

MARINHO, E. L. L.; NOGUEIRA, C. A. G.; ROSA, A. L. T. DA. Evidências empíricas da lei de Kaldor-Verdoorn para a indústria de transformação do Brasil (1985-1997). **Revista Brasileira de Economia**, v. 56, n. 3, p. 457–482, 2002.

MARTINHO, V. J. P. Análise da Lei de Verdoorn nas Regiões e sectores portugueses. **Educação, ciência e tecnologia**, p. 222–250, 2004.

MATOS, O. **Econometria básica: teoria e aplicações**. 3rd ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MCCOMBIE, J. Economic growth, Kaldor’s laws and the static–dynamic Verdoorn law paradox. **Applied Economics**, 1982.

MCCOMBIE, J. Increasing returns and the Verdoorn Law from a Kaldorian perspective. **Productivity growth and economic performance**, 2002.

MILLEMACEI, E.; OFRIA, F. Kaldor-Verdoorn’s law and increasing returns to scale: A comparison across developed countries. **Journal of Economic Studies**, v. 41, n. 1, p. 140–162, 2014. Disponível em: <<http://www.emeraldinsight.com/10.1108/JES-02-2012-0026>>. .

MIRANDA, R. **Zona Franca de manaus: desafios e vulnerabilidades**. Brasília, 2013.

MORRONE, H. **A lei de Kaldor-Verdoorn no Brasil: uma análise dos setores industrial e agropecuário**, 2006.

MORRONE, H. **Estimação da Lei de Kaldor-Verdoorn para a indústria brasileira no período 2001-12**. 2013. p. 75–86

MORRONE, H. **O aumento da demanda estimula a produtividade?** Uma análise de Causalidade de Granger para a manufatura brasileira, 2014.

PONS-NOVELL, J.; VILADECANS-MARSAL, E. Kaldor's Laws and Spatial Dependence: Evidence for the European Regions. **Regional Studies**, v. 33, n. 5, p. 443–451, 1999.

ROWTHORN, R. E. A Reply to Lord Kaldor's Comment on JSTOR. **The Economic Journal**, v. 85, n. 340, p. 897–901, 1975.

SILVA, R. R. DA. **O pólo industrial de Manaus como modelo de desenvolvimento econômico avaliado sob o enfoque da Lei de Kaldor-Verdoorn**, Mar. 2006. Universidade Federal do Pará.

STOCK, J.; WATSON, M. A simple estimator of cointegrating vectors in higher order integrated systems. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, v. 61, n. 4, p. 783–820, 1993.

SUFRAMA. SUFRAMA - Superintendência da Zona Franca de Manaus. .
TARGETTI, F. Nicholas Kaldor. The economics and politics of capitalism as a dynamic system. **claredon press Oxford**, 1992.

THIRLWALL, A. Rowthorn's interpretation of Verdoorn's law. **The Economic Journal**, 1980.

THIRLWALL, A. P. A plain man's guide to Kaldor's growth laws. , 1983.
VACIAGO, G. Increasing returns and growth in advanced economies: a re-evaluation. **Oxford Economic Papers**, v. 27, n. 2, p. 232–239, 1975.

VALLE, M. DE M.; LIMA, J. Espaços da globalização: Manaus e as fábricas na Amazônia. **Revista Semestral do Departamento e do Programa de Pós-Graduação em Sociologia da UFSCar**, v. 3, n. 1, p. 73, 2013.

VERDOORN, P. J. Fattori che regolano lo sviluppo della produttività del lavoro. **Ed. L'industria**, 1949.

VERDOORN, P. J. **Fattori che regolano lo sviluppo della produttività del lavoro**. Ed. L'industria, 1949.

WELLS, H.; THIRLWALL, A. Testing Kaldor's growth laws across the countries of Africa. **African Development Review**, 2003.

YOUNG, A. Increasing returns and economic progress. **The Economic Journal**, v. 38, n. 152, p. 527–542, 1928.