



# **Análise do desempenho econômico do Pólo Industrial de Manaus (AM) usando modelagem vetorial autoregressiva (VAR)**

**Waldemar Antonio da Rocha de Souza<sup>1</sup>**  
**Rafaela Cristina Fernandes Pinheiro<sup>2</sup>**  
**Redvânia Pinto Vieira<sup>3</sup>**  
**Mariomar de Sales Lima<sup>4</sup>**  
**João Gomes Martines-Filho<sup>5</sup>**

## **Resumo**

O objetivo desta pesquisa foi examinar os determinantes do desempenho econômico do Pólo Industrial de Manaus (PIM) usando modelagem vetorial autoregressiva (VAR). Especificamente, identificaram-se as principais variáveis econômicas explicativas do desempenho do PIM, formulando um modelo vetorial autoregressivo (VAR), com base em Johansen e Juselius (1990), explicativo do desempenho econômico do PIM e investigando as diversas relações econômicas existentes entre as variáveis identificadas, através de funções impulso-resposta. Concluiu-se que o faturamento do Pólo foi positivamente afetado pela renda e preços dos bens externos

---

*Recebimento: 30/4/2012 • Aceite: 9/10/2012*

<sup>1</sup> Doutor em Ciências (Economia Aplicada) pela Universidade de São Paulo, Brasil. Docente da Universidade Federal do Amazonas. Av. General Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 3000. Coroado I, Manaus, AM, Brasil. E-mail: warsouza@ufam.edu.br

<sup>2</sup> Especialista em Logística Empresarial pela UFAM e em Gestão do Varejo pelo SENAC. E-mail: rafapinheiros@gmail.com

<sup>3</sup> Mestranda em Contabilidade e Controladoria da UFAM. E-mail: red.vania.vieira@gmail.com

<sup>4</sup> Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Docente da Universidade Federal do Amazonas. E-mail: msl@ufam.edu.br

<sup>5</sup> Doutor em Agricultural Economics pela The Ohio State University. Docente da Universidade de São Paulo. E-mail: martines@usp.br

substitutos. O impacto dos preços internos e da taxa de câmbio foi negativo sobre o faturamento do PIM, resultados em linha com a teoria econômica.

**Palavras-chave:** Pólo industrial de Manaus; desempenho econômico; modelo VAR

## **Economic performance analysis of the Industrial District of Manaus (AM) using vectorial autoregressive modeling (VAR)**

### **Abstract**

The objective of this research was to examine the economic performance determinants of the Industrial District of Manaus (PIM) using vector autoregressive modeling (VAR). Specifically, we identified the main economic variables that explain the performance of PIM, formulating a model vector autoregressive (VAR), based on Johansen and Juselius (1990), explaining the PIM economic performance and investigating the various relationships between economic variables identified by impulse-response function. It was concluded that PIM sales was positively affected by income and prices of substitute foreign goods. The impact on domestic prices and the exchange rate was negative on PIM sales, results in line with economic theory.

**Keywords:** Industrial district of Manaus; Economic performance; VAR model

## Introdução

Criada em 1957 e normatizada como área de livre comércio de importação e exportação pelo Decreto-lei nº 288, de 28.02.67, a Zona Franca de Manaus baseou-se num arcabouço de incentivos fiscais objetivando criar no interior da Amazônia um centro industrial, comercial e agropecuário para alavancar a economia da região, considerando as características regionais e a grande distância dos mercados consumidores dos produtos locais (PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA; 2011).

As subseqüentes reformulações e ampliações da Zona Franca de Manaus originaram e consolidaram o Pólo Industrial de Manaus (PIM), atualmente o maior centro industrial da região Norte, concentrando aproximadamente 450 empresas industriais em operação (PESSALI; 2009).

O PIM contribui de maneira acentuada para o desempenho econômico da Amazônia, por abrigar modernos setores industriais, tais como material de transporte, mecânica, produtos eletrônicos, dentre outros. Em consequência, os níveis médios de remuneração e de escolaridade dos trabalhadores na região Norte são similares ao da região Sul, havendo, percentualmente, mais trabalhadores técnicos e científicos na primeira que na segunda (SABOYA; KUBRUSLY; 2008).

Dessa forma, a compreensão da trajetória das variáveis e relações econômicas que influenciam a evolução das atividades do PIM é estratégica para os *stakeholders* com interesses diretos e indiretos no Pólo. A questão de pesquisa abordada é examinar os determinantes do desempenho econômico do PIM usando modelagem vetorial autoregressiva (VAR). As questões de análise são: i. identificar variáveis econômicas explicativas do desempenho do PIM; ii. formular um modelo vetorial autoregressivo (VAR), explicativo do desempenho econômico do PIM; e, iii. investigar as diversas relações econômicas existentes entre as variáveis identificadas, através de funções impulso-resposta.

## Referencial teórico

Ocupando destacada posição econômica na região amazônica, o PIM, apresenta grande dinamismo de produção industrial e é considerado forte gerador de empregos e renda para a população local. O desempenho econômico do Pólo decorre da atração de investimentos industriais para a produção de bens de alto valor agregado, tais como telefones celulares, veículos de duas rodas, televisores, dentre outros.

Conforme Carleial e Cruz (2008), a recente estratégia de atração de novos investimentos industriais para o PIM caracteriza-se pela internalização e complementação na área de Manaus (AM) de indústrias complementares à automotiva de duas rodas (motos, motoneta e ciclomoto) e a eletrônica (telefone celular, televisor colorido, televisor de tela LCD, monitor de tela LCD e *compact disc*).

Em adição, Oliveira (2011) avaliou os benefícios socioeconômicos do Pólo Industrial de Manaus, em termos de retorno econômico versus renúncias fiscais em nível federal, estadual e municipal. Contrastando o custo total das renúncias fiscais com diversos indicadores sociais e econômicos para o Estado do Amazonas, concluiu que os benefícios superavam os custos incorridos com a manutenção do modelo da Zona Franca de Manaus.

Em suma, o modelo de renúncia fiscal da Zona Franca de Manaus gerou benefícios líquidos socioeconômicos para a região amazônica brasileira, em particular para o Estado do Amazonas. Entretanto, inexistem estudos específicos sobre o grau de influência das variáveis determinantes sobre o desempenho do Pólo Industrial de Manaus, o principal *driver* da Zona Franca, a qual é a contribuição diferenciada desta pesquisa.

## Modelo econômico

Adaptando os resultados de Alves e Bacchi (2004), registrou-se que os fatores determinantes para a oferta de produtos industrializados de alto valor agregado, como os produzidos no PIM, eram o preço interno e externo dos bens, a renda interna e a taxa de câmbio. Assim, um modelo útil para a análise das variáveis econômicas explicativas do faturamento do Pólo poderia ser descrito por:

$$FP_t = f(PD_t, PE_t, Y_t, TC_t) - \text{Eq. 1}$$

Onde  $FP_t$  é o faturamento total do PIM, no período  $t$ ;  $PD_t$  e  $PE_t$  são os preços domésticos e externos dos bens produzidos no Pólo, respectivamente, no período  $t$ ;  $Y_t$  é a renda interna no período  $t$ ; e  $TC_t$ , a taxa de câmbio no período  $t$ . As variáveis foram logaritimizadas, gerando as elasticidades, dadas pelos coeficientes estimados e minimizando os problemas com a variância dos erros porventura existentes (ALVES; BACCHI; 2004).

Esperou-se que o sinal do coeficiente do preço doméstico seja negativo, indicando impacto negativo sobre a demanda e faturamento do PIM. O coeficiente do preço externo era esperado ser positivo, pois

o aumento do preço de bens substitutos aumenta o faturamento do Pólo. O coeficiente da renda deveria ser positivo, pois os bens do PIM possuem elasticidade-renda elevada. O coeficiente da taxa de câmbio era esperado ser positivo, pois a desvalorização cambial torna os produtos do Pólo mais competitivos no exterior.

## Referencial metodológico e dados

Conforme Enders (2010), a modelagem vetorial autoregressiva implica inicialmente na análise da estacionariedade das séries temporais, verificando-se a ordem de integração e identificando se a série em nível possui raiz unitária ou é estacionária. Emprega-se o teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF), para avaliar a existência de raiz unitária, sinalizando a não estacionariedade da série, conforme a Equação 2:

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^n \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad - \text{Eq. 2}$$

Onde  $D$  é o operador de primeira diferença ( $DY_t = Y_t - Y_{t-1}$ );  $\alpha$ , o termo de intercepto (*drift*);  $T$ , a tendência (*trend*);  $d$  ( $=r-1$ ), o coeficiente de teste de existência da raiz unitária;  $DY_{t-1}$ , a própria variável dependente, diferenciada e defasada, objetivando-se eliminar a autocorrelação dos resíduos;  $\varepsilon_t$ , a estrutura de erros, com média zero, variância constante e não autocorrelacionados.

A partir da Equação 2, testam-se as hipóteses nula ( $H_0: d = 0$ ) e alternativa ( $H_1: d = 1$ ). Não se rejeitando a hipótese nula, a série temporal da variável  $Y_t$  será não estacionária em nível, existindo raiz unitária. O teste ADF permite identificar a ordem de integração de determinada série, i.e., o número de vezes que necessita ser diferenciada até atingir a estacionariedade. Uma série  $I(1)$  indica que a série é estacionária em primeira diferença. Utilizou-se o critério de SBC (*Schwarz Bayesian Criterion*), para definição do número de defasagens no teste ADF, objetivando minimizar a autocorrelação dos resíduos.

Na detecção da existência de um possível relacionamento de longo prazo entre as variáveis econômicas adota-se o teste de cointegração de Johansen e Juselius (1990), para identificar o comportamento de longo prazo a partir de análise multivariada. O procedimento de Johansen (1991) para teste de cointegração fundamenta-se em modelagem  $VAR(p)$ , conforme a Equação 3:

$$\Delta X_t = \Gamma_1 \Delta X_{t-1} + \dots + \Gamma_{p-1} \Delta X_{t-p+1} + \Pi_1 X_{t-1} + \xi_t \quad - \text{Eq. 3}$$

Onde  $X_t$  é um vetor ( $k \times 1$ ) de variáveis estocásticas;  $x_t$ , erros i.i.d.;  $P = ab'$ , onde  $a$  e  $b'$  são matrizes ( $k \times r$ ), sendo  $r$  o posto da matriz  $P$ , que é igual ao número de vetores linearmente independentes ou cointegrados, e  $p$ , o número de defasagens das variáveis. O posto da matriz  $P$ , dado por  $r$ , permite inferir que  $P$  tenha  $r$  autovalores (*eigenvalues*) diferentes de zero. Para testar a cointegração das séries temporais usadas no estudo foram utilizados os testes traço ( $I_{\text{traço}}$ ) e de máximo autovalor ( $I_{\text{max}}$ ), conforme Johansen e Juselius (1990). A hipótese nula dos teste de máximo autovalor é estruturada para verificação do número exato de vetores de cointegração, contra a hipótese alternativa de existência de  $r+1$  vetores:  $H_0: r_0=r$  e  $H_1: r+1$ . Os testes traço e máximo autovalor são dados por:

$$\lambda_{\text{traço}} = -T \sum_{i=r_0+1}^p \ln(1 - \lambda_i)$$

, com  $r = 0, 1, 2, \dots, p-1$ , e

$$\lambda_{\text{max}} = -T \ln(1 - \lambda_{r_0+1})$$

Onde  $T$  é o número de observações,  $l_i$ , os autovetores estimados. Nas estatísticas traço e máximo autovalor, rejeita-se  $H_0$ , ausência de cointegração, se os valores forem superiores aos indicados por Johansen e Juselius. Supondo que todas as variáveis explicativas do modelo sejam  $I(1)$  e cointegradas, estima-se a Equação 4, resolvendo o problema de perda de informações no longo prazo:

$$\widehat{LFP}_t = \hat{c} + \beta_1 LPD_t + \beta_2 LPE_t + \beta_3 LY_t + \beta_4 LTC_t + u_{t-1} \text{ - Eq. 4}$$

Onde  $LFP_t$  é o logaritmo do faturamento do PIM;  $LPD_t$ , o logaritmo do nível de preços domésticos dos bens produzidos pelo Pólo;  $LPE_t$ , o logaritmo dos preços externos dos bens substitutos aos produtos do PIM;  $LY_t$ , o logaritmo da renda nacional;  $LTC_t$ , logaritmo da taxa de câmbio; e,  $u_t$ , termo aleatório com distribuição normal, média zero, variância constante.

Segundo Enders (2010), o modelo VAR permite avaliar a resposta a diversos choques num sistema multivariado de séries temporais  $I(1)$ . Usando a decomposição de Choleski, pela diagonalização da matriz de variância-covariância dos resíduos, isolam-se os efeitos contemporâneos entre as diversas variáveis, possibilitando analisar o efeito individual de choques das variáveis exógenas sobre a explicada, através das funções de impulso-resposta. Adotou-se a decomposição de Cholesky, com a ordenação: LY, LPD, LPE, LTC e LFP.

## Dados

A fonte de dados do faturamento do PIM foi SUFRAMA (2011). Usou-se o Índice de Preços ao Consumidor-Amplio (IPCA) – Duráveis, fonte BACEN (2011), como *proxy* para os preços internos dos produtos do Pólo. O Índice de Preços ao Consumidor – Japão, fonte BACEN (2011), foi a *proxy* dos preços externos dos produtos substitutos do PIM. A renda nacional foi tomada como PIB mensal, em reais correntes, fonte BACEN (2011), indexado ao IGP-DI. Usou-se a taxa de câmbio de venda PTAX-800, obtida no BACEN (2011). Os valores nominais em reais de faturamento e renda foram indexados pelo IGP-DI, base de janeiro de 2000, fonte BACEN (2011). O período analisado abrangeu de janeiro de 2000 a maio de 2011, totalizando 136 observações, incluindo diferentes sub-períodos de política econômica, expectativas e regimes de preços e câmbio.

## Resultados e discussão

A partir das variáveis descritas pela Equação 1, identificando o modelo econômico para explicar o faturamento do PIM, indicam-se na Tabela 1 os resultados dos testes ADF, para detecção de raiz unitária e averiguação da ordem de integração das séries temporais usadas. Conclui-se que todas as séries são integradas de primeira ordem,  $I(1)$ , existindo uma relação de longo prazo entre elas:

**Tabela 1:** Teste de raiz unitária Dickey-Fuller Aumentado para os logaritmos: faturamento do PIM (LFP), renda (LRE), preços domésticos (LPD) e externos (LPJP) dos produtos do PIM e taxa de câmbio (LDL). Elaborada pelos autores, com dados da pesquisa

| Série | Equação do Teste             | Número de Defasagens (p-1) | Estatística de Teste | Valor Crítico |       |
|-------|------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------|-------|
|       |                              |                            |                      | 5%            | 1%    |
| LFP   | Com constante, sem tendência | 12                         | $t_m$ -1,27          | -2,89         | -3,48 |
| DLFP  | Sem constante e tendência    | 11                         | $t$ -4,76            | -1,94         | -2,59 |
| LRE   | Com constante e tendência    | 12                         | $t_t$ -2,07          | -3,46         | -4,05 |
| DLRE  | Sem constante e tendência    | 11                         | $t$ -2,77            | -1,94         | -2,59 |
| LPJP  | Com constante e tendência    | 0                          | $t_t$ -2,55          | -3,46         | -4,05 |
| DLPJP | Sem constante e tendência    | 0                          | $t$ -10,33           | -1,94         | -2,59 |
| LPD   | Com constante e tendência    | 1                          | $t_t$ -0,77          | -3,46         | -4,05 |
| DLPD  | Com constante e tendência    | 0                          | $t_t$ -5,78          | -3,46         | -4,05 |
| LDL   | Com constante e tendência    | 2                          | $t_t$ -2,74          | -3,46         | -4,05 |
| DLDL  | Sem constante e tendência    | 1                          | $t$ -6,17            | -1,94         | -2,59 |

Na Tabela 2 indica-se o número de defasagens do modelo VAR, adotando o critério de Schwarz, com uma defasagem:

**Tabela 2:** Definição do número de defasagens do modelo VAR, pelo critério Schwarz. Elaborada pelos autores com dados da pesquisa.

| Defasagem | Akaike | Schwarz | Hannan-Quin |
|-----------|--------|---------|-------------|
| 0         | -13.22 | -13.11  | -13.17      |
| 1         | -25.78 | -25.11* | -25.51      |
| 2         | -26.21 | -24.98  | -25.71      |

Na Tabela 3 explicitam-se o teste do traço e do máximo autovalor para cointegração, usando-se o modelo com constante e sem



tendência, pois a tendência não é estatisticamente diferente de zero e o termo constante significativo:

**Tabela 3:** Teste do traço e do máximo autovalor para cointegração entre as variáveis LFP, LPD, LPE, LRE e LDL. Elaborada pelos autores, com dados da pesquisa.

| Número de VC | Estatística Do Traço | Valor crítico 5% | Estatística Autovalor max | Valor crítico 5% |
|--------------|----------------------|------------------|---------------------------|------------------|
| Nenhum*      | 118.61               | 69.82            | 77.31                     | 33.88            |
| No máximo 1  | 41.31                | 47.86            | 17.77                     | 27.58            |
| No máximo 2  | 23.53                | 29.80            | 11.87                     | 21.13            |

Obs.: Ambas as estatísticas do traço e autovalor máximo indicam a existência de um vetor de cointegração entre as séries temporais, ao nível de 5% de confiança; (\*) indica a rejeição da hipótese em 5%.

Indica-se o vetor de cointegração normalizado pelo método de Johansen, entre janeiro de 2000 a maio de 2011, na Tabela 4:

**Tabela 4:** Vetor de cointegração normalizado pelo método de Johansen. Elaborada pelos autores, com dados da pesquisa. (\*) estatisticamente significativos a 5%, com estatística “t” entre parênteses.

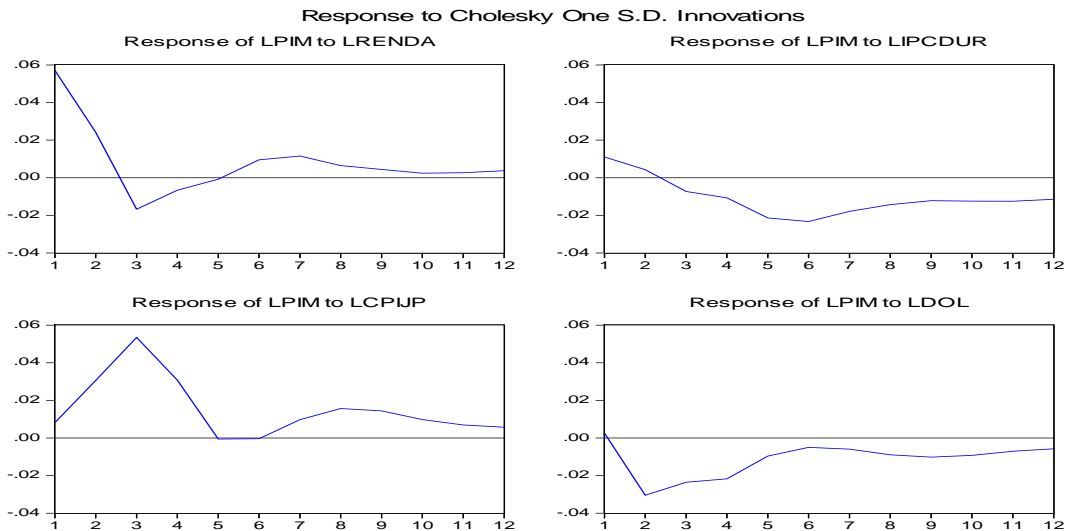
| LFP  | Constante | LPD     | LPE    | LY     | LTC    |
|------|-----------|---------|--------|--------|--------|
| 1,00 | -77,4     | -1,49*  | 10,77* | 1,13*  | 0,78*  |
|      |           | (-7,73) | (4,70) | (5,13) | (6,65) |

Dessa forma, a relação de equilíbrio no longo prazo, equivalente à função de faturamento do PIM estimada, é dada por:

$$\hat{LFP}_t = -77,4 - 1,49 LPD_t + 10,77 LPE_t + 1,13 LY_t + 0,78 TC_t \quad - \text{Eq. 2}$$

Observou-se na Equação 2 que os sinais das variáveis estavam em linha com as expectativas, ressaltando o elevado valor do coeficiente dos preços dos bens substitutos,  $LPE_t$ . Também, o coeficiente da taxa de câmbio,  $TC_t$ , foi baixo. Explicitaram-se os efeitos de choques nas variáveis exógenas sobre  $LPD_t$  no Gráfico1, pelas funções impulso-resposta:

**Gráfico 1:** Funções impulso-resposta. Variáveis logaritmizadas: LPIM=faturamento do PIM; LIPCDUR = índice de preços dos produtos do PIM; LCPIJP = índice de preços dos bens substitutos do PIM; e, LDOL= taxa cambial. Período de análise: 12 meses a partir do choque.



Observou-se, no Gráfico 1, o forte impacto inicial de choques na renda sobre o faturamento do PIM, ocorrendo convergência para valores baixos, posteriormente. O efeito negativo do índice de preços internos é duradouro, enquanto o impacto dos preços externos é volátil e positivo. O efeito da taxa de câmbio é inverso ao esperado, talvez devido ao baixo valor do coeficiente e impacto sobre os custos de produção.

Assim, os resultados alinham-se com a teoria econômica e as expectativas em relação ao modelo empírico examinado. Os produtos do PIM caracterizam-se por elevadas elasticidades-renda e de preços, competindo fortemente com produtos eletroeletrônicos oriundos da Ásia.

## Resumo e conclusões

A pesquisa avaliou o comportamento das variáveis econômicas determinantes do desempenho do PIM, com modelagem vetorial autoregressiva (VAR). Identificou-se modelo explicativo do faturamento do PIM a partir dos preços internos e externos, renda e

taxa de câmbio, em período representativo de políticas econômicas diferenciadas.

Nesse sentido, usou-se o faturamento do Pólo Industrial de Manaus como variável dependente e os preços domésticos e externos dos bens produzidos no Pólo, a renda interna e a taxa de câmbio como variáveis explicativas, em linha com análises econômicas similares (ALVES; BACCHI; 2004).

Pode-se concluir que o faturamento do Pólo foi positivamente afetado pela renda e preços dos bens externos substitutos. Os impactos dos preços internos e da taxa de câmbio foram negativos sobre o faturamento do PIM, ambos os resultados em linha com a teoria econômica.

Em resumo, o diferencial deste trabalho foi o uso inédito de modelagem vetorial autoregressiva (VAR) para avaliar o desempenho econômico do PIM. A identificação da função estrutural empírica, bem como as funções impulso-resposta podem ser aplicadas para o dimensionamento de políticas públicas, para a calibragem do modelo da Zona Franca de Manaus, para acompanhamento sistemático das variáveis determinantes, bem como para decisões alocativas, de investimento e tecnologia das empresas atuantes no Pólo.

Assim, sugerem-se futuras pesquisas adicionais individualizadas por segmento econômico do PIM, bem como análise de previsões de desempenho com modelagem de séries temporais.

## Referências

ALVES, L. R. A.; BACCHI, M. R. P. Oferta de exportação de açúcar do Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 42, n. 1, jan-mar/2004.

BANCO CENTRAL DO BRASIL - BACEN. *Sistema Gerenciador de Séries Temporais - SGS*. Disponível em : <https://www3.bcb.gov.br/sgspub>. Acesso em 20 ago. 2011.

CARLEIAL, L.; CRUZ, B. Estratégia de desenvolvimento regional, política pública negociada e novas institucionalidades. *IPEA - Boletim Urbano, Regional e Ambiental*, n. 3, p. 15-22, dez/2009.

ENDERS, W. *Applied Econometric Time Series*. John Wiley & Sons, Inc. 3ª Edição, 2010.

JOHANSEN, S. Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in Gaussian vector autoregressive models. *Econometrica*, v. 59, p. 1551-1580, 1991.

JOHANSEN, S.; JUSELIUS, K. Maximum likelihood estimation and inference on cointegration – with application to the demand for money. *Oxford Bulletin on Economics and Statistics*, v. 52, n. 1, p. 169-210, 1990.

OLIVEIRA, J. L. C. Zona Franca de Manaus: um estudo sobre a renúncia tributária dos entes federativos e os benefícios socioeconômicos gerados pelo modelo. Dissertação de Mestrado em Economia. Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 146 p. 2011.

PESSALI, H.. Política industrial e desenvolvimento regional: em busca da interseção entre a política de desenvolvimento produtivo e o Pólo Industrial de Manaus. *IPEA - Boletim Urbano, Regional e Ambiental*, n. 3, p. 39-46, dez/2009.

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA. *Decreto-lei nº 288, de 28.02.67*. Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/Del0288.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del0288.htm). Acesso em: 19 ago. 2011.

SABOIA, J.; KUBRUSLY, L. . Diferenças regionais e setoriais na indústria brasileira. *Economia Aplicada*, v. 12, n.1, Ribeirão Preto, janeiro/2008.

SUPERINTENDÊNCIA DA ZONA FRANCA DE MANAUS – SUFRAMA. *Indicadores de Desempenho do Pólo Industrial de Manaus*. Disponível em: <http://www.suframa.gov.br/>. Acesso em: 20 ago. 2011.