

Análise Econômica

ORIGENS E CONSEQÜÊNCIAS DO FUNDING LOAN DE 1898
TAMÁS SZMRECSÁNYI

REFLEXÕES SOBRE O FINANCIAMENTO NA ECONOMIA
BRASILEIRA
FERNANDO NOGUEIRA DA COSTA E SIMONE SILVA DE DEOS

ORGANIZAÇÃO INDUSTRIAL E COMPETITIVIDADE DA
INDÚSTRIA DE CALÇADOS BRASILEIRA
ACHYLES BARCELOS DA COSTA

GERAÇÃO, ADOÇÃO E DIFUSÃO DE TÉCNICAS DE PRODUÇÃO -
UM MODELO BASEADO EM MARX
ELEUTÉRIO F. S. PRADO

A CREDIBILIDADE DA POLÍTICA ECONÔMICA: UMA REVISÃO
CRÍTICA DA TEORIA
CÉSAR A. O. TEJADA E MARCELO S. PORTUGAL

TENDÊNCIAS RECENTES NA INDÚSTRIA DE DEFENSIVOS AGRÍ-
COLAS NO BRASIL
ORLANDO MARTINELLI JR. E PAULO D. WAQUIL

CADEIAS PRODUTIVAS E OPORTUNIDADES DE INVESTIMENTO
NO NORDESTE BRASILEIRO
VICTOR PROCHNIK E LIA HAGUENAUER

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA ANÁLISE MARXISTA DO SISTEMA
MONETÁRIO INTERNACIONAL
CLAUS M. GERMER

ALONGAMENTO DA DÍVIDA PÚBLICA FEDERAL INTERNA: O QUE
FOI FEITO E O QUE SE PODE ESPERAR
ROGÉRIO SOBREIRA

ANO 20

Nº 38

SETEMBRO, 2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitora: Prof. Wrana Maria Panizzi

FACULDADE DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Diretor: Prof. Pedro César Dutra Fonseca

CENTRO DE ESTUDOS E PESQUISAS ECONÔMICAS

Diretor: Prof. Gentil Corazza

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS

Chefe: Prof. Luiz Alberto Oliveira Ribeiro de Miranda

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS CONTÁBEIS E ATUARIAIS

Chefe: João Marcos Leão da Rocha

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

Coordenador: Prof. Eduardo Pontual Ribeiro

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA RURAL

Coordenador: Prof. Jalcione Almeida

CONSELHO EDITORIAL: Carlos G. A. Mielitz Netto (UFRGS), Eduardo A. Maldonado Filho (UFRGS), Eduardo P. Ribeiro (UFRGS), Eleutério F. S. Prado (USP), Eugênio Lagemann (UFRGS), Fernando Cardim de Carvalho (UFRJ), Fernando Ferrari Filho (UFRGS), Fernando de Holanda Barbosa (FGV/RJ), Flávio Vasconcellos Comim (UFRGS), Gentil Corazza (UFRGS), Giacomo Balbinotto Neto (UFRGS), Gustavo Franco (PUC/RJ), Jan A. Kregel (John Hopkins University e UNCTAD), João Rogério Sanson (UFSC), Joaquim Pinto de Andrade (UnB), Jorge Paulo Araújo (UFRGS), Juan H. Moldau (USP), Marcelo S. Portugal (UFRGS), Maria Alice Lahorgue (UFRGS), Paul Davidson (University of Tennessee), Paulo Dabdab Waquil (UFRGS), Pedro César Dutra Fonseca (UFRGS), Philip Arestis (South Bank University), Roberto C. Moraes (UFRGS), Ronald Otto Hillbrecht (UFRGS), Sabino da Silva Porto Jr. (UFRGS), Stefano Florissi (UFRGS), Werner Baer (Univ. of Illinois at Urbana-Champaign).

COMISSÃO EDITORIAL: Eduardo Augusto Maldonado Filho, Fernando Ferrari Filho, Gentil Corazza, Marcelo Savino Portugal, Paulo Dabdab Waquil; Roberto Camps Moraes.

EDITOR: Fernando Ferrari Filho

EDITOR ADJUNTO: Gentil Corazza

SECRETÁRIA: Luciana Leão Brasil

REVISÃO DE TEXTOS: Vanete Ricacheski

EDITORIAÇÃO: Vanessa Hoffmann de Quadros

FUNDADOR: Prof. Antônio Carlos Santos Rosa

Os materiais publicados na revista *Análise Econômica* são da exclusiva responsabilidade dos autores. É permitida a reprodução total ou parcial dos trabalhos, desde que seja citada a fonte. Aceita-se permuta com revistas congêneres. Aceitam-se, também, livros para divulgação, elaboração de resenhas e resenhas. Toda correspondência, material para publicação (vide normas na terceira capa), assinaturas e permutas devem ser dirigidos ao seguinte destinatário:

PROF. FERNANDO FERRARI FILHO

Revista *Análise Econômica* - Av. João Pessoa, 52

CEP 90040-000 PORTO ALEGRE - RS, BRASIL

Telefones: (051) 316-3348 e 316-3440 - Fax: (051) 316-3990

E-mail: rae@vortex.ufrgs.br

Análise Econômica

Ano 18, nº 33, março, 2000 - Porto Alegre

Faculdade de Ciências Econômicas, UFRGS, 2000

Periodicidade semestral, março e setembro.

1. Teoria Econômica - Desenvolvimento Regional -

Economia Agrícola - Pesquisa Teórica e Aplicada -

Periódicos. I. Brasil.

Faculdade de Ciências Econômicas,

Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

CDD 330.05

CDU 33 (81) (05)

Geração, adoção e difusão de técnicas de produção - um modelo baseado em Marx

Eleutério F. S. Prado¹

Resumo: O presente artigo, construído a partir de textos de Marx, apresenta um modelo que trata formalmente a geração, adoção e difusão do progresso técnico no modo de produção capitalista. De início, por simplicidade, analisa-se a produção de uma única mercadoria com uma dada técnica. Enfrenta-se, então, a questão da adoção de novas técnicas. A modelagem da difusão é feita por meio da incorporação ao modelo de uma dinâmica de replicação. Finalmente, a geração continuada de novas técnicas no processo de acumulação é concebida conforme o modelo evolucionário clássico de Duménil e Lévy.

Palavras-chave: progresso técnico, lei da queda da taxa de lucro, dinâmica da replicação.

Abstract: This paper, constructed from Marx's texts, presents a formal model that considers the generation, adoption and diffusion of technical progress in capitalistic mode of production. Initially, for simplicity, it analyses the production of only one merchandise with a given production technique. Then, it faces the question of a new technique adoption. Modeling the diffusion of production techniques is done by means of replicator dynamics. Finally, the continued generation of new techniques in the accumulation process is conceptualized as in Duménil and Lévy's classical evolutionary model.

Key words: technical progress, falling profit rate law, replicator dynamics.

1 Introdução

A acumulação, o crescimento e o progresso técnico aparecem inentemente associados em Marx à subsunção real do trabalho ao capital e apenas nesse contexto podem ser compreendidos (Marx, 1978). Com a grande-indústria, o modo de produção se torna especificamente capitalista no curso de sua história. A aplicação consciente da ciência se objetiva em sistemas de máquinas que subordinam os trabalha-

¹ Professor da USP; e-mail: eleuter@usp.br. A elaboração deste texto contou com o apoio de bolsa de produtividade do CNPq.

dores, tanto de modo formal quanto materialmente, de tal maneira que estes se tornam meros apêndices desses sistemas. Em consequência, a tendência da produção capitalista, segundo o autor de *O Capital*, vem a ser progredir tecnicamente aumentando a produtividade do trabalho, por meio da introdução de novos meios de produção que elevam a composição orgânica do capital (ou seja, da razão entre o capital constante e o capital variável):

Este progressivo decréscimo relativo do capital variável em relação ao capital constante, portanto, em relação ao capital global, é idêntico à composição social, em sua média, progressivamente mais elevada. É, igualmente, apenas outra expressão para o progressivo desenvolvimento da força produtiva do trabalho, que se mostra exatamente no fato de que, por meio do crescente emprego de maquinaria e de capital fixo, de modo mais geral mais matérias-primas e auxiliares são transformadas pelo mesmo número de trabalhadores no mesmo tempo, ou seja, com menos trabalho, em produtos (Marx, 1983, p. 164).

Já a adoção das novas técnicas, em Marx, depende de um cálculo de rentabilidade que é feito sob as ordens do capitalista ou do empresário capitalista, tendo em vista aumentar a taxa de lucro vigente. Assim que um novo método de produção é adotado de modo pioneiro por uma empresa capitalista, este tende a se difundir pela própria força do processo de concorrência entre os capitais que se encontram materializados em diversas empresas. Assim que a difusão ocorre, é obtido um resultado contrário ao pretendido pelos capitalistas individuais, já que a taxa de lucro final, com a nova técnica, vem a ser menor do que a taxa de lucro original.

Nenhum capitalista emprega um novo método de produção, por mais produtivo que seja ou por mais que aumente a taxa de mais-valia, por livre e espontânea vontade, tão logo ele reduza a taxa de lucro. Mas cada um desses novos métodos de produção barateia as mercadorias. Ele as vende portanto originalmente acima de seu preço de produção, talvez acima de seu valor. Embolsa a diferença entre seus custos de produção e o preço de mercado das demais mercadorias, produzidas a custos de produção mais elevados. Pode fazê-lo porque a média do tempo de trabalho socialmente exigido para a produção dessas mercadorias é maior do que o tempo de trabalho exigido pelo novo método de produção. Seu procedimento de produção está acima da média do social. Mas a concorrência generaliza-o e submete-o à lei geral. Então se inicia o descenso da taxa de lucro - talvez primeiro nessa esfera de produção, para depois se equalizar com as outras -, o que é totalmente independente da vontade dos capitalistas (Marx, 1983, p.198).

Tendo por referências essas observações de Marx, o presente artigo pretende apresentar um modelo muito simples que formaliza e integra esses três momentos distintos do progresso técnico no modo de produção capitalista². Para conceber abstratamente a adoção de novos métodos de produção, parte-se de uma construção simples que envolve a produção de uma única mercadoria. A modelagem da difusão das novas técnicas será feita pela incorporação de dinâmicas de replicação no modelo. Finalmente, a geração continuada de novas técnicas no processo de acumulação será concebida conforme o modelo evolucionário clássico de Duménil e Lévy (1995, 1999).

A acumulação de capital, por força da inspiração que vem de Marx, tem um papel central na explanação das configurações temporais do modelo. Em consequência, o tempo é concebido como passagem entre situações irrevogáveis e o movimento no tempo é compreendido como passagem que tem causas endógenas. O equilíbrio possível é sempre caracterizado como uma situação excepcional que se estuda para compreender as tendências ao desequilíbrio; este é entendido como a normalidade do movimento temporal não só da economia real como também da economia pensada teoricamente. Apesar disso, o objetivo do artigo consiste apenas em raciocinar analiticamente sobre um problema teórico encontrado em *O Capital*.

2 O Modelo

No modelo a ser apresentado, há dois setores: um deles que produz meios de produção e um outro que produz um meio de consumo determinado e homogêneo. Para simplificar, suporemos que há um único centro produtor de meios de produção. Este utiliza trabalho e matéria natural. O progresso técnico aí gerado se encontra sempre incorporado em novos meios de produção que são ofertados para as empresas do setor de meio de consumo. O produto do setor de meio de produção é empregado como capital constante pelo setor de meio de consumo. O capital monetário empregado em meios de produção representa um certo montante de trabalho abstrato simples. O setor de meio de consumo, organizado de modo capitalista, contém muitas empresas, as quais empregam um conjunto variado de trabalhadores.

² Uma tentativa de discutir os contornos mais gerais da questão aqui tratada pode ser encontrada em Carcanholo (Carcanholo, 2000).

O salário da força de trabalho equivalentemente simples está fixado em termos monetários. Os custos de produção dessas empresas têm uma estrutura padrão, da qual resulta a formação de preços de produção:

$$N_K W_K r + NW = X P_x$$

onde N_K é a quantidade de trabalho empregada na produção do meio de produção (N_K está expresso em unidades de trabalho simples); W_K é a taxa de conversão do tempo de trabalho em valor monetário ($W_K = 1$, o que equivale a fixar o padrão de valor); r é a taxa de lucro bruto, incluindo a depreciação; N é a quantidade de trabalho (medida em termos de trabalho simples) empregada na produção do meio de consumo durante o período de produção; W é o salário nominal; X é quantidade de produto gerada durante o período de produção; P_x é o preço de produção da mercadoria de consumo final.

Nessa mesma fórmula acima apresentada pode constar, ao invés do preço de produção, o preço de mercado que indicaremos por P_x^m . Nesse caso, configuram-se situações de desequilíbrio. A taxa de lucro obtida pela empresa poderá ser maior ou menor do que a taxa média de lucro prevalente entre as empresas que participam do mercado. W , diferentemente, será sempre tomado como um salário de mercado idêntico para todas as empresas.

De qualquer modo, fazendo $N_K W_K = K$ na fórmula anterior, temos:

$$Kr + NW = X P_x$$

onde K é o estoque de capital em termos monetários. Como a produtividade do trabalho é $x = X/K$, e a razão produto-capital é $\rho = X/K$, a partir da expressão acima podemos obter uma fórmula conveniente de apresentação da taxa de lucro³:

$$r = \rho \left(P_x - \frac{W}{x} \right) \quad (I)$$

O lado direito dessa expressão tem dois parâmetros técnicos, o par (ρ, x) , e duas variáveis, W e P_x . Suporemos que o salário nominal W está fixado e que é resultado do conflito distributivo entre trabalhadores e capitalistas, tomado como um dado. Suporemos, por outro lado, que o

³ Vale lembrar que r , devido à queda irrefletida no fetichismo, é usualmente chamado de "produtividade do capital".

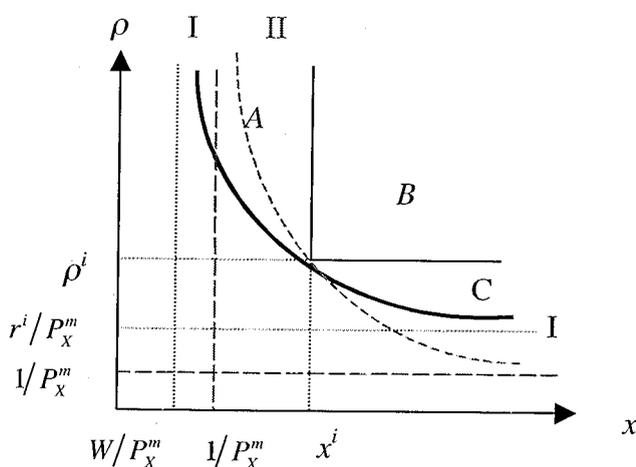
preço de produção do meio de consumo é fornecido pela expressão $(N_K + N)W_K = XP_x$, de tal modo que podemos escrever:

$$\frac{1}{\rho} + \frac{1}{x} = P_x \quad (\text{II})$$

Suponhamos, agora, que todas as firmas num dado momento estejam empregando uma mesma técnica de produção caracterizada pelo par (ρ^a, x^a) . Suponhamos, entretanto, que o setor de meios de produção crie uma técnica nova, caracterizada por um novo par (ρ^n, x^n) . Essa nova técnica será adotada por uma firma pioneira se, ao preço P_x^m e ao salário W vigentes no mercado, ela obtiver um lucro superior àquele que vem conseguindo com a técnica antiga. Ou seja:

$$\rho^n \left(P_x^m - \frac{W}{x^n} \right) > \rho^a \left(P_x^m - \frac{W}{x^a} \right)$$

A questão, agora, é saber como o novo método de produção será adotado. Isto requer uma análise da equação da taxa de lucro (I). Fixados o preço e o salário de mercado, para um dado r^i , podemos facilmente obter o conjunto dos pares (ρ, x) que geram essa mesma taxa de lucro inicial; ao fazê-lo, separamos as regiões do plano em que esses pares se localizam em duas: uma em que a taxa de lucro é mais alta do que na situação inicial e uma outra em que ela é mais baixa. Notando que $\lim \rho = \infty$ quando $x \rightarrow W/P_x^m$ e que $\lim \rho = r^i/P_x^m$ quando $x \rightarrow \infty$, podemos obter facilmente a curva I na figura que se segue:



A curva I traçada divide o espaço numa região em que $r^f < r^i$, situada à sua esquerda, e numa região em que $r^f > r^i$, situada à sua direita. Esta última, tomando por base um par (ρ^i, x^i) inicial, está constituída pela união das áreas A, B e C. É evidente que um novo par tecnológico poderá ser aceito, em princípio, se ele aumentar ambas as produtividades, ou seja, se ele estiver na região B; se ele aumentar a produtividade do trabalho e diminuir a produtividade do capital, será aceito de ficar na área C; e, finalmente, também poderá ser aceito, eventualmente, se ele aumentar a produtividade do capital, diminuindo a produtividade do trabalho, mas ficando na área A.

Na mesma figura, tomando por base o mesmo par (ρ^i, x^i) inicial (e portanto o mesmo preço inicial) e notando que, agora, $\lim \rho = \infty$ quando $x \rightarrow 1/P_x^m$ e que $\lim \rho = 1/P_x^m$ quando $x \rightarrow \infty$, traçamos também uma curva representativa da equação de preços (indicada por II). Em toda a área convexa determinada pela curva II, o preço da mercadoria será inferior ao preço fixado. Ora, as áreas B e C determinadas pela curva I e pelos eixos formados a partir de ρ^i e x^i , estão inteiramente contidas na área convexa da curva II, o que não acontece com a área A. Eis que isto significa que, se a nova tecnologia poupar trabalho - ou se ela poupar capital, mas o fizer sem sacrificar excessivamente a produtividade do trabalho -, ela provocará, ao ser adotada, uma redução do preço de produção da mercadoria.

Em qualquer caso, podemos modelar o processo de adoção da nova técnica de produção por meio de uma dinâmica de replicador. Seja μ a fração da população de firmas que adota a nova técnica. Como $0 \leq \mu \leq 1$, a dinâmica de replicador fica:

$$\dot{\mu} = \mu(1 - \mu)[r^f - r^i] \quad (\text{III})$$

onde r^f é a taxa de lucro com a técnica nova e r^i é a taxa de lucro com a técnica antiga. É importante notar nessa equação diferencial que nem r^i nem r^f permanecem constantes, já que o preço de mercado varia durante o processo de adoção da nova tecnologia. Em cada momento, empresas comparam a taxa de lucro que estão obtendo com a taxa de lucro que podem obter se adotam a nova técnica disponível. Essa será efetivamente adotada se, e somente se, $r^f > r^i$.

É óbvio que os pontos estacionários dessa equação ocorrem quando $\mu = 0$ ou $\mu = 1$, ou ainda se as duas taxas de lucro da fórmula puderem ser, eventualmente, iguais entre si. Ora, ambas essas taxas têm de ser avaliadas, em cada momento, ao preço e salário vigentes. Supondo

que preço mercado varia conforme uma média ponderada dos preços de produção associados às técnicas antiga e nova, temos:

$$P_x^m = P_x^a (1 - \mu) + P_x^n \mu$$

onde P_x^a e P_x^n são os preços de produção com as técnicas antiga e nova, respectivamente. De qualquer modo, notemos que r^f não pode se igualar a r^i a qualquer preço possível, pois não pode existir uma curva I passando simultaneamente por (ρ^a, x^a) e (ρ^n, x^n) . Isto implica que os métodos antigo e novo apenas podem coexistir em situações de desequilíbrio.

3 Dinâmica de Curto Prazo

Para analisar a dinâmica do modelo no curto prazo, vários casos podem ser analisados dependendo do que se admite que ocorre com o salário nominal. Podemos admitir, por exemplo, que ele é constante. Podemos admitir, ademais, que a parcela salarial, ou seja, W/xP_x , é que é constante⁴. Para analisar esse último caso, podemos escrever:

$$r^f - r^i = \rho^n \left[P_x^m - \frac{W}{x^n P_x^m} P_x^m \right] - \rho^a \left[P_x^m - \frac{W}{x^a P_x^m} P_x^m \right]$$

Como a parcela salarial é constante, também é constante a parcela de lucro π no produto líquido. Isto permite rescrever a equação acima de um modo muito mais simplificado:

$$r^f - r^i = P_x^m \pi [\rho^n - \rho^a]$$

Como o preço de mercado e a parcela de lucro são sempre positivos, é evidente que a dinâmica da equação III, nesse caso, depende exclusivamente da magnitude relativa das razões produto-capital com os métodos de produção novo e antigo. Se a técnica nova possuir uma razão produto-capital maior do que a antiga, então, todos os capitalistas adotam-na. Se, porém, a técnica antiga possuir uma razão produto-capital maior do que a nova, então, todos os capitalistas mantêm-na. Isto implica que, sob essa circunstância, apenas as técnicas de produção situadas nas áreas A e B são viáveis.

⁴No caso em que o salário real é constante, o teorema de Okishio afirma que a taxa de lucro tende a aumentar no processo de adoção da nova técnica (Okishio, 1961; Foley, 1986, p. 125-140). Após receber muitas críticas, Okishio veio admitir, finalmente, que os supostos do teorema que leva do seu nome são inadequados para tratar da chamada lei tendencial da queda da taxa de lucro (Okishio, 2000). Ver, por exemplo, Kliman (1966).

Ora, por que isso, que parece ser contrário a toda evidência⁵, ocorre? Porque a particularização do modelo pressupõe que todo aumento da produtividade do trabalho é imediatamente convertido em aumento do salário real e que isto é antecipado pelos capitalistas individualmente. Nessa circunstância, não parece haver estímulo para a adoção de técnicas de produção que aumentem a produtividade do trabalho, especialmente se ela vier a ocorrer em detrimento da razão produto-capital. A racionalidade do capitalista individual coincide com a racionalidade coletiva da classe dos capitalistas, e ele só adota técnicas que elevam, dentro de sua ótica de suporte da relação de capital, a "produtividade do capital". De qualquer modo, esse não é, evidentemente, o caso considerado por Marx.

Antes de passar ao outro caso, é preciso investigar o que ocorre com a taxa de lucro quando se compara a situação antes da adoção com a situação após a completa difusão da nova técnica. Para tanto, é preciso comparar taxas de lucro avaliadas aos respectivos preços de produção. Notando, antes de mais nada, que a razão produto-capital cresce, mas que o preço de produção decresce entre a situação antiga e nova, temos:

$$r^n - r^a = \pi (\rho^n P_x^n - \rho^a P_x^a)$$

Essa expressão pode ser modificada convenientemente para mostrar que a taxa de lucro pode aumentar, permanecer constante ou ainda cair dependendo do que acontece com a razão entre a "produtividade do capital" e a produtividade do trabalho no processo de adoção e difusão do novo método de produção. Ou seja, a mudança da taxa de lucro depende da mudança na intensidade de capital, ou seja, em $k = K/N = x/\rho$.

$$r^n - r^a = \pi \left(\frac{\rho^n}{x^n} - \frac{\rho^a}{x^a} \right)$$

Examinemos, agora, o caso que está de acordo com a análise de Marx. Neste, a racionalidade de cada capitalista individual é cega aos eventos macroeconômicos. Isto requer que o salário nominal seja considerado constante e que os capitalistas, individualmente, não sejam

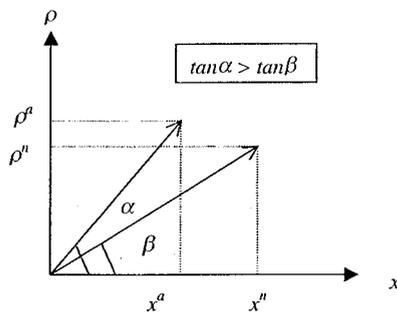
⁵ Entretanto, o exame do caso parece indicar que, num regime de acumulação fordista, pode não haver estímulos fortes para a substituição de trabalho por novos meios de produção (máquinas, por exemplo). O problema aqui, nessa fase superior da subsunção material do trabalho ao capital (século XX), é o da subordinação do trabalhador coletivo ao capital, por meio da organização

capazes de prever o que vai acontecer com o preço de mercado conforme se processa a adoção e a difusão da nova técnica de produção. Agora, as técnicas contidas nas áreas A, B e C são viáveis e, em particular, a lógica da subsunção real do trabalho ao capital pode atuar sem restrições.

O capitalista, portanto, pode procurar economizar trabalho, mesmo se isto reduz até certo ponto a "produtividade do capital". Conforme aumenta a produtividade do trabalho, o dispêndio salarial por unidade de produto - medido pela relação W/x - se reduz, o que tende a aumentar a taxa de lucro do capitalista individual. É a percepção desse fenômeno que leva cada capitalista a adotar a nova técnica. Dado esse processo, põe-se novamente a questão de saber o que acontece com a taxa de lucro na passagem da situação prevalecente antes da adoção para a situação posterior à difusão da nova técnica de produção. A expressão equivalente àquela do caso anterior e que permite analisar a situação fica:

$$r^n - r^a = \left(\frac{\rho^n}{x^n} - \frac{\rho^a}{x^a} \right) (1 - W)$$

Como $(1 - W) = (W_k - W) > 0$, temos que a mesma situação do caso anterior se repete, já que a taxa de lucro com a técnica nova pode ser maior, igual ou menor do que a taxa de lucro com a técnica antiga. Se a mudança do método de produção economizar trabalho empregando mais capital por unidade de produto, configurando-se assim a situação analisada por Marx e caracterizada pela subsunção material do trabalho ao capital⁶, é certo que a taxa de lucro resultante após a sua adoção e completa difusão será menor do que a taxa de lucro inicial, ou seja, $r^a > r^n$. Notando que $\tan \alpha = \rho^a / x^a$ e que $\tan \beta = \rho^n / x^n$, essa situação está ilustrada no gráfico que se segue:



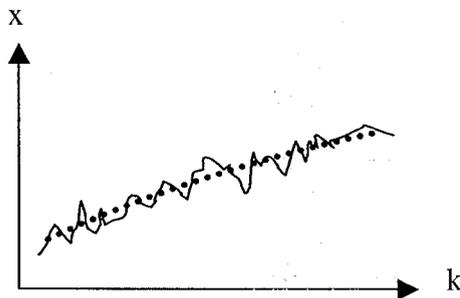
⁶A fase da subsunção material analisada por Marx (século XIX) caracteriza-se pela subordinação dos trabalhadores às máquinas e aos sistemas de máquinas; como o trabalhador coletivo ainda não está subordinado ao capital por meio da organização científica, o trabalhador individual mantém ainda uma certa margem de autonomia.

4 Dinâmica de Longo Prazo

Um resultado de curto prazo como esse, entretanto, não considera as tendências históricas associadas ao crescimento e à distribuição no modo de produção capitalista⁷. Essas tendências apenas podem ser tratadas trabalhando analiticamente, agora, o processo temporal de geração de novas técnicas. Ainda que as decisões de curto prazo dos capitalistas sejam tomadas com base em variáveis correntes, nominais portanto, a viabilidade das novas técnicas que vão surgindo depende, por sua vez, do salário real, ou seja, do par (W, P_x) (Foley, 2000).

A evidência histórica mostra que certos padrões são sempre observados no processo de crescimento irreversível das economias capitalistas: a produtividade do trabalho (x) tende a crescer persistentemente (exceto nas crises), a intensidade do capital (k) tende também a crescer, ainda que reversões possam ocorrer em certos períodos, devido a aumentos temporários - às vezes substantivos - da razão produto-capital. Entretanto, apesar dessas ocorrências, os dados seculares mostram que a razão produto-capital tende também a cair historicamente, dando suporte à inferência de Marx segundo a qual a composição orgânica do capital aumenta no longo prazo. Outro fato histórico importante em termos seculares vem a ser a tendência de aumento do salário real conforme cresce a produtividade do trabalho, o que indica que o capital não consegue se apropriar de todo o fruto do progresso tecnológico.

Um padrão evolutivo de progresso técnico consistente com o padrão histórico acima referido é apresentado no plano (x, k) , conforme a figura que se segue.

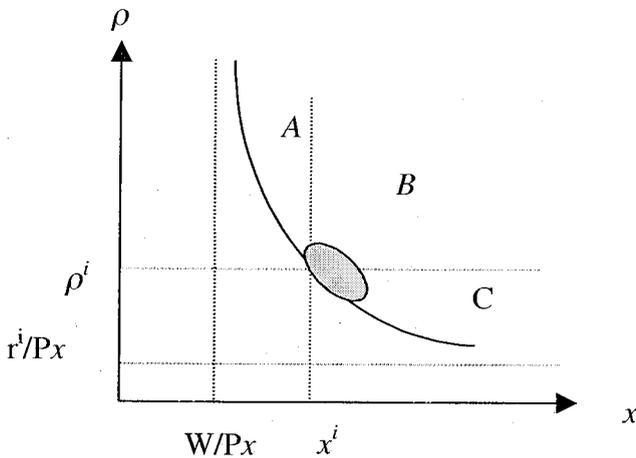


⁷ Uma análise empírica dos padrões históricos de mudança técnica em diversas economias, assim como de suas tendências, podem ser encontradas em Marquetti (2001). Esse autor mostra que o padrão de progresso técnico poupador de trabalho e consumidor de capital é dominante na história dos países capitalistas, inclusive nas últimas três décadas do século XX.

A curva pontilhada traçada simula uma curva de regressão calculada com base em uma série de pontos, os quais surgiram supostamente de um processo seqüencial e estocástico de geração de novas técnicas. Um novo ponto surge sempre que uma nova técnica viável tenha sido adotada pelo conjunto de empresas.

Vem a ser esse padrão de desenvolvimento tecnológico que um modelo relevante de geração, adoção e difusão de técnicas tem de ser capaz de reproduzir. Para tanto, o modelo anterior de adoção e difusão de novas técnicas será agora complementado para incluir um processo estocástico temporal de geração de novos métodos de produção.

É preciso transformar, pois, o modelo de curto prazo antes desenvolvido num modelo evolucionário de crescimento econômico. Faremos isto por meio da incorporação do método de geração de técnicas desenvolvido por Duménil e Lévy (1995, 1999). Para isso, supomos que as novas técnicas são geradas recursivamente segundo um processo estocástico de passeio aleatório bivariado, não ergódico. Este processo produz técnicas inviáveis e viáveis. As primeiras são abandonadas e as últimas são adotadas pelas empresas. O caminho de desenvolvimento pode ser descrito por meio de uma série de pares $\{(\rho^0, x^0), (\rho^1, x^1), (\rho^2, x^2), \dots\}$. Os saltos de uma técnica para outra são obtidos a partir de uma distribuição uniforme que tem como suporte uma elipse localizada no plano (ρ, x) , cuja função é representar a existência de uma certa restrição sobre as possibilidades de geração de novos métodos. Referida a um único momento do tempo, essa elipse aparece no gráfico que vem em seqüência:



Nesse gráfico, a elipse que dá suporte à distribuição situa-se principalmente sobre a área C e, assim, privilegia a mudança técnica que poupa trabalho e consome capital (o que implica supor que o centro de gravidade da distribuição se situa também na área C). Ela situa-se de modo importante na área B e de modo insignificante na área A. Por meio de simulações, é possível mostrar que o processo estocástico assim definido gera um padrão de progresso técnico, tal como aquele acima descrito no plano (x, k) (Foley, 2000).

5 Conclusões

Nesse modo de apresentar o progresso tecnológico de uma economia capitalista, os coeficientes técnicos de produção são fixos no curto prazo, mas variam no longo prazo de uma maneira peculiar. A sua mudança depende em parte da criatividade dos cientistas e engenheiros que geram as novas técnicas de produção e em parte da lógica cega da acumulação de capital que atua em seu processo de adoção. O rumo do crescimento econômico afigura-se, assim, como dependente de trajetória, já que é modelado a partir de um processo estocástico não ergódico.

O que aqui se viu vem a ser um modo alternativo de apresentar a acumulação, o crescimento econômico e o progresso tecnológico que difere de maneira substantiva daquele que emprega uma função de produção de coeficientes variáveis, supostamente válida num período de longo prazo (Solow, 1956). Sob a vestimenta da teoria neoclássica, este último modo consiste em apelar para uma racionalização do existente que trata um dado conjunto de observações históricas como se estas tivessem sido originadas num caminho de equilíbrio⁸.

A modelagem da adoção e da geração de técnicas de produção acima exposta é bem conhecida na literatura. O artigo, entretanto, contém uma contribuição, pois apresenta o processo de difusão de novos métodos de produzir por meio de uma dinâmica de replicação (assim

⁸O recurso para produzir tal resultado, como ficou demonstrado nos debates sobre o crescimento econômico de meados do século passado, consiste em suprimir a contradição entre acumulação e distribuição, supondo que o investimento está sempre ajustado, ex-ante, à quantidade disponível de poupança (Swan, 1970; Sen, 1970). Ao invés de mostrar como o sistema econômico oscila inevitavelmente em torno de pontos ou caminhos de equilíbrio tal como a teoria clássica ou que o equilíbrio é uma miragem tal como supõe a moderna teoria dos sistemas adaptativos complexos, a teoria neoclássica supõe que ele se move em equilíbrio (ou, referindo-se ao real, que ele se movimenta de um modo muito próximo dele).

conhecida por ter se originado na teoria dos jogos evolucionários). Isto permite, ademais, integrar num mesmo esquema analítico a geração, a adoção e a difusão das técnicas, explicitando alguns elementos do processo que permanecem implícitos na apresentação de Marx. O modelo, por outro lado, não dilui a contradição apontada por esse autor entre a intenção acumuladora de cada capitalista e o resultado da acumulação que emerge ao nível da economia como um todo.

No modelo construído, por simplicidade analítica, considera-se apenas a produção de uma única mercadoria. Entretanto, é possível reinterpretá-lo, considerando o setor que produz essa mercadoria como representativo de um setor qualquer de uma economia mais complexa, com muitos setores. Essa última interpretação parece, ademais, consistente com as preocupações de Marx no texto que serviu de inspiração para esse artigo.

Referências Bibliográficas

CARCANHOLO, M. D., Pretensões e inconsistências da crítica ricardiana à lei da queda tendencial da taxa de lucro. In: *Revista da Sociedade Brasileira de Economia Política*, junho 2000, p. 99-123.

DUMÉNIL, G. e D. LÉVY, The classical-Marxian evolutionary model of technical change. Paris: <http://www.cepremap.cnrs.fr/~levy/>, 1999.

DUMÉNIL, G. e D. LÉVY, A stochastic model of technical change, application to the US Economy (1869-1989), *Metroeconomica*, vol. 46, 1995, p. 213-245.

FOLEY, D., *Understanding Capital - Marx's economic theory*. Cambridge: Harvard University Press, 1986.

FOLEY, D., Simulating long-run technical change. New York: <http://www.newschool.edu/cepa/>, 2000.

KLIMAN, A., A value-theoretic critique of the Okishio theorem. In: *Marx and Non-Equilibrium Economics*. Ed.: A. Freeman e G. Carchedi. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 1966, p. 206-224.

MARQUETTI, A., Análise empírica do padrão do progresso técnico em uma perspectiva clássica e marxiana. In: *Economia Aplicada*, vol. 5 (2), abril-junho de 2001, p. 387-405.

MARX, K., *O Capital - Crítica da Economia Política* (volume III). São Paulo: Abril Cultural, 1983.

MARX, K., *O Capital - Capítulo VI* (Inédito). São Paulo: Ciências Humanas, 1978.

OKISHIO, N., Technical changes and the rate of profit. In: *Kobe University Economic Review*, 1961, vol. 7, p. 86-99.

OKISHIO, N., Competition and production prices. In: *Cambridge Journal of Economics*, 2000, vol. 25, p. 493-501.

SEN, A., Introduction. In: *Growth Economics*, ed. A. Sen. Londres: Penguin, 1970, p. 9-40.

SEN, A., Interest, investment and growth. In: *Growth Economics*, ed. A. Sen. Londres: Penguin, 1970, p. 219-232.

SWAN, T. W., Golden ages and production functions. In: *Growth Economics*, ed. A. Sen. Londres: Penguin, 1970, p. 203-218.

SOLOW, R., A contribution to the theory of economic growth. In: *Quarterly Journal of Economics*, vol. 70, 1956, p. 65-94.