

O PARADOXO DA PRODUTIVIDADE NO SETOR INDUSTRIAL DA CIDADE DE TAUBATÉ

FABIO FRANÇA SANTOS (fabioufc@gmail.com , fabio@dir.inpe.br)
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE

Resumo:

A busca pelos benefícios da Tecnologia da Informação (TI), como por exemplo, ganhos em produtividade, leva os empresários a investirem cada vez mais em TI. Contudo, quando o retorno deste investimento não aparece, temos o chamado paradoxo da produtividade. Deste modo, esta pesquisa analisa o impacto do investimento em TI na produtividade do setor industrial da cidade de Taubaté em um período de 10 anos por meio de dados do IBGE. As conclusões indicaram que os investimentos em TI não contribuíram, significativamente, para a produtividade, no entanto os investimentos em trabalho não-TI mostraram-se críticos para a produtividade do setor.

Palavras-chave: Retorno do Investimento, Paradoxo da Produtividade, Tecnologia da Informação, Setor Industrial, Taubaté.

1 Introdução

Na década de 1980 o mundo começava a usar com mais intensidade a Tecnologia da Informação (TI) com o intuito de aproveitar todos os seus benefícios, entre eles a promessa do aumento da produtividade.

Embora a produtividade não seja o único fator com que uma empresa ou uma economia deva se preocupar, em longo prazo, ela abrange quase tudo, representando uma das estatísticas econômicas mais importantes. Neste contexto, há um debate interminável sobre se a TI contribuiu ou não para a produtividade.

No ano de 1987 o economista norte-americano e ganhador do Prêmio Nobel de Economia, Robert M. Solow, publicou um pequeno texto, na realidade a resenha de um livro no jornal *New York Times*, no qual aparece uma frase que até hoje incomoda aqueles que acreditam no sucesso da TI: “nós vemos computadores por toda parte, exceto nas estatísticas de produtividade” (SOLOW, 1987: 36). Esta frase questiona as altas quantias que são gastas em TI, mas que não se refletem em aumento de produtividade. Esta observação de Solow iniciou uma ampla discussão, que segue, sem conclusão, até os dias de hoje, sobre a verdadeira relação entre investimentos em TI e produtividade.

Assim, quando se investe em TI e o resultado obtido não é positivo, temos uma aparente contradição. A essa contradição, o economista norte-americano Stephen S. Roach deu o nome de paradoxo da produtividade (ROACH, 1988).

Diante deste cenário, alguns estudos econômicos nos anos 1980 e início da década de 1990 falharam em apontar os benefícios dos altos investimentos em TI para a produtividade, configurando-se assim o paradoxo da produtividade.

Com o passar do tempo, com ênfase na segunda metade da década de 1990, os estudos

começaram a mostrar resultados positivos do investimento em TI. Não obstante, apesar de existirem alguns indícios que TI aumenta a produtividade, se discute muito ainda qual a exata magnitude desta contribuição.

No início do século 21 alguns autores observaram que as empresas estavam subestimando os investimentos em TI, gerando um novo paradoxo da produtividade. (ANDERSON, BANKER e RAVINDRAN, 2003)

Com o avanço das pesquisas, explicações aparecem para justificar o motivo pelo qual a TI não traz benefícios para a produtividade. Erik Brynjolfsson está entre os pesquisadores que mais contribuem. Em um artigo clássico, o autor aponta quatro explicações possíveis para a existência do paradoxo: erros de medida de *input* e *output*, defasagem entre custos e benefícios, redistribuição e dissipação de lucros e falhas no gerenciamento da TI (BRYNJOLFSSON, 1993). Apesar destas quatro explicações serem bastante respeitadas, não são as únicas que tentam explicar o paradoxo da produtividade.

Com relação aos erros de medida de *input* e *output* existem pesquisas que dividem os investimentos em TI em 4 categorias para tentar evitar erros de medidas. São elas: Capital TI, Capital não-TI, Trabalho TI e Trabalho não-TI. Esta divisão permite observar com mais precisão os impactos dos investimentos.

Este debate interminável sobre o real impacto da TI para a produtividade também é discutido no âmbito de países (DEWAN e KRAEMER, 2000), de setores da economia (MENDONÇA, FREITAS, e SOUZA, 2008; SANTOS, 2008) e de empresas (BRYNJOLFSSON e HITT, 2003). Neste contexto, a presente pesquisa analisa o investimento em TI no setor industrial da cidade de Taubaté, interior do Estado de São Paulo, Brasil. Os dados de investimento são dos anos de 1996 a 2005 e foram fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

A seguir apresentar-se-á na seção 2 uma breve revisão da literatura sobre o setor industrial da cidade de Taubaté. Em seguida, apresentar-se-á detalhadamente na seção 3 a metodologia desta pesquisa. Na seção 4 apresentar-se-ão os resultados por meio de gráficos e a análise de regressão. Por fim, na seção 5, apresentar-se-á a conclusão da presente pesquisa.

2 Revisão de Literatura

2.1 O Setor Industrial da cidade de Taubaté

Segundo Mendonça, Freitas e Souza (2008) é razoável afirmar que a TI é mais adotada nas regiões mais desenvolvidas onde as maiores empresas estão instaladas, de maneira que esta foi uma das razões para a escolha de Taubaté como sendo o local para realizar a pesquisa. Taubaté é a segunda cidade com maior PIB da região do Vale do Paraíba Paulista, Estado de São Paulo (SANTOS, 2008).

De acordo com Andrade e Abreu (1996) os primeiros estabelecimentos industriais em Taubaté foram a Companhia de Gás e Óleos Minerais de Taubaté, inaugurada em 1833 e a Companhia Taubaté Industrial – CTI, inaugurada em 1891. Contudo, até as primeiras décadas de 1900 a cidade de Taubaté tinha como atividade econômica predominante a produção do café.

Foi com a construção da Rodovia Presidente Dutra (BR 116), em 1950 que houve um acentuado desenvolvimento do setor industrial da cidade. Unidades de produção de pequeno, médio e grande porte se instalaram na cidade aproveitando, entre outros fatores, a localização privilegiada. Entre as indústrias que se instalaram estão: a Mecânica Pesada, em 1956, atualmente Alston (motores e turbinas); a Ford (motores), em 1967; a Daruma (informática e

telecomunicações), em 1971; a Volkswagen (montadora de automóveis), em 1973 (ANDRADE e ABREU, 1996).

Na década de 1970 houve uma descentralização da região metropolitana do Estado de São Paulo em direção a região do Vale do Paraíba Paulista, sendo que nesta mesma década foi criado pela prefeitura da cidade de Taubaté o Grupo de Expansão Industrial – GEIN que contribuiu para o desenvolvimento do setor industrial da cidade naquela época e atua até os dias de hoje. Entre os objetivos do GEIN está a promoção de ações para estimular a instalação de novas indústrias por meio de um programa de benefícios e incentivos, bem como propiciar apoio às indústrias já existentes no município (CAMPOS e KROM, 2006).

Nos últimos 15 anos, outras empresas se instalaram em Taubaté, como a Pelzer System (injeção de plásticos), em 1995; a LG Eletrônicos (produtos eletrônicos), em 1996 e a Usiminas (centro de processamento de aço), em 2001, sendo que grande parte das indústrias de Taubaté fica localizada dentro de um dos 6 distritos industriais da cidade. São eles: Piracangaguá I, Piracangaguá II, São Gonçalo, Parque Aeroporto, Una I e Una II. De acordo com a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados – SEADE, no ano de 2007 a cidade já contava com 394 indústrias.

A localização estratégica da cidade de Taubaté não se limita a Rodovia Presidente Dutra. A cidade também tem acesso direto à Rodovia Carvalho Pinto e fácil acesso à Rodovia Fernão Dias estando próxima aos grandes centros urbanos como São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Com relação às demais modalidades de transporte, Taubaté tem acesso fácil aos portos de São Sebastião e Santos, e ainda, aos principais aeroportos de São Paulo (PRADO, 2005).

3 Metodologia

Consoante Martins e Laugeni (2005), no Brasil, a medida da produtividade é responsabilidade do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, que disponibiliza indicadores nacionais e regionais. Isto justifica a busca dos dados para esta pesquisa junto ao IBGE.

Dentre as várias pesquisas permanentes que o IBGE desenvolve está a PIA-Empresa. Segundo IBGE (2007), a PIA-Empresa constitui a mais completa fonte de informações estatísticas sobre o setor industrial brasileiro. Um dos objetivos da PIA-Empresa é possibilitar análises de medições de níveis de produtividade do trabalho, de intensidade de capital e dos níveis de concentração nas várias atividades industriais.

Para coleta de dados a PIA-Empresa conta com alguns instrumentos, sendo o questionário completo um dos mais importantes. O questionário completo destina-se às empresas que possuem mais de 30 funcionários.

No que diz respeito à extensão da PIA-Empresa, a mesma é uma pesquisa de âmbito nacional, sendo que os dados são publicados no site do IBGE, mas de forma agregada. Para obter os dados desagregados da cidade de Taubaté foram realizados contatos com a Coordenação de Indústria, vinculada à Diretoria de Pesquisas do IBGE que é responsável pela PIA-Empresa, de modo que os dados desagregados puderam ser disponibilizados por *e-mail*.

Contudo, algumas limitações dos dados desagregados devem ser consideradas. Em primeiro para a cidade de Taubaté entrar na amostra final do presente estudo foi necessário que no mínimo três empresas da cidade respondessem a PIA-Empresa, ou seja, se em um determinado ano apenas duas empresas respondessem ao questionário, então essas duas empresas não apareceriam na amostra final, e este ano não seria computado. No entanto, a cidade de Taubaté apresentou mais de duas empresas em todos os anos da pesquisa.

Outra limitação se deu por conta da quantidade de funcionários por empresa e também pela região do território nacional em que a empresa estava instalada. Somente empresas industriais com mais de 30 funcionários e que possuíam apenas uma unidade de produção na cidade de Taubaté foram consideradas neste estudo. Isto significa que uma mesma empresa que tinha uma unidade de produção em Taubaté - SP, São Bernardo do Campo - SP, Manaus - AM, Curitiba - PR etc., não participou da amostra final deste estudo.

Estas limitações foram por conta do sigilo estatístico do IBGE, e assim, podem subestimar a contribuição das empresas para o setor industrial da cidade de Taubaté, mas tornaram disponíveis os insumos necessários para o desenvolvimento deste estudo.

Assim, o presente estudo tem como base os dados do setor industrial da cidade de Taubaté desagregados do questionário completo da PIA-Empresa, do período de 10 anos, ou seja, de 1996 a 2005.

3.1 Determinação dos Insumos Capital e Trabalho da PIA-Empresa

A PIA-Empresa foi a fonte de dados utilizada neste estudo para observar os investimentos realizados em TI e investimentos realizados em não-TI. Para tanto foram selecionados alguns insumos do questionário completo da PIA-Empresa. O referido questionário completo, versão 2005, está disponível no site do IBGE, endereço eletrônico, www.ibge.gov.br, na seção Economia, subseção Indústria, item PIA-Empresa.

Os dados selecionados do questionário completo da PIA-Empresa foram divididos em insumos e produto, sendo duas categorias de insumos: o capital e o trabalho. Considerando a característica dos estudos sobre retorno do investimento em TI, os insumos capital e trabalho foram subdivididos em capital TI, capital não-TI, trabalho TI e trabalho não-TI. A literatura aponta para uma dificuldade em dividir os insumos TI dos insumos não-TI. Esta dificuldade foi observada no estudo de Prasad e Harker (1997) de modo que o estudo dos autores não é claro quanto à composição das variáveis de insumo.

Diante desta dificuldade, para definição das variáveis de insumo do presente estudo, adotou-se as considerações descritas a seguir.

O insumo capital pode ser visto como aquele que abrange instalações, máquinas e equipamentos que auxiliam na produção. Já o insumo trabalho pode abranger os métodos de trabalho, os salários e benefícios, os empregados além das horas de trabalho (CONTADOR, 1998).

Para dar sentido aos dados extraídos do questionário da PIA-Empresa, foi tomada emprestada da Teoria da Produção a função de produção *Cobb-Douglas* que utilizou para análise os insumos capital e trabalho disponíveis nas categorias TI e não-TI da PIA-Empresa. Segundo Moreira (1994), a função de produção *Cobb-Douglas* é simples e de fácil manipulação matemática, sendo amplamente usada na literatura para estudos sobre produtividade baseada em TI.

Assim, devido aos ajustes orientados por pesquisas anteriores, a função de produção *Cobb-Douglas* utilizada nesta pesquisa tomou a seguinte forma: $Q = e^{\beta_0} C^{\beta_1} K^{\beta_2} S^{\beta_3} L^{\beta_4}$, onde:

Q = produto da empresa

C = Capital TI

K = Capital não-TI

S = Investimento em Trabalho TI

L = Investimento em Trabalho não-TI

Percebe-se que de um lado a função de produção *Cobb-Douglas* traz o *output* (saída) e do outro traz o *input* (saída), neste caso, com o *input* expandido representado por quatro variáveis.

Deste modo, são apresentados a seguir os campos do questionário completo da PIA-Empresa que representam as cinco variáveis da função de produção *Cobb-Douglas*.

Para representar a variável Produto (Q) da função de produção *Cobb-Douglas* foi considerado o campo 20. Esse campo é intitulado “Total de Receita Líquida de Vendas” e representa o valor apurado na Demonstração de Resultados da Empresa, obtido da operação: receita bruta menos deduções.

Com relação ao Capital TI (C), foram considerados 3 campos. Os de número 79, 84 e 89. Os campos referem-se a móveis, microcomputadores e semelhantes adquiridos de terceiros, produzidos pela própria empresa e as melhorias.

Para Capital não-TI (K) foram selecionados 9 campos. Os campos são os de número 76, 77, 78, 81, 82, 83, 86, 87 e 88. Esses campos representam os terrenos e edificações, máquinas e equipamentos industriais e meios de transporte, sendo que foram consideradas para essas variáveis os investimentos em aquisições de terceiros, em produção própria e em melhorias.

A grande quantidade de campos selecionados para Capital TI e, principalmente, Capital não-TI justifica-se pelo fato de o setor industrial usar o fator capital de maneira intensiva para a manutenção e desenvolvimento de suas atividades (MENDES, 2005).

A variável Trabalho TI (S) foi extraída do questionário completo por meio do campo 10, intitulado “Salários, retiradas e outras remunerações relativas ao ano do pessoal assalariado não ligado à produção industrial”. Segundo IBGE (2005), o campo 10 refere-se às pessoas remuneradas diretamente pela empresa, ocupadas nas atividades de apoio indireto à produção industrial, ou seja, nas atividades administrativas, contábeis, de controle gerencial, comerciais, entre outras, isto é, os chamados trabalhadores *white-collar* (ROACH, 1991).

Por fim, para a variável Trabalho não-TI (L) foi considerado o campo 9. O referido campo intitula-se “Salários, retiradas e outras remunerações relativas ao ano do pessoal assalariado ligado à produção industrial”. O campo 9 representa as pessoas remuneradas diretamente pela empresa, efetivamente ocupadas nas atividades de produção de bens e serviços industriais, de manutenção e reparação de equipamentos industriais; de utilidades e de apoio direto à produção industrial, os chamados trabalhadores *blue-collar* (ROACH, 1991).

De forma mais detalhada, o Quadro 1 mostra a relação das variáveis da presente pesquisa com a função de produção *Cobb-Douglas*:

Função de Produção: $Q = e^{\beta_0} C^{\beta_1} K^{\beta_2} S^{\beta_3} L^{\beta_4}$	Campos do Questionário Completo
Q = produto da empresa	Total da Receita Líquida de Vendas (Campo 20)
C = capital TI	Móveis, microcomputadores etc (Campos 79, 84 e 89)
K = capital não TI	Terrenos e edificações, Máquinas e equipamentos industriais e meios de transporte (Campos 76, 77, 78, 81, 82, 83, 86, 87 e 88)
S = trabalho TI	Salários, retiradas e outras remunerações relativas ao ano do pessoal assalariado não ligado à produção industrial (Campo 10)
L = trabalho não TI	Salários, retiradas e outras remunerações relativas ao ano do pessoal assalariado ligado à produção industrial (Campo 9)

Quadro 1 - Relação das variáveis da Função de Produção *Cobb-Douglas* com o Questionário Completo

3.2 Estimação Econométrica e Formulação das Hipóteses

Nesta seção são descritos os procedimentos tomados para realizar a análise estatística de dados secundários provenientes da PIA-Empresa.

A estimação é um processo de indução, na qual usamos dados extraídos de uma

amostra para produzir inferência sobre a população. Esta inferência só será válida se a amostra for significativa (SILVA *et al.*, 1997). A estimação feita nessa pesquisa se baseia nos dados do setor industrial da cidade de Taubaté.

A exemplo de vários estudos do paradoxo da produtividade, foi utilizada nesta pesquisa a função de produção *Cobb-Douglas*, separando-se os componentes de capital de TI e trabalho de TI dos componentes de capital não-TI e trabalho não-TI, ou seja:

$$Q = e^{\beta_0} C^{\beta_1} K^{\beta_2} S^{\beta_3} L^{\beta_4} \quad (1)$$

Onde:

Q = produto das empresas

C = Capital TI

K = Capital não TI

S = Trabalho TI

L = Trabalho não TI

e β_1 , β_2 , β_3 e β_4 são as elasticidades dos produtos associados

Seguindo a orientação de Moreira (1991), que alerta para a necessidade de padronizar valores monetários, foi utilizado como referencial para conversão dos valores o Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna (IGP-DI). Para tanto, foram adotados os seguintes passos:

- divisão do número-índice do IGP-DI de dezembro de 2005 (330.835) pelo do IGP-DI de dezembro de um dado ano (por exemplo, 176.647, de dezembro de 1999), encontrando-se, assim, o índice inflacionário correspondente ao período desejado (1,8729 - número-índice arredondado); e

- multiplicação do índice inflacionário (por exemplo, 1,8729) por uma determinada média corrente (por exemplo, a média do Trabalho TI no ano de 1999), para convertê-lo em valor constante de dezembro de 2005 (média mais recente).

Em seguida, consoante as pesquisas de Brynjolfsson e Hitt (1996) e Prasad e Harker (1997), a equação 1 foi linearizada, resultando em 10 equações, uma para cada ano:

$$\ln(Q_{1996}) = \beta_{1996} + \beta_1 \ln(C_{1996}) + \beta_2 \ln(K_{1996}) + \beta_3 \ln(S_{1996}) + \beta_4 \ln(L_{1996}) + \epsilon_{1996}$$

$$\ln(Q_{1997}) = \beta_{1997} + \beta_1 \ln(C_{1997}) + \beta_2 \ln(K_{1997}) + \beta_3 \ln(S_{1997}) + \beta_4 \ln(L_{1997}) + \epsilon_{1997}$$

$$\ln(Q_{1998}) = \beta_{1998} + \beta_1 \ln(C_{1998}) + \beta_2 \ln(K_{1998}) + \beta_3 \ln(S_{1998}) + \beta_4 \ln(L_{1998}) + \epsilon_{1998}$$

$$\ln(Q_{1999}) = \beta_{1999} + \beta_1 \ln(C_{1999}) + \beta_2 \ln(K_{1999}) + \beta_3 \ln(S_{1999}) + \beta_4 \ln(L_{1999}) + \epsilon_{1999}$$

$$\ln(Q_{2000}) = \beta_{2000} + \beta_1 \ln(C_{2000}) + \beta_2 \ln(K_{2000}) + \beta_3 \ln(S_{2000}) + \beta_4 \ln(L_{2000}) + \epsilon_{2000}$$

$$\ln(Q_{2001}) = \beta_{2001} + \beta_1 \ln(C_{2001}) + \beta_2 \ln(K_{2001}) + \beta_3 \ln(S_{2001}) + \beta_4 \ln(L_{2001}) + \epsilon_{2001}$$

$$\ln(Q_{2002}) = \beta_{2002} + \beta_1 \ln(C_{2002}) + \beta_2 \ln(K_{2002}) + \beta_3 \ln(S_{2002}) + \beta_4 \ln(L_{2002}) + \epsilon_{2002}$$

$$\ln(Q_{2003}) = \beta_{2003} + \beta_1 \ln(C_{2003}) + \beta_2 \ln(K_{2003}) + \beta_3 \ln(S_{2003}) + \beta_4 \ln(L_{2003}) + \epsilon_{2003}$$

$$\ln(Q_{2004}) = \beta_{2004} + \beta_1 \ln(C_{2004}) + \beta_2 \ln(K_{2004}) + \beta_3 \ln(S_{2004}) + \beta_4 \ln(L_{2004}) + \epsilon_{2004}$$

$$\ln(Q_{2005}) = \beta_{2005} + \beta_1 \ln(C_{2005}) + \beta_2 \ln(K_{2005}) + \beta_3 \ln(S_{2005}) + \beta_4 \ln(L_{2005}) + \epsilon_{2005}$$

O paradoxo da produtividade nasceu justamente da afirmação de alguns pesquisadores de que investimentos em TI não impactam positivamente na produtividade. Assim, observando a equação (1), alguns estudos concluem que os coeficientes β_1 e β_3 são equivalentes a zero, isto é, investir em Capital TI e Trabalho TI não impacta positivamente na produtividade, implicando que investimentos em TI não aumentam a produtividade.

Contudo, alguns estudos mostram o contrário, apontando para benefícios ao investir em TI. Neste contexto, segundo Silva *et al.* (1997), se tivermos alguma informação com respeito ao valor do parâmetro que desejamos avaliar, podemos testar esta informação no sentido de aceitá-la como verdadeira ou rejeitá-la. A teoria classifica esta situação como teste de hipóteses ou teste de significância. Para tanto existe a hipótese nula identificada por " H_0 " e a hipótese alternativa, também conhecida como hipótese da pesquisa, identificada por " H_1 ".

Neste sentido, o teste de hipóteses é uma regra de decisão que permite aceitar ou

rejeitar como verdadeira uma hipótese nula " H_0 " com base na evidência amostral (SILVA *et al.*, 1997). Para a realização do teste de hipóteses é necessária uma amostra da população para verificar se a amostra confirma ou não o valor do parâmetro informado pela hipótese nula. Para tanto, os dados da PIA-Empresa representam a amostra da população desta pesquisa.

No teste de hipóteses, a hipótese nula " H_0 " é expressa sempre por uma igualdade do tipo: H_0 : parâmetro = r, onde "r" é um número real. Já a hipótese alternativa é que diferencia os vários tipos de teste de hipóteses, ou seja, a hipótese alternativa é dada por uma desigualdade: ">", "<" ou "#", sendo que a escolha dos sinais depende da quantidade de informações que se têm sobre o assunto.

Em linhas gerais, espera-se que a conclusão seja pela rejeição da hipótese nula, de forma a apoiar a hipótese da pesquisa.

Neste contexto, as hipóteses da presente pesquisa vêm a ser:

- H_0 : $\beta_1 = \beta_3 = 0$
- H_1 : Existe pelo menos um β_j ($j = 1, 3$) $\neq 0$

Na hipótese H_0 , se β_1 e β_3 forem iguais a 0, significa que investimento em TI não melhora a produtividade. A hipótese H_1 implica que, se pelo menos uma variável TI for diferente de 0, os investimentos em TI impactam positivamente na produtividade. Os resultados são apresentados na próxima seção.

4 Resultados

4.1 Caracterização dos Dados Coletados da PIA-Empresa

Esta seção traz o estudo dos dados desagregados da PIA-Empresa referentes ao setor industrial da cidade de Taubaté. Faz parte da caracterização dos dados um estudo sobre a quantidade de empresas de Taubaté que responderam a PIA-Empresa e sobre a quantidade de investimentos em Capital TI, Capital não-TI, Trabalho TI e Trabalho não-TI.

Com relação ao número de empresas de Taubaté que participaram da PIA-Empresa, houve um crescimento praticamente contínuo durante os anos conforme o Gráfico 1.

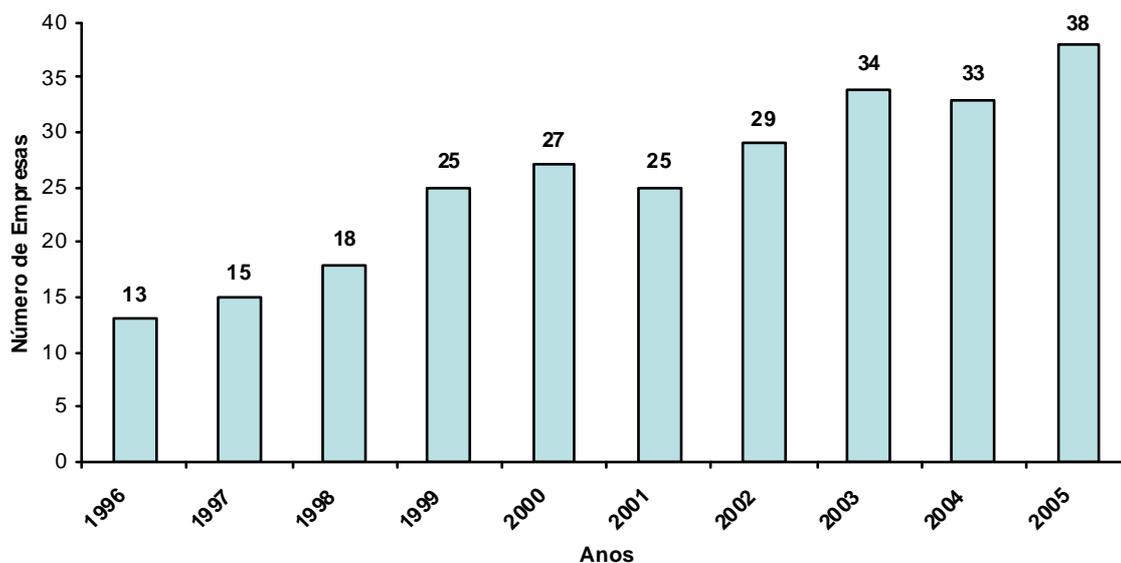


Gráfico 1 - Empresas do setor industrial de Taubaté que participaram da PIA-Empresa entre 1996 e 2005

O crescimento do número de empresas que participaram foi praticamente constante, sendo que, de 1996 a 2005 houve um aumento de mais de 100% das empresas participantes da PIA-Empresa.

O Gráfico 2 compara a evolução dos investimentos em capital TI e capital não-TI do setor industrial da cidade de Taubaté.

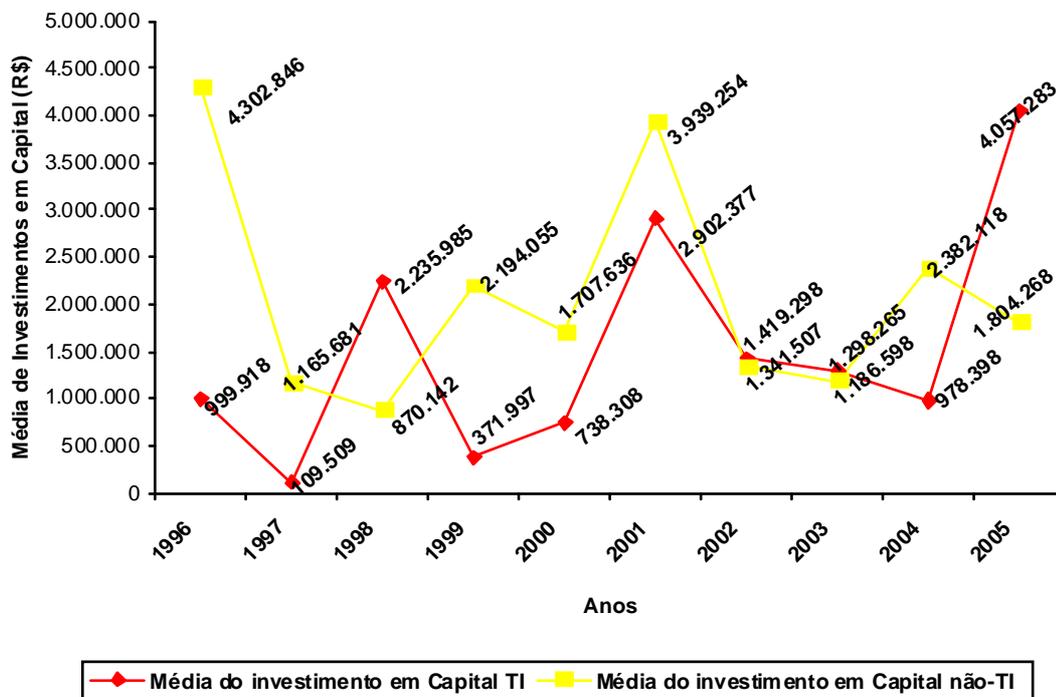


Gráfico 2 - Média dos Investimentos em Capital TI e Capital não-TI de 1996 a 2005

A média de investimentos em capital não-TI durante os 10 anos se mostra 28% superior a média dos investimentos em capital TI, pois o setor industrial utiliza mais capital na linha de produção do que na área administrativa (ROACH, 1991). Apesar de não existir um padrão no investimento em capital TI, percebe-se uma tendência de crescimento nos investimentos em TI nas empresas da cidade de Taubaté.

Com relação ao trabalho TI e ao trabalho não-TI, o Gráfico 3 mostra que o setor industrial de Taubaté tem mais trabalhadores na linha de produção que não usam computador do que nos escritórios das indústrias deste segmento da economia, cenário que já era apontado por Roach (1991).

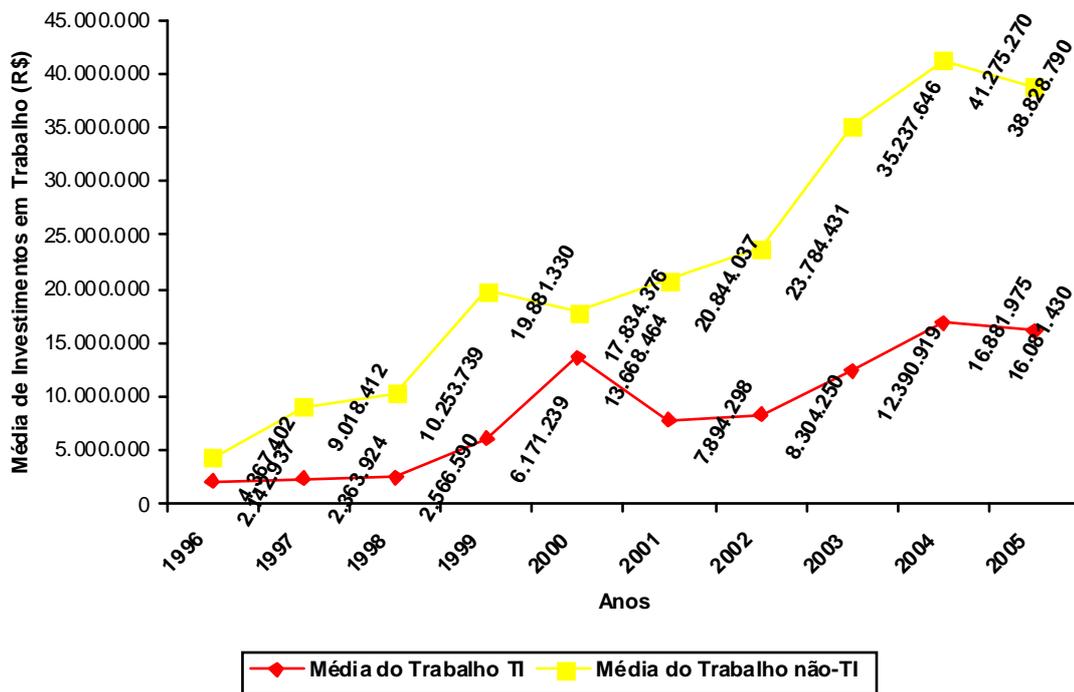


Gráfico 3 - Média dos investimentos em trabalho TI e trabalho não-TI entre 1996 e 2005

As médias de investimento em trabalho mostram que o investimento em trabalho não-TI no setor industrial é maior que o investimento em trabalho TI. Porém, o investimento em trabalho TI é crescente, o que aponta para um nível de informatização cada vez maior das empresas do setor industrial.

Por fim, o Gráfico 4 compara os investimentos extraídos da PIA-Empresa neste estudo.

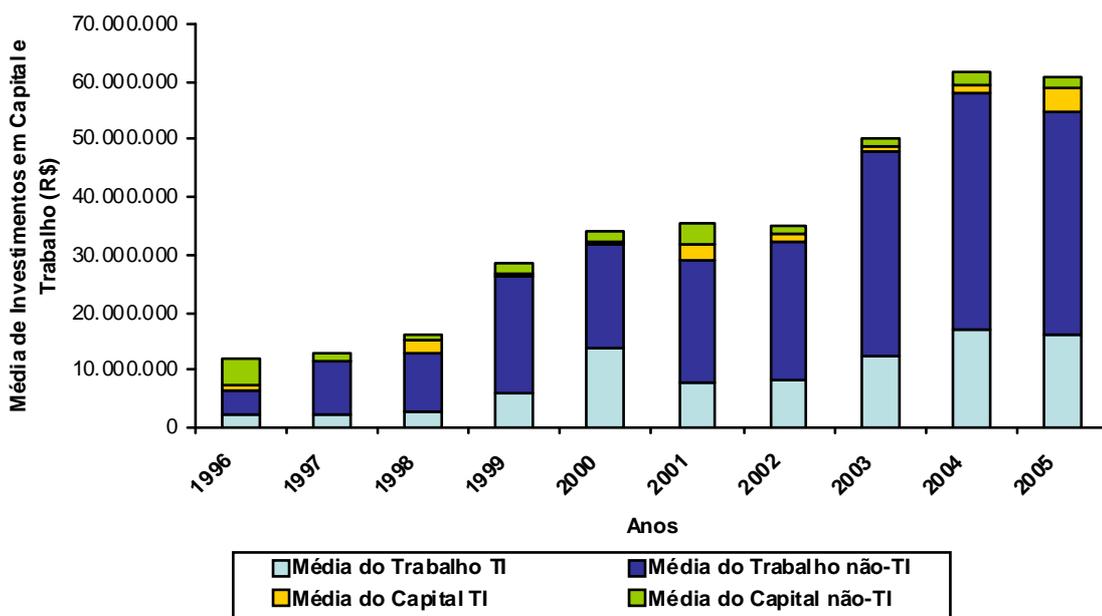


Gráfico 4 - Investimentos médios em Trabalho e Capital entre 1996 e 2005

No Gráfico 4 são comparados os investimentos em trabalho e capital. O resultado mostra um investimento no insumo trabalho muito superior aos investimentos em capital.

De acordo com Mendes (2005), enquanto o setor primário da economia utiliza mais intensivamente o fator terra, e o setor terciário utiliza mais intensamente o fator trabalho, o setor secundário, ou setor industrial, utiliza o fator-capital com mais intensidade. Este cenário não foi evidenciado neste estudo, indicando um baixo estoque de capital investido no setor.

No entanto, o resultado do baixo investimento em capital TI já era apontado por Dedrick, Gurbaxani e Kraemer (2003) como sendo um dos motivos que justificam benefícios nulos ou pouco expressivos observados nos estudos de investimento em TI.

4.2 Análise de Regressão dos Dados Coletados da PIA-Empresa

Nesta seção é realizada uma análise de regressão dos dados coletados da PIA-Empresa. Os resultados são analisados e discutidos de modo a testar as hipóteses da pesquisa confirmando ou refutando o paradoxo da produtividade no setor industrial da cidade de Taubaté.

Segundo Crespo (1997), uma vez caracterizada a relação entre variáveis de natureza quantitativa, é possível descrevê-la através de uma função matemática, no caso desta pesquisa, a função de produção *Cobb-Douglas*.

Assim, sempre que for necessário estudar determinada variável em função de outra é oportuno o uso da análise de regressão. Pode-se dizer que a análise de regressão tem por objetivo descrever, através de um modelo matemático, a relação entre duas variáveis, partindo de “n” observações das mesmas. A variável sobre a qual se deseja fazer uma estimativa recebe o nome de variável dependente, ou “Y”, e a outra recebe o nome de variável independente, ou “X”.

Na regressão múltipla é considerada uma variável dependente “Y” e diversas variáveis independentes, as variáveis “X”. Relacionando com a função de produção *Cobb-Douglas*, a variável Y é representada pelo produto (Q), e as variáveis X são representadas pelos insumos capital TI (C), capital não-TI (K), trabalho TI (S) e trabalho não-TI (L). Desse modo, tem-se uma equação de regressão múltipla que relaciona cinco variáveis.

A regressão múltipla inclui ainda um termo de erro “ ϵ ” que representa a influência coletiva de quaisquer variáveis omitidas no modelo que também possam afetar Y (por exemplo: os preços de outras mercadorias, o clima, as modificações inexplicáveis ocorridas nos gostos dos consumidores etc.).

O resultado da análise de regressão da presente pesquisa tem o objetivo de testar as hipóteses formuladas neste estudo. Sendo assim, nesta pesquisa, foram definidas duas hipóteses. A primeira é a hipótese nula (H_0) que implica que investimentos em TI não impactam positivamente na produtividade, enquanto que a segunda é a hipótese da pesquisa (H_1), que implica que investimentos em TI impactam positivamente na produtividade do setor industrial da cidade de Taubaté.

Por meio de análise de regressão dos 10 anos do setor industrial da cidade de Taubaté foi possível construir a Tabela 1, que mostra os coeficientes para Capital e Trabalho.

Tabela 1 - Resumo dos resultados da análise de regressão de 1996 a 2005 do Setor Industrial da cidade de Taubaté - SP

Parâmetro	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	P-value	r ²
Interseção	-18,8867	4,308673	-4,383434	0,00713	0,980756
Capital TI (C)	0,030576	0,058979	0,518427	0,626277	-
Capital não-TI (K)	0,080643	0,11419	0,70624	0,511575	-

Trabalho TI (S)	0,270440	0,180553	1,497841	0,194441	-
Trabalho não-TI (L)	1,889261	0,27010	6,994625	0,000919	-

Segundo Triola (1999), existe uma correlação entre duas variáveis quando uma delas está, de alguma forma relacionada a outra. O coeficiente de correlação linear “ r^2 ” mede o grau de relacionamento entre os valores emparelhados “Y” e “X” em uma amostra, sendo que se o valor de “ r^2 ” for igual a 1 significa uma correlação positiva perfeita entre “X” e “Y”.

Pindyck e Rubinfeld (2002) observam ainda que o “ r^2 ” oferece uma medição da exatidão da equação de regressão múltipla. Seu valor varia entre 0 e 1. Um “ r^2 ” igual a zero significa que as variáveis independentes nada explicam da variação ocorrida na variável dependente; um “ r^2 ” igual a 1 significa que as variáveis independentes descrevem perfeitamente a variação ocorrida na variável dependente. Na Tabela 1, o valor de “ r^2 ” foi estimado em 0,98. Isso nos informa que as quatro variáveis independentes (C,K,S,L) explicam 98% da variação ocorrida no produto “Q”.

No entanto, para os fins desta pesquisa, interessa testar as hipóteses postuladas para então concluir se os investimentos em TI impactam positivamente na produtividade do setor industrial da cidade de Taubaté. Para tanto, o teste estatístico *P-value* permite rejeitar ou não a hipótese nula.

De acordo com Triola (1999), o *P-value* pode ser usado para rejeitar ou não uma hipótese nula em um teste de hipóteses. Os valores do *P-value* variam entre 0 e 1. Quando o valor encontrado é inferior a 0,05, isso sugere uma evidência adequada contra a hipótese nula. Já um *P-value* superior a 0,05 traz uma evidência insuficiente contra a hipótese nula.

Em resumo, o critério de decisão leva em conta que para rejeitar a hipótese nula o valor do *P-value* deve ser máximo igual ao nível de significância Alfa (Alfa = 0,05 neste caso) ou, para não rejeitar a hipótese nula o valor do *P-value* deve ser maior do que o nível de significância Alfa.

Desta forma, como evidenciam os valores do *P-value* na Tabela 1, os coeficientes das variáveis TI (C e S) não são estatisticamente significantes, pois os valores estão acima de 5%. Logo, com os dados disponíveis, não há motivo para rejeitar a hipótese nula (H_0), isto é, não há evidência suficiente para rejeitar a afirmação de que o paradoxo existe no setor industrial da cidade de Taubaté.

Ainda analisando os valores do *P-value* na Tabela 1, observa-se que o único valor abaixo do nível de significância Alfa é o Trabalho não-TI (L). Dessa forma, com os dados disponíveis, é possível concluir que os investimentos do setor industrial da cidade de Taubaté são focados no insumo Trabalho não-TI, sendo que os trabalhadores que não usam TI são críticos para a continuidade do crescimento da produtividade do setor industrial da cidade.

5 Conclusão

Apesar de haverem poucas evidências que computadores aumentam a produtividade, também há poucas evidências que os computadores são improdutivos (BRYNJOLFSSON e HITT, 1998).

Com o auxílio do IBGE, foi possível desenvolver o tema desta pesquisa que tem relação com paradoxo da produtividade, fenômeno que há mais de 20 anos chama a atenção da comunidade acadêmica. Além do mais, o assunto é de interesse dos empresários que desejam ter subsídios para gerenciar melhor a TI. Muitas vezes os empresários, por desconhecerem as tendências e os padrões tecnológicos, acabam investindo em TI porque o concorrente investiu, ou ainda porque acreditam, por intuição, que o investimento será

positivo.

Com os dados da PIA-Empresa, apesar de serem limitados devido ao sigilo estatístico e a metodologia adotada pelo IBGE, foi possível concluir que o questionário completo da PIA-Empresa possui campos que permitem separar os investimentos de TI dos investimentos não-TI. No entanto, são poucos os campos disponíveis nas categorias TI para análise do paradoxo.

A caracterização dos dados coletados da PIA-Empresa mostrou que durante os anos de 1996 e 2005 houve um aumento do número de empresas de Taubaté que responderam a pesquisa. No ano 1996 responderam 13 empresas, enquanto que no ano de 2005 responderam 38 empresas. Cabe destacar que ficaram fora destes números as empresas do setor industrial da cidade com menos de 30 funcionários, e ainda, as empresas que têm mais de uma unidade de produção, o que pode ter subestimado muito os números do setor industrial da cidade.

A análise de regressão verificou os dados dos 10 anos, ou seja, de 1996 a 2005, e constatou-se que investimentos em TI não impactam positivamente na produtividade do setor industrial da cidade de Taubaté, de maneira que a hipótese nula (H_0) não deve ser rejeitada. O investimento em Trabalho não-TI foi o único que permitiu uma conclusão positiva, rejeitando-se a hipótese nula e concluindo-se que esse investimento efetivamente contribui para a produtividade.

Assim, apesar de ficar constatado por meio do “ r^2 ” que o modelo da pesquisa é adequado para analisar os dados da PIA-Empresa, não foram encontradas evidências de que os investimentos em TI contribuam significativamente para o aumento da produtividade do setor industrial da cidade de Taubaté. Contudo, o investimento em Trabalho não-TI se mostra mais positivo que os demais investimentos.

Denotado o paradoxo da produtividade no setor industrial da cidade de Taubaté, resultado semelhante a maioria dos estudos sobre o paradoxo, é pertinente lembrar de uma das quatro explicações dadas por Brynjolfsson (1993), de modo a tentar justificar os resultados desta pesquisa.

A explicação de erros de medida de *input* e *output* pode justificar os resultados desta pesquisa no sentido de que nem todos os dados da cidade de Taubaté para o período de 1996 a 2005 foram disponibilizados pelo IBGE por conta do sigilo estatístico. O questionário completo não possui muitas variáveis de Trabalho TI e Capital TI que possam ser manipuladas para o cálculo da função de produção *Cobb-Douglas*. Assim, erros de medida de *input* e *output* não podem ser descartados pela quantidade de dados limitada.

É oportuno destacar que com a análise de regressão utilizada nesta pesquisa não foi possível considerar alguns possíveis resultados intangíveis gerados pela TI, como por exemplo, melhor qualidade nos serviços, maior velocidade na comunicação, maior comodidade dos trabalhadores e outros benefícios (BRYNJOLFSSON, 1993; WAINER, 2003; JOIA, 2007). Segundo Brynjolfsson (2003), a cada dólar que uma empresa destina para a compra do *hardware* existem até nove dólares em bens intangíveis relacionados ao capital humano e outras mudanças das práticas organizacionais que muitas vezes não são mensurados.

Cabe registrar ainda que há a necessidade das empresas, dos setores da economia e das nações separarem investimentos TI dos investimentos não-TI para que as análises do paradoxo possam evoluir.

Entre as contribuições desta pesquisa está a orientação para que os setores industriais dêem uma ênfase maior ao insumo Trabalho, tendo em vista que a operação das indústrias depende obviamente de trabalhadores bem preparados, como já é observado nos países de primeiro mundo que investem muito no seu capital humano. Quanto à contribuição para a academia, esta pesquisa demonstrou a oportunidade de trabalhar com a multidisciplinaridade

envolvendo na pesquisa a Administração, Economia e TI.

Dessa forma, com os dados disponíveis, é possível concluir que o paradoxo da produtividade ainda precisa ser investigado, de maneira que mais estudos no nível de empresa, de setores econômicos e nacionais são desejáveis, visto que o investimento em TI se mostra crescente, e, portanto, os investidores necessitam de subsídios para apoiar suas decisões.

Referências

ANDERSON, M. C.; BANKER, R. D.; RAVINDRAN, S. The new productivity paradox. **Communications of the ACM**, v. 46, n. 3, p. 91-94, March 2003.

ANDRADE, A. C. A.; ABREU, M. M. de. **História de Taubaté através de textos**. Taubateana, n. 17, Prefeitura Municipal de Taubaté, Taubaté: Minerva, p. 262-263, 300 p, 1996.

BRYNJOLFSSON, E. O Gap de Produtividade em TI. **InformationWeek Brasil**, Optimize, ano 5, n. 100, 20 de agosto de 2003.

BRYNJOLFSSON, E. The productivity paradox of information technology. **Communications of the ACM**, New York, v. 36, n. 12, p. 67-77, Dec. 1993.

BRYNJOLFSSON, E.; HITT, L. M. Computing Productivity: Firm-Level Evidence. **MIT Sloan Working Paper**, n. 4210-01, p. 1-40, Jun. 2003.

BRYNJOLFSSON, E; HITT, L. M. Beyond the Productivity Paradox. **Communications of the ACM**. Vol. 41, n. 8. p. 49-55, August, 1998.

BRYNJOLFSSON, E.; HITT, L. M. Paradox lost? Firm-level evidence on the returns to information systems spending. **Management Science**, v. 42, n. 4, p. 541-558, Apr. 1996.

CAMPOS, J. C. de, KROM, V. A implantação da indústria automobilística em Taubaté e seus reflexos na cadeia produtiva industrial. **VI Encontro Latino Americano de Pós-graduação - Universidade do Vale do Paraíba**, p. 3032-3035, 2006.

CONTADOR, J. C. **Gestão de operações: a engenharia de produção a serviço da modernização da empresa**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998, 598 p.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 15 ed. São Paulo: Saraiva, 1997, 224 p.

DEDRICK, J.; GURBAXANI, V.; KRAEMER, K. L. Information technology and economic performance: A critical review of the empirical evidence, **ACM Computing Surveys (CSUR)**, v. 35, n. 1, p. 1-28, Mar 2003.

DEWAN, S.; KRAEMER, K. L. Information technology and productivity: evidence from country-level data. **Management Science**, v. 46, n. 4, p. 548-562, Apr. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa industrial anual - Empresa 2006**: manual do técnico de pesquisa, Rio de Janeiro:IBGE, 2007.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa industrial**, v. 24, n. 1, Rio de Janeiro: IBGE, 2005, 275 p.

JOIA, L. A. Retorno dos investimentos em TI: uma visão crítica. In: OLIVEIRA, F. B., (Org.). **Tecnologia da informação e da comunicação**: a busca de uma visão ampla e estruturada. São Paulo: Pearson Prentice Hall: Fundação Getúlio Vargas, 2007, p. 18-24.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005, 564 p.

MENDES, J. T. G. **Economia**: fundamentos e aplicações. 1. ed. São Paulo : Prentice Hall, 2005, 309 p.

MENDONÇA, M. A. A. de; FREITAS, F.; SOUZA, J. M. de. Information technology and productivity: Evidence for Brazilian industry from firm-level data, Special Issue: Information Technology and Growth, **Information Technology for Development**, Volume 14, Issue 2, Pages 136-153, 3 Apr 2008.

MOREIRA, D. A. **Os benefícios da produtividade industrial**. 1. ed. São Paulo: Pioneira, 1994. 112 p.

MOREIRA, D. A. **Medida da produtividade na empresa moderna**. 1. ed. São Paulo: Pioneira, 1991. 152 p.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.

PRASAD, B.; HARKER, P. T. Examining the contribution of information technology toward productivity and profitability in U. S. retail banking. **Wharton Financial Institutions Center**. The Wharton School, University of Pennsylvania, Philadelphia, Working paper n. 97-09, Mar. 1997.

PRADO, J. B. **Taubaté**: cidade educação, cultura e ciência. São Paulo: Noovha América, p. 80-81, 136p, 2005.

ROACH, S. S. Service under siege - the restructuring imperative. **Harvard Business Review**, Boston, Sept.-Oct. 1991, p. 82-92

ROACH, S. White Collar Productivity: A Glimmer of Hope? **Special Economic Study**, Morgan Stanley, 16. September 1988.

SANTOS, F. F. **Análise do impacto da tecnologia da informação na produtividade do setor industrial do Vale do Paraíba Paulista**. Taubaté, 2008, p. 140. Dissertação (Mestrado), Universidade de Taubaté.

SILVA, E. M.; SILVA, E. M.; GONÇALVES, V.; MUROLO, A. C. **Estatística:** para os cursos de economia, administração, ciências contábeis. 2 ed., v. 2, São Paulo: Atlas, 1997.

SOLOW, R. M. We'd better watch out. A review of COHEN, S. S.; ZYSMAN, J. Manufacturing matters: the myth of the post-industrial economy. **The New York Times Book Review**, p.36, July 1987.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística.** 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999, 410 p.

WAINER, J. O paradoxo da produtividade. In: RUBEN, G., DWYER, T. (Org.). **Informática, Organizações e Sociedade no Brasil.** São Paulo:Cortez Editora, 2003, p. 13-55.