

Modelos evolucionistas de crescimento endógeno

Evolutionary models of endogenous growth

HERMES HIGACHI*
OTAVIANO CANUTO**
GABRIEL PORCILE***

RESUMO: O artigo apresenta as principais linhas de pesquisa seguidas por modelos evolutivos de crescimento endógeno. Os autores pretendem mostrar como essas abordagens constituem um programa de pesquisa como alternativa àquela seguida pelos “novos” modelos de crescimento endógeno. Após uma comparação entre as micro-fundações evolucionárias e as novas clássicas, o texto exhibe uma síntese e uma amostra de exercícios de modelagem ao longo de linhas evolutivas.

PALAVRAS-CHAVE: Economia evolucionária; modelo de crescimento endógeno; modelo kaldoriano; análise neo-schmeteriana.

ABSTRACT: The paper presents the main lines of research followed by evolutionary models of endogenous growth. The authors intend to show how those approaches constitute a research program as an alternative to the one followed by the “new” endogenous growth models. After a comparison between evolutionary and new classical micro-foundations, the text displays a synthesis and a sample of modeling exercises along evolutionary lines.

KEYWORDS: Evolutionary economics; endogenous growth model; Kaldorian model; neo-Schumpeterian analysis.

JEL Classification: B25; O11; O41.

1. INTRODUÇÃO

Após duas décadas de relativo abandono, a teoria do crescimento econômico tornou-se, a partir da segunda metade da década de 80, novamente um campo ativo de pesquisa, envolvendo uma mudança parcial de perspectiva no mainstream da

* Professor da Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa/MT, Brasil. E-mail: hhigachi@uepg.br.

** Professor do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas/SP, Brasil. E-mail canuto.otaviano@gmail.com..

*** Professor da Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil. E-mail porcile@ufpr.br. Os autores agradecem o suporte do CNPq, sem o qual este trabalho não teria sido possível.

economia (Dosi et al., 1994; Barro & Sala i Martin, 1995; Ferreira & Ellery Jr., 1996). A característica peculiar que distingue as “novas” teorias neoclássicas do crescimento das “velhas” (tipo Solow-Swan) é a ênfase no crescimento econômico como resultado endógeno do sistema econômico – tendo como determinante fundamental a mudança técnica endógena – e não mais como a consequência de forças que o afetam do exterior (Romer, 1994). É por isso que tais teorias são, muitas vezes, denominadas alternativamente por teorias do crescimento endógeno.

Três observações se mostraram inconsistentes com as predições dos modelos neoclássicos (tipo Solow-Swan) e motivaram as novas teorias do crescimento a tentar remover duas suposições centrais de tais modelos, vale dizer, a mudança técnica exógena e a disponibilidade das mesmas oportunidades tecnológicas em todos os países do mundo) (Grossman & Helpman, 1994; Romer, 1994; Verspagen, 1993, cap. 2):

(i) A produtividade do trabalho e a renda per capita têm aumentado de modo permanente desde a revolução industrial. Reconhecendo as deficiências em sua modelagem para “explicar” este fato estilizado, os teóricos neoclássicos, desde fins dos anos 50 e 60, invocaram a mudança técnica exógena. No entanto, a suposição de mudança técnica exógena não cumpre a tarefa de explicar a origem do progresso econômico. Para retificar esta falha tornou-se necessário endogenizar a mudança técnica.

(ii) A divergência no comportamento de taxas de crescimento e nos níveis de renda per capita tem aumentado sistematicamente entre diferentes países. Este fato é totalmente inconsistente com a convergência entre países ricos e pobres, prevista pelos modelos neoclássicos convencionais. Tanto Lucas (1988) como Romer (1986) citaram as falhas da convergência entre países para justificar modelos de crescimento que removam a suposição arbitrária de que a mudança técnica é exógena e de que as mesmas oportunidades tecnológicas estão disponíveis em todos os países do mundo.

(iii) O padrão observado de mobilidade de fatores de produção e de diferenciais internacionais de remuneração contradiz as predições dos modelos neoclássicos convencionais. Por exemplo: se a mesma tecnologia estivesse disponível em todos os países, o capital humano não se moveria de economias onde ele é escasso para economias onde ele é abundante; além disso, o mesmo trabalhador não receberia um salário maior depois de mover-se dos países pobres para os países ricos (Lucas, 1988).

Com o objetivo de incorporar tais fatos estilizados, recentes esforços de pesquisa têm caminhado em três direções diferentes, no que tange aos determinantes fundamentais do crescimento, dando origem a três tipos de modelos:

(i) Modelos lineares que continuam a entender a acumulação de capital (físico, humano e conhecimento) como a força diretora.

(ii) Modelos de *spillover* que explicam o crescimento através das externalidades.

(iii) Modelos autodenominados neo-schumpeterianos, que consideram a inovação industrial como a máquina do crescimento, tratando a inovação como resultado deliberado da busca de poder de monopólio, ainda que um poder inevitavelmente temporário nestes modelos.

Mas o interesse em mudança técnica endógena como determinante fundamental do crescimento econômico não reviveu apenas no *mainstream* (Arcangeli & Canuto, 1996; Possas, 1997). Seguindo Schumpeter (1943) mais de perto, a ideia de inovação endógena em uma teoria do crescimento econômico também tem sido a principal fonte de inspiração para a literatura evolucionista que foi iniciada, no início dos anos 80, por Nelson & Winter (1982).

Nesta perspectiva evolucionista, três classes de modelos formais têm sido desenvolvidas, focalizando diferentes aspectos do crescimento econômico (Dosi, 1991a). Uma delas segue basicamente a filosofia e a estratégia de modelagem do primeiro modelo evolucionista de crescimento, proposto por Nelson & Winter em 1974 e com desenvolvimentos em 1982. Busca-se mostrar como os padrões de mudança técnica e de desenvolvimento econômico de longo prazo podem ser fundamentados microeconomicamente em processos explícitos de busca e concorrência entre agentes heterogêneos.

Outra classe de modelos evolucionistas, de inspiração kaldoriana, é coerente com os microfundamentos explícitos da classe anterior, sem, contudo, elaborar um modelo explícito do processo competitivo. Em linhas gerais, esses modelos partem de diferentes dinâmicas possíveis na inovação e imitação de distintos países e investigam suas relações com os esquemas de comércio externo e crescimento. O foco de análise é a origem e a persistência de padrões de desenvolvimento desiguais que se observam na economia mundial.

A terceira e última classe de modelos, que emergiu a partir do início dos anos 90, resulta do esforço de integração das duas linhas de investigação anteriores, bem como de uma extensão da dinâmica não-linear de Goodwin (1967). O objeto de investigação são os determinantes gerais dos diversos padrões de desenvolvimento observados em nível mundial: *catching up*, *falling behind* e *forging ahead*.

Os modelos evolucionistas coincidem com as novas teorias neoclássicas do crescimento no esforço de colocar o conhecimento, a inovação e os retornos crescentes como aspectos fundamentais de seus modelos. Entretanto, afastam-se radicalmente deles, acima de tudo, nas suposições sobre como os agentes se comportam, como o aprendizado toma lugar e como os mercados funcionam, conforme veremos mais adiante. Este artigo examina as principais linhas de investigação e as potencialidades dos modelos de crescimento endógeno evolucionistas. Nós procuramos mostrar que as abordagens evolucionistas constituem um novo programa de pesquisa viável e promissor para descrever, explicar e prever os aspectos essenciais do fenômeno do crescimento econômico. Com isso, formulam uma alternativa às novas teorias neoclássicas do crescimento.

O item 2 realiza uma breve discussão dos microfundamentos adotados no programa de pesquisa evolucionista, buscando destacar suas diferenças em relação ao programa convencional. O item 3 apresenta uma síntese das principais linhas de investigação, enquanto, por sua vez, os itens 4 e 5 tratam de revisar dois modelos de crescimento com microfundamentos evolucionistas. Por último, segue o resumo dos argumentos básicos do trabalho.

2. OS MICROFUNDAMENTOS EVOLUCIONISTAS DA COORDENAÇÃO E DA MUDANÇA ECONÔMICA

O Problema da Coordenação e da Mudança Econômica

Em um nível muito geral, tende-se a observar amplas regularidades nos valores e/ou nas mudanças de variáveis agregadas (Coricelli & Dosi, 1988), tais como, por exemplo, algumas daquelas que motivaram as novas teorias do crescimento:

(i) Os níveis de renda per capita e da produtividade do trabalho crescem de forma permanente, desde a revolução industrial.

(ii) Os níveis e as taxas de crescimento da renda per capita e da produtividade do trabalho diferem significativamente entre países.

Além disso, há regularidades microeconômicas relacionadas a padrões típicos de comportamentos:

(i) De agentes (tais como firmas, mas também agregados reconhecíveis como indústrias ou mesmo países), no que se refere às formas com as quais geram ou adotam mudanças – por exemplo, firmas sistematicamente diferem em seus compromissos com a inovação e em sua habilidade para inovar -, com as quais se estruturam internamente e com as quais interagem com o ambiente externo.

(ii) De tecnologias, no que tange a suas fontes, direções e efeitos dinâmicos.

Na medida em que se identificam fases de desenvolvimento entrelaçadas por crises e descontinuidades nas taxas de crescimento da renda per capita e da produtividade do trabalho, há também consideráveis descontinuidades na dinâmica de variáveis (Coricelli et al., 1991: 545-63), tais como, por exemplo:

(i) A aceleração no crescimento da produtividade do trabalho na maioria dos países industrializados ao longo do, aproximadamente, penúltimo quarto de século depois da segunda Guerra Mundial não se parece com uma simples continuação da tendência pré-guerra.

(ii) Há alguns períodos históricos que parecem mostrar convergência em renda e produtividade entre países atrasados e países da fronteira, enquanto outros parecem sugerir divergência crescente.

(iii) A desaceleração no crescimento da renda per capita e da produtividade do trabalho na maioria dos países industrializados e em desenvolvimento, a partir do início da década de 70, não se parece com qualquer ciclo recorrente típico da atividade econômica.

Em suma, o fenômeno do crescimento econômico envolve vários tipos de regularidades e/ou descontinuidades empíricas relativamente robustas, na dinâmica de variáveis agregadas (tais como renda per capita e produtividade do trabalho) e de variáveis microeconômicas (por exemplo, o comportamento de agentes). Neste sentido, uma teoria ou um modelo de crescimento satisfatório deveria, em princípio, explicar – ou pelo menos ser consistente – com séries de regularidades e/ou descontinuidades associadas à dinâmica de variáveis agregadas e, ao mesmo tempo, com a microeconomia da inovação e da concorrência (Chiaromonte & Dosi, 1992).

As regularidades empíricas, por sua vez, insinuam a presença de algum(ns)

processo(s) subjacente(s) que governe(m): tanto a coordenação entre agentes (porque, de outra maneira, não se poderia esperar nenhuma regularidade empírica nos níveis das variáveis, seja esta qual for), como a mudança econômica (porque senão nenhuma regularidade seria provável nas taxas de mudança ao longo do tempo) (Coricelli & Dosi, 1988).

Com efeito, pode-se formular duas questões de ordem teórica fundamentais à compreensão do fenômeno do crescimento econômico, a saber:

i) Quais são os mecanismos ou processos fundamentais de coordenação entre agentes que tornam possível a emergência de regularidades na dinâmica de variáveis agregadas – renda per capita, produtividade do trabalho etc. – como, em parte, resultado não-intencional de decisões e interações de agentes econômicos?

ii) Quais são os mecanismos ou processos fundamentais que tornam possível a emergência de mudança estrutural no sistema econômico para níveis crescentes de complexidade, variedade e potencial dinâmico?

Para a busca de respostas a essas questões, contemplando uma análise macroeconômica que tenha microfundaamentos sólidos, faz-se necessário proceder simultaneamente a:

(i) O estudo microeconômico de decisões de agentes e, ademais, da interação entre agentes, envolvendo restrições recíprocas sobre seus comportamentos individuais; e

(ii) Uma agregação de comportamentos que signifique o estudo das implicações macroeconômicas de comportamentos microeconômicos e a dedução das micro-escolhas a partir das leis de comportamento macroeconômico.

O primeiro problema central de pesquisa é, portanto, investigar as características de comportamentos de agentes (indivíduos, famílias, firmas e outras instituições), bem como de ambientes econômicos que expliquem uma relativa ordem no processo de coordenação entre agentes e, ao mesmo tempo, na mudança econômica.

Os Microfundamentos das Novas Teorias Neoclássicas do Crescimento

Os modelos neoclássicos de crescimento endógeno têm, como microfundaamentos da coordenação e da mudança econômica, agentes representativos perfeitamente racionais e interações de equilíbrio, provenientes da macroeconomia novoclássica (Dosi et al., 1994). A suposição central em tais modelos é a de que as configurações observadas de variáveis econômicas podem ser explicadas como o resultado de agentes representativos racionais, os quais, com *perfect foresight* ou expectativas racionais, realizam escolhas que maximizem sua função-objetivo, dentro das restrições que enfrentam, sem realizar erros sistemáticos. A questão de como estas decisões ótimas emergem não é uma parte básica da teoria, sendo sua função tornar possível a formulação de proposições refutáveis através da análise estática e/ou da dinâmica comparativa. Os modelos partem do suposto de que os agentes têm uma compreensão basicamente correta de suas possibilidades reais de escolha e de suas consequências (Dosi & Nelson, 1994). Como observou Chick (1992: 182): “a es-

sência das expectativas racionais está em encontrar os mecanismos expectationais que sejam consistentes com a ‘teoria’”.

No entanto, geralmente se reconhece que o mero conhecimento de características individuais é de pouca ajuda para prever o resultado no nível do sistema como um todo. As interações entre os agentes introduzem uma diferença qualitativa entre comportamentos micro e macro, dado que impõem restrições recíprocas sobre comportamentos individuais.

Na macroeconomia neo-clássica, a solução para o problema da agregação consiste em modelar as interações entre agentes em termos de um equilíbrio de Nash, com consistência *ex ante* de planos e ações individuais. Argumenta-se que, através da hipótese de equilíbrio geral (permanente), as relações micro-macro serão transparentes, com o resultado agregado sendo predito com precisão a partir das preferências e tecnologias individuais. Portanto, a hipótese de equilíbrio geral contínuo constitui um outro suposto necessário e associado aos agentes representativos perfeitamente racionais: supõe-se que as decisões e ações de otimização dos agentes são reciprocamente consistentes, no sentido de que as decisões e ações de cada agente são otimizantes, dadas as ações de otimização dos demais.

A redução do conjunto de indivíduos a um agente representativo implica tomar o comportamento agregado como uma simples transposição direta de comportamento; microeconômicos qualitativamente indistintos. Nesse sentido, o problema de agregação é completamente negligenciado ou colocado “por baixo do tapete”. O estudo de interações é realizado de uma forma muito peculiar: as interações entre agentes são de equilíbrio e, descarte, a função exclusiva do mercado é a alocação de recursos, não tendo o papel de mecanismo de seleção entre agentes. Portanto, as novas teorias do crescimento, ao adotarem um único agente representando os demais, assumem por hipótese a coordenação microeconômica perfeita entre agentes e excluem a possibilidade de análise dos efeitos de longo prazo de comportamentos não-médios, que são tipicamente atribuídos aos empresários inovativos schumpeterianos (Chiaromonte & Dosi, 1992).

Os microfundamentos neo-clássicos das novas teorias do crescimento conduzem-nas a um “reduccionismo”, ou seja, a reduzir a complexidade dos fenômenos estudados de um modo distorcido (Vercelli, 1991, 1994: 154-5). Qualquer esforço teórico envolve um procedimento de simplificação mas não pode abstrair o essencial¹. Na medida que os microfundamentos neo-clássicos das novas teorias do crescimento reduzem a incerteza ao risco, a complexidade a simples regularidades, a coordenação ao equilíbrio, bem como a mudança à invariância estrutural, permitem-nas captar somente alguns dos determinantes mais imediatos do crescimento econômico (educação, investimento), mas não suas fontes mais profundas: a mudança técnica, organizacional e institucional. Com efeito, seu escopo de validade empírica é restrito a um pequeno conjunto de fenômenos lineares, estacionários e ergódicos, entre aqueles associados ao crescimento econômico.

Outra objeção, não menos grave, é a de que tais microfundamentos não geram resultados analíticos robustos, comprometendo a estática e a dinâmica comparativa. Os modelos de crescimento endógeno em geral chegam a equilíbrios instáveis. Para

a solução desse problema de instabilidade estrutural, adota-se a hipótese *ad hoc* de equilíbrio ponto-de-sela, o qual seria constituído de um ramo estável e outro instável. Adicionalmente, através da utilização também *ad hoc* da condição de transversalidade ou da suposição de que o mundo empírico é estável, seleciona-se o ramo estável. Com efeito, a solução é estável, mas o modelo continua a ser instável.¹

Os Microfundamentos dos Modelos de Crescimento Evolucionistas

O conceito geral de teoria evolucionista envolve os seguintes elementos (Nelson, 1995; Dosi & Nelson, 1994; Possas, 1989; Canuto, 1995):

(i) Seu foco de atenção está no movimento de uma variável ou conjunto delas ao longo do tempo e a preocupação teórica está voltada para uma compreensão do processo dinâmico por trás da mudança observada: a análise é expressamente dinâmica.

(ii) A explicação envolve tanto elementos aleatórios que geram ou renovam alguma variação nas variáveis em questão como, ao mesmo tempo, mecanismos que sistematicamente selecionam entre tais variações. Com efeito, modelos evolucionistas no domínio social envolvem alguns processos de aprendizado e descoberta imperfeitos (*mistake-ridden*), de um lado, e, de outro, alguns mecanismos de seleção.

(iii) Existem fortes tendências inerciais preservando a unidade fundamental de seleção (os genes) e/ou as entidades (os fenótipos) que vão sobrevivendo ao processo de seleção.

No domínio social, todas as teorias evolucionistas de mudança têm estas características, em maior ou menor grau. Com efeito, a abordagem é evolucionista no sentido de que os microfundamentos se apoiam em:

(i) Agentes com racionalidade limitada.

(ii) Pressuposição geral de que as interações podem ocorrer fora e longe de equilíbrio.

(iii) Mercados e outras instituições que operam como mecanismos de seleção entre agentes e tecnologias heterogêneos.

Em ambientes inovativos, caracterizados pela incerteza e pela complexidade, as rotinas de otimização usualmente aplicadas em modelos neoclássicos de crescimento que dependem de *perfect foresight* ou de expectativas racionais quanto à tecnologia não são adequadas, dando lugar ao conceito de racionalidade limitada (Dosi & Egidi, 1991; Verspagen, 1993: 64-7). Num contexto de racionalidade limitada, a hipótese básica é a de que os agentes seguem várias formas de comportamentos *rule-guided* que são “específicos ao contexto” e, em alguma extensão, “independentes dos eventos”, no sentido de que as ações podem ser invariantes diante das pequenas mudanças na informação com respeito ao ambiente. No mes-

¹ Sobre as propriedades das soluções de modelos neo-clássicos ver Vercelli (1991) ou Coricelli et al. (1988).

mo contexto, os agentes experimentam e eventualmente descobrem novas regras, continuando assim a introduzir novidades comportamentais no sistema (Dosi & Nelson, 1994). A adoção de rotinas se deve exatamente ao fato das decisões serem em geral imperfeitas (Heiner, 1988).

Justamente porque não há nada que garanta, em geral, a otimalidade destas rotinas, estarão sempre presentes oportunidades nacionais para a descoberta de “melhores” das mesmas e, com isso, também a possibilidade/oportunidade permanente para a busca e a novidade (mutações). Em outras palavras, os fundamentos comportamentais de teorias evolucionistas estão apoiados em processos de aprendizado envolvendo adaptação imperfeita e descobertas *mistake-ridden* (Dosi & Nelson, 1994). Nesse aspecto, os agentes com racionalidade limitada são muito menos capazes de prever e calcular comportamentos de equilíbrio do que o comumente suposto, mas eles estão continuamente preparados para (imperfeitamente) ajustar-se ao inesperado e, ao mesmo tempo, gerar e imitar novidades (Chiaromonte & Dosi, 1992).

Em decorrência da complexidade e da incerteza presentes em ambientes inovativos – inclusive por serem endógenos os próprios critérios de seleção – as habilidades individuais de prever a tecnologia e os comportamentos dos outros são altamente imperfeitas. Nesse sentido, geralmente cada agente se defronta com expectativas não cumpridas e com a falta de correspondência entre planos *ex ante* e realizações *ex post*. Com efeito, as interações entre agentes econômicos são tipicamente de desequilíbrio.

Tais interações, por sua vez, estabelecem um tipo de “externalidade” pela qual os participantes individuais do “jogo evolucionário” aprendem, são selecionados, crescem ou morrem. Isto implica que os comportamentos de desequilíbrio e as distribuições de características dos agentes afetam os estados assintóticos e, ademais, pode ser que alguma “ordem” na mudança seja o resultado coletivo de explorações, em desequilíbrio, de oportunidades ainda desconhecidas, antes do que improvável convergência para crenças unânimes sobre as características de um mundo estacionário (Coricelli et al., 1991).

A diversidade permanente entre os agentes, juntamente com o fato de que nenhum deles é capaz de corretamente calcular *ex ante* o equilíbrio onde as ações individuais sejam reciprocamente consistentes, fazem da concorrência um processo de desequilíbrio permanente. Seus resultados são também variações nas parcelas de mercado e nos lucros de firmas individuais.

Assim, a dinâmica de mercado opera como mecanismo de seleção entre agentes heterogêneos (agindo sobre a competitividade relativa de atores individuais), assim como uma poderosa fonte de incentivos para explorações inovadoras, antes do que como alocadora ótima de recursos. Nesse sentido, seu papel é fomentar a coordenação *ex post* entre agentes heterogêneos, bem como a mudança econômica. Nas economias de mercado, estes mecanismos de seleção são proporcionados de modo característico por distintas formas de concorrência nos mercados de produto e por algumas normas de alocação nos mercados financeiros (Chiaromonte & Dosi, 1992; Dosi, 1991b).

Do exposto, pode-se deduzir o microfundamento de que o ambiente econômico opera não necessariamente em equilíbrio. Em tal ambiente, tanto os agentes individuais, caracterizados por várias e permanentes formas de diversidade, concorrem sobre a base de suas descobertas tecnológicas específicas e suas regras de comportamento (em cada indústria), como as interações de mercado determinam também ajustamentos intersetoriais na demanda, nos preços e, no final, nos níveis e mudanças de variáveis macroeconômicas.

Em suma, a abordagem evolucionista sugere que tanto a coordenação como a mudança econômica estão apoiadas em microprocessos – irreversíveis e institucionalizados – de aprendizado e seleção ambiental altamente imperfeitos, porém inovativos. Ela propõe tal fundamento em lugar da uniformidade e da racionalidade substantiva de agentes econômicos. Adicionalmente, os microprocessos de aprendizado e seleção podem gerar, em circunstâncias distintas, regularidades agregadas ou, alternativamente, instabilidades e descontinuidades.

Exatamente por não reduzir o aprendizado a um fenômeno de equilíbrio e, ao mesmo tempo, por atribuir papel relevante para o mercado e para outras instituições, enquanto mecanismos de seleção, é que o progresso das teorias evolucionistas não está bloqueado na direção de abordar as fontes mais profundas do crescimento econômico: a mudança técnica, organizacional e institucional, ou seja, a “destruição criadora” de Schumpeter.

3. MODELOS DE CRESCIMENTO ENDÓGENO COM MICROFUNDAMENTOS EVOLUCIONISTAS

Basicamente, a elaboração de modelos evolucionistas de crescimento e de comércio tem seguido três linhas de investigação distintas. A descrição de tais modelos, a seguir, se restringe a uma apresentação de um pequeno resumo, cujas formalizações explícitas serão deixadas para os itens 4 e 5.

Uma primeira via de investigação evolucionista estabelece os microfundamentos explícitos da dinâmica de variáveis agregadas no processo de aprendizado e na concorrência de mercado entre agentes heterogêneos. O objetivo consiste em mostrar como as regularidades agregadas constituem propriedades emergentes, geradas e sustentadas pela complexa estrutura de retroalimentações positivas (e negativas) ligadas ao aprendizado e à concorrência.

Em essência, os modelos desta classe representam as mudanças na competitividade de cada unidade microeconômica (seja uma empresa ou país) como resultado de sua capacidade de inovação e/ou imitação, bem como de seu comportamento individual. Associada a isso, a concorrência entre unidades microeconômicas – caracterizadas por diferentes níveis de competitividade – resulta em variações em suas quotas relativas de mercado e, além destas, em uma dinâmica agregada. Os modelos deste tipo têm sido desenvolvidos principalmente em esquemas de economia fechada.

O objetivo geral de examinar os padrões de mudança técnica e sua relação com o desenvolvimento econômico de longo prazo se desdobra nas seguintes questões:

(i) Investigar a hipótese de que as características básicas de séries de tempo agregadas empíricas podem de fato ser reconstruídas teoricamente e interpretadas como o resultado de um processo de auto-organização dirigido por processos de aprendizado endógeno e seleção de mercado (Nelson & Winter, 1982; Winter, 1984; Silverberg et al., 1988 e Chiaromonte & Dosi, 1992).

(ii) Analisar a possível existência de relações entre flutuações macroeconômicas com os padrões de mudança técnica, assim como a hipótese altamente contestada de ondas longas. Silverberg & Lehnert (1994) e Schuette (1994), por exemplo, mostram que uma condição suficiente (ainda que não necessária) para a ocorrência de flutuações persistentes em séries de tempo agregadas é a emergência estocástica de inovações, incorporadas em bens de capital com difusão a uma taxa proporcional a sua lucratividade, assim como mudanças nas políticas de substituição de safras de capital.

(iii) Mostrar que, mesmo numa perspectiva de longo prazo, o estado estacionário em uma economia mercantil caracterizada por processos de difusão continua é irrelevante, de modo que, ao contrário de focalizar em valores de *steady states*, a análise deve voltar-se para valores médios ao longo do tempo. O processo de difusão, deixado por si próprio, certamente levaria ao final para um estado estacionário. Mas este processo de seleção equilibrante é perturbado de modo intermitente pela introdução de novas tecnologias que persistentemente levam a economia para longe do respectivo “velho” *steady state* (Englmann, 1994).

(iv) Abordar a emergência adaptativa de rotinas inovativas e seu efeito coletivo sobre a dinâmica de crescimento (Silverberg & Verspagen, 1994a, 1994b).

Uma segunda via de investigação é coerente com os fundamentos microeconômicos antes mencionados, mas não elabora um modelo explícito do processo competitivo. Em termos gerais, parte do ponto onde finalizam os modelos anteriores, isto é, de diferentes dinâmicas possíveis na inovação e imitação de distintos países, investigando a partir daí suas relações com os esquemas de comércio e crescimento. Trata-se de uma estratégia analítica explorada em Dosi, Pavitt & Soete (1990), Cimoli & Soete (1992), Maggi (1993), Verspagen (1993) e Cimoli (1994)². É também desenvolvida com um enfoque mais direto nas relações Norte-Sul em Cimoli, Dosi & Soete (1986), Cimoli (1988) e Canuto (1998).

A questão básica tratada é a origem e a persistência de padrões de desenvolvimento desigual na economia mundial (Fagerberg et al., 1994). Os resultados da modelagem sugerem que a condição necessária (ainda que não suficiente) para a convergência internacional de salários e rendas é a convergência de ambos os níveis de tecnologia e de capacidades de inovação.

A terceira e última linha de investigação evolucionista, que começa a emergir no início dos anos 90, resulta do esforço de integração das duas linhas de investi-

² O modelo de Maggi está adaptado para o contexto de microfundamentos em Canuto (1995).

gação anteriores, como em Dosi et al. (1994) e Silverberg & Verspagen (1995). A preocupação básica é desenvolver um modelo geral que permita analisar os determinantes dos diversos padrões de desenvolvimento observados no plano mundial, isto é, tanto de convergência (*catching up*) como de divergência (*falling behind* e *forging ahead*) nos níveis e taxas de crescimento da produtividade do trabalho e da renda per capita de distintos países.

O número e a precisão de suas predições empíricas sugerem que os modelos evolucionistas proporcionam uma abordagem mais geral do que a das novas teorias neoclássicas do crescimento. Além da microestrutura que emerge ser consistente com as micro-regularidades (distribuição assimétrica de tamanho de firmas, diversidade persistente nas capacidades tecnológicas e nos desempenhos, endogeneidade das estruturas de mercado etc.), os modelos ainda geram maior número de macro-regularidades em comparação com as novas teorias do crescimento endógeno: por exemplo, *falling behind*, *forging ahead* e instabilidade e bifurcação das trajetórias de crescimento ao longo do tempo, conforme veremos nos itens 4 e 5.

As novas teorias do crescimento endógeno, enquanto tentativas de explicar diferenças persistentes em taxas de crescimento, ainda não parecem aptas para tratar dos mesmos aspectos do crescimento econômico, visto que suas principais predições empíricas são as de que:

(i) Variáveis relacionadas a capital humano e P&D se destacam como os principais indicadores para distinguir empiricamente entre os países que realizarão *catching-up* ou não (Fagerberg et al., 1994).

(ii) Países maiores experimentarão progresso técnico mais rápido e, com isso, crescerão mais rápido do que países pequenos.

(iii) O resultado analítico é o de que uma taxa de crescimento de equilíbrio é encontrada no longo prazo, na situação de crescimento balanceado. Isto implica que o sistema econômico, em algum ponto no tempo, se estabiliza em uma situação com diferenciais fixos de taxas de crescimento entre diferentes economias. Sendo assim, mudanças nestes diferenciais podem apenas ser induzidas por mudanças nos parâmetros ou variáveis exógenas, mas não por comportamento endógeno dos agentes no modelo. Em alguns casos, a taxa de crescimento de equilíbrio não é fixada, mas tem um padrão regular mais complicado, como, por exemplo, um ciclo econômico (Aghion & Howitt, 1990). Entretanto, mesmo no caso de um ciclo de crescimento, o padrão regular que o modelo gera não pode ser alterado sem mudanças em parâmetros ou variáveis exógenas. Com efeito, para as novas teorias neoclássicas do crescimento endógeno, a regularidade é a característica mais importante do crescimento econômico (Verspagen, 1993: 68).

Os testes empíricos e a literatura histórica também têm apresentado resultados que vão contra tais predições empíricas: a característica básica de trajetórias de crescimento são as irregularidades; o maior nível de capital humano ou de P&D nem sempre garante taxas de crescimento maiores para os diferentes países ou, ainda, países maiores nem sempre crescem mais rápido do que os menores (Jones, 1995; Verspagen, 1993: cap. 5; Fagerberg et al., 1994).

Os próximos itens (4 e 5) apresentam dois modelos formais com microfunda-

mentos evolucionistas. O primeiro representa o grupo de modelos agregados dinâmicos de inspiração kaldoriana – segundo grupo em nossa classificação na introdução – enquanto o segundo modelo representa o grupo típico da última geração.

4. UM MODELO AGREGADO DINÂMICO KALDORIANO

A seguir, descreve-se e discute-se um modelo de crescimento, contido em Verspagen (1993: cap. 5), o qual incorpora tanto os efeitos da dinâmica tecnológica como os efeitos das mudanças na participação nos mercados (doméstico e internacional) sobre as taxas de crescimento. Formalmente, este modelo pode ser descrito através das seguintes equações:

- (i) $\hat{Y}_i = \alpha \cdot \hat{T}_i + \varepsilon \cdot \hat{X}_i$, com $i = s, n$.
- (ii) $\hat{X}_s = \eta \cdot \log (T_s/T_n) + \hat{Z}$
- (iii) $\hat{X}_n = \eta \cdot \log (T_n/T_s) + \hat{Z}$
- (iv) $\hat{T}_n = \beta_n + \lambda \cdot \hat{Y}_n$
- (v) $\hat{T}_s = \beta_s + \lambda \cdot \hat{Y}_s + a \cdot G \cdot e^{-G/\delta}$
- (vi) $\dot{G} = \hat{T}_n - \hat{T}_s = (\beta_n - \beta_s + 2\varepsilon\eta\lambda G - \alpha Ge^{-G/\delta}) / (1 - \alpha\lambda)$
- (vii) $\hat{Y}_n - \hat{Y}_s = D = [\alpha(\beta_n - \beta_s) + 2\varepsilon\eta G - \alpha\alpha Ge^{-G/\delta}] / (1 - \alpha\lambda)$

Onde:

\hat{Y}_i = taxa de crescimento no país i (s : Sul; n : Norte);

\hat{T}_i = taxa de aumento dos conhecimentos tecnológicos no país i ;

\hat{X}_i = taxa de crescimento das exportações no país i ;

$G = \log (T_n/T_s)$ = hiato tecnológico;

\hat{Z} = taxa de crescimento da renda da economia internacional;

β_i = taxa de inovação autônoma no país i ;

δ = capacidade endógena de aprendizado tecnológico;

\dot{G} = taxa de incremento do hiato tecnológico no tempo; e

D = diferença nas taxas de crescimento econômico do Norte e do Sul.

A equação (i) expressa a taxa de crescimento do produto como uma função da taxa de mudança técnica e da taxa de aumento das exportações. A economia mundial é uma economia de dois países, Norte e Sul. A taxa de aumento das exporta-

ções de cada país é uma função de seu nível tecnológico relativo, que define sua competitividade internacional (equações ii e iii).

Por sua vez, a taxa de mudança técnica no Norte (equação iv) depende de sua taxa de inovação autônoma (β_n) e da taxa de aprendizado induzida pelo aumento da produção (λ, U_n), a qual reflete o processo de *learning by doing*.

A taxa de mudança técnica no Sul é o aspecto chave do modelo de Verspagen (equação v). As funções de progresso técnico autônomo e induzido em nada diferem do caso do Norte e são dadas por β_s e $\lambda.U_s$, respectivamente. A especificidade do Sul radica na possibilidade de se beneficiar da difusão internacional de tecnologia (*spill over*), seja através da imitação por parte de firmas locais, seja através do investimento direto estrangeiro. O potencial de difusão internacional de tecnologia está dado pelo hiato tecnológico entre o Norte e o Sul, definido como $G = \log(T_n/T_s)$. Todavia, ao contrário de outros modelos de hiato tecnológico (como em Fagerberg, 1988), Verspagen supõe que a difusão internacional efetiva de tecnologia seja uma função não linear do hiato, definida como³:

$$a.G.e^{-G/\delta}$$

Essa função sugere que a difusão de tecnologia aumenta com o hiato até certo ponto (dado pelo seu valor máximo $G = \delta$ e posteriormente diminui, tendendo assintoticamente a zero, conforme mostrado pelas curvas R1, R2 e R3 (figura 1). Este tipo de função ilustra adequadamente o fato de que a capacidade de imitação do Sul tende a diminuir quando a distância tecnológica com relação ao Norte se torna muito elevada, superando um certo valor crítico. O parâmetro δ , denominado “capacidade intrínseca de aprendizado” é, portanto, fundamental no comportamento do modelo, já que determina a intensidade da difusão efetiva de tecnologia em nível internacional para um dado valor do hiato.

A equação (vi) descreve a dinâmica do hiato tecnológico no tempo. Se a difusão internacional de tecnologia adota a forma representada pela curva R_3 enquanto os processos cumulativos de aumento do nível tecnológico no Norte se representam pela reta L, G aumentará sempre (ver figura 1). Se, pelo contrário, a difusão efetiva de tecnologia é dada por R_1 existirá convergência tecnológica para um certo conjunto de valores do hiato⁴, definido entre o ponto de equilíbrio estável (G_E) e o ponto de equilíbrio instável (G_A). R_2 representa a situação limite, para a qual existe um único equilíbrio dado pelo ponto de tangência entre R_2 e L.

³ Um teste de Cox (*non nested test*) comparando as duas formas funcionais (isto é, a difusão linear epidêmica tradicionalmente suposta em estudos de difusão de tecnologia e a função não-linear sugerida por Verspagen) oferece evidência empírica favorável à função não-linear em um estudo *cross-section* abarcando 93 países (Verspagen, 1993: cap. 6).

⁴ Deve-se observar que o ponto E representa um equilíbrio estável, enquanto o ponto A representa um equilíbrio instável para a taxa de crescimento do hiato tecnológico, dG/dt . Assim, o valor inicial do hiato afetará a dinâmica do crescimento do hiato, introduzindo um fator de histerese no modelo, podendo gerar um processo tanto de convergência (se $G < G_A$) quanto de divergência tecnológica (se $G > G_A$).

Claramente, R se desloca para cima e à direita, à medida que δ aumenta. O valor de δ que gera a curva R_2 é um ponto de bifurcação a partir do qual emergem posições de equilíbrio (estável e instável) para o hiato tecnológico.

A equação (vi) descreve a dinâmica do diferencial de taxas de crescimento entre o Norte e o Sul. Pode-se observar que, por um lado, G tem um efeito positivo (representado pela reta L^*) no diferencial de crescimento, na medida que implica uma maior competitividade do Norte. Este efeito é ponderado pelo impacto do hiato tecnológico sobre a taxa de crescimento proporcional das exportações (η) e pela elasticidade do crescimento econômico em relação ao aumento das exportações (\mathcal{E}). Por outro lado, até certo ponto, um hiato G mais elevado implica maior difusão de tecnologia para o Sul. O efeito líquido de G sobre o diferencial nas taxas de crescimento (dD/dt) estará dado pela diferença $2\eta G - a\alpha Ge^{-G/\delta}$. Este efeito, em conjunto com o efeito do hiato sobre a convergência/divergência tecnológica, está resumido na figura 2, na qual o comportamento das curvas Ll^* , L e R permite ilustrar as seguintes conclusões:

- (i) para $G > G_A$ tanto D como G aumentam permanentemente.
- (ii) para $G_B < G < G_A$ existirá divergência nas taxas de crescimento, com convergência tecnológica.
- (iii) para $G_C < G < G$ existirá simultaneamente convergência tecnológica e dos níveis de renda.
- (iv) para $G_F < G < G_C$ novamente D aumenta enquanto G diminui.

No caso (i), G é tão elevado que a difusão internacional de tecnologia será débil. Neste caso, D aumenta, tanto pelos efeitos da competitividade sobre o crescimento como pela maior intensidade do progresso técnico no Norte.

No caso (ii), a diminuição do hiato no tempo ainda não compensa o efeito do nível do diferencial tecnológico sobre a competitividade, as exportações e o crescimento. O hiato tecnológico se reduz, mas os países continuam a divergir em termos de crescimento.

No caso (iii), reduzem-se simultaneamente os hiatos tecnológico e de crescimento. O efeito da difusão internacional de tecnologia supera o efeito da diferença nos níveis absolutos de competitividade, dando lugar a um processo de convergência (*catching-up*), associado a maiores taxas de crescimento no Sul.

No caso (iv), tem-se uma situação similar ao caso (i). A difusão internacional de tecnologia não é suficientemente intensa para compensar a diferença em níveis do hiato sobre a competitividade. Coexistem, assim, convergência tecnológica e divergência no crescimento.

Se fosse suposto o pleno emprego permanente no Norte e no Sul, as taxas de crescimento seriam função apenas do crescimento da produtividade e este seria governado pelo progresso técnico (autônomo e induzido). Assim, o pleno emprego representaria o caso particular, onde $E = O$. Neste caso, D dependeria somente da relação entre as taxas de inovação autônoma no Norte e no Sul ($\beta_n - \beta_s$) e da taxa de difusão internacional efetiva de tecnologia ($\alpha Ge^{-G/\delta}$), dado que mudanças na

demanda efetiva – determinadas pelas exportações – não afetam as taxas de crescimento econômico.

A partir do exposto, pode-se concluir que o modelo de Verspagen é capaz de explicar alguns dos fatos estilizados mencionados no começo do presente texto, vale lembrar: (i) a existência de diversidade nas capacidades tecnológicas e nas taxas de crescimento em nível internacional; (ii) a possibilidade de que a convergência e/ou divergência (em termos tecnológicos e de crescimento) possam acontecer simultaneamente, entre grupos de países, ou ao longo do tempo, para um mesmo grupo de países; (iii) a definição de uma função não-linear para a difusão internacional de tecnologia permite levar em conta o fato de que a imitação se torna mais difícil quando o hiato tecnológico é elevado.

Todavia, por não incorporar explicitamente os processos de decisão e interação dos agentes, este modelo tem uma “caixa preta” que o torna insuficiente do ponto de vista evolucionista. Este problema é superado por uma outra geração de modelos, baseada na simulação de mundos artificiais.

Figura 1: A dinâmica dos hiatos tecnológicos

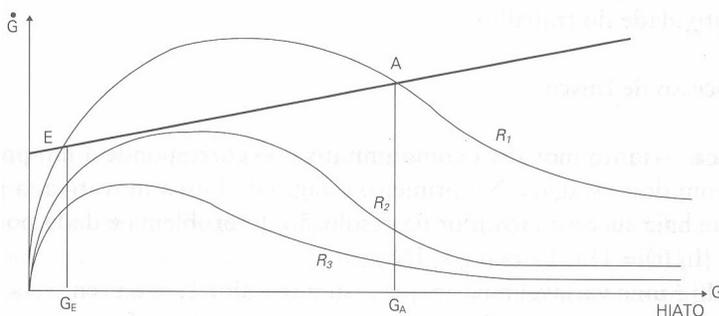
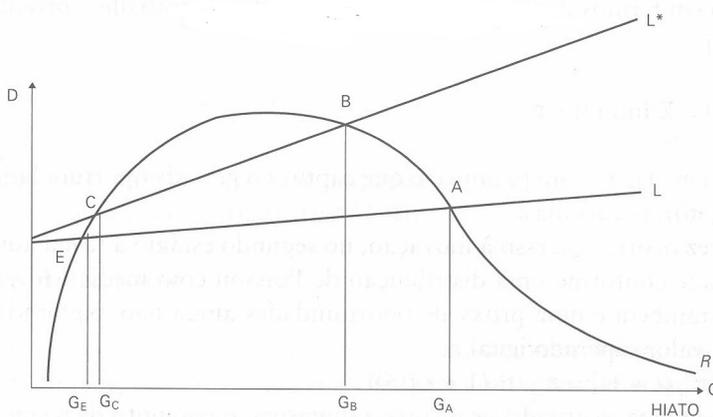


Figura 2: A dinâmica dos hiatos e do crescimento



Fonte: Verspagen (1993). p. 133 e 137

5. UM MODELO DE CRESCIMENTO COM MICROFUNDAMENTOS EVOLUCIONISTAS PARA SIMULAÇÃO

Este item revisa, introduzindo algumas modificações, um modelo de crescimento com endogeneidade da mudança técnica, em economias comercialmente abertas, contido em Dosi et al. (1994).

No modelo que se segue, a economia mundial é constituída por L países, M setores de atividade para cada país e N firmas por setor. Supõe-se que toda firma (indexada por i) vende sua produção de bens homogêneos em todos os mercados nacionais (indexados por k). Contudo, produz em apenas um país (indexado por j) e opera em apenas um setor de atividade (indexado por h). Cada firma i do país j realiza atividades diferenciadas de produção e de busca (inovativa e/ou imitativa). A probabilidade de sucesso na busca depende dos gastos dedicados a P&D e de um componente aleatório que captura a incerteza intrínseca ao processo de busca. Supõe-se o trabalho homogêneo – de oferta ilimitada – como o único insumo nas atividades de busca e produção. Cada firma i , em cada momento do tempo, apresenta coeficientes fixos de produção $l_{htii}(t)$, nos quais o denominador corresponde à produtividade do trabalho.

O Processo de Busca

A busca – tanto inovativa como imitativa – corresponde a um processo estocástico com dois estágios. No primeiro estágio da busca inovativa, a probabilidade de que haja sucesso inovador na resolução do problema é dada por:

$$(1) \Pr \{I_{ij}(t) = 1\} = 1 - \exp \{-a_1 IN_{ij}(t)\}$$

Onde I_{ij} é uma variável binária que assume o valor 1, se o evento sucesso ocorrer, ou zero, caso contrário. $IN_{ij}(t)$, por sua vez, é o investimento acumulado pela firma i do país j dentro da(s) trajetória(s) tecnológica(s) vigente(s), investimento mensurado em termos de um somatório de unidades de trabalho correntes e defasadas (\ln_{ij}):

$$IN_{ij}(t) = \sum_{\tau=0}^2 \ln_{ij}(t - \tau)$$

Ainda em (1), a_1 é um parâmetro que captura o grau de oportunidade tecnológica de trajetórias cursadas.

Uma vez ocorra o acesso à inovação, no segundo estágio a firma aumenta sua produtividade conforme uma distribuição de Poisson com média λ (o valor desse parâmetro também é uma proxy de oportunidades ainda não exploradas) e, portanto, com valor esperado igual a:

$$(2) E [\pi_{ij}^l(t + 1)] = \pi_{ij}^l(t) (1 + \lambda 100)$$

No que tange às atividades de busca imitativa, o conjunto de técnicas de imitação possível é definido como:

$$\Pi(t) = \bigcup_{j=1}^m$$

No entanto, para evitar a possibilidade de imitar técnicas inferiores, assim como a auto-imitação, supõe-se que a diferença ou a distância entre a técnica já sob o domínio da firma i e cada uma das técnicas pertencentes a $\Pi(t)$ é:

$$d[\pi_{ij}(t); \pi(t)] = \max\{0; \pi - \pi_{ij}\} \text{ se } \pi \in \Pi_j \\ = \xi \max\{0; \pi - \pi_{ij}\} \text{ se } \pi \notin \Pi_j$$

O parâmetro $\xi (> 1)$ incorpora a possibilidade de ser mais difícil a de ser mais difícil a imitação das técnicas pertencentes a firmas de outros países, devido a diferenças linguísticas, culturais, geográficas etc.

Com efeito, o conjunto de técnicas viáveis economicamente e que é objeto de busca imitativa pela firma i é:

$$\Pi M_{ij}(t) = \{\forall \pi \in \Pi: d[\pi_{ij}(t); \pi(t)] > 0\}$$

Como na busca inovativa, o sucesso na busca imitativa é uma variável aleatória cuja probabilidade é:

$$(3) \Pr \{M_{ij}(t) = 1\} = 1 - \exp\{-a_{2j} \cdot IM_{ij}(t)\}$$

Onde M_{ij} é agora a variável binária que assume o valor 1 no caso do evento sucesso, enquanto $IM_{ij}(t)$ é o investimento acumulado, conforme medido pelo número de trabalhadores envolvidos na busca imitativa (Im_{ij}), no presente e no passado próximo:

$$IM_{ij}(t) = \sum_{\tau=0}^2 Im_{ij}(t - \tau)$$

a_{2j} é um parâmetro que capta inversamente o grau de apropriabilidade privada da tecnologia.

Se o sucesso imitativo ocorre, no segundo estágio a probabilidade de que a técnica obtida por imitação seja uma certa técnica pertencente a $\Pi M_{ij}(t)$ é inversamente proporcional à distância entre esta técnica e aquela anteriormente já dominada pela firma i , de modo que:

$$(4) \Pr \{\pi_{ij}^M(t) = \pi\} = \frac{[d(\pi, \pi_{ij})]^{-1}}{\sum_{\pi \in \Pi M_{ij}(t)} [d(\pi, \pi_{ij})]^{-1}}$$

A técnica efetivamente aplicada na produção se torna:

$$(5) \pi_{ij}(t + 1) = \max\{\pi_{ij}(t); \pi I_{ij}(t); \pi M_{ij}(t)\}.$$

Regras de Decisão

As divergências com os microfundamentos tradicionais dos modelos de crescimento com mudança técnica endógena emergem com maior intensidade na ca-

racterização das regras de comportamento das firmas. Em lugar de um exercício de otimização intertemporal condicionada, realizado por firmas representativas sob condições de *perfect foresight* ou expectativas racionais, tem-se aqui a adesão a rotinas, ou seja, a regras fixas e independentes dos eventos em primeira instância, regras não revisadas automaticamente em cada período e estabelecidas de modo específico às firmas. Tal inércia comportamental ou estratégica, dentro de certos limites, é uma resposta racional diante de condições de incerteza e/ou complexidade de ambientes não-estacionários, visto que nestas condições as decisões são altamente imperfeitas.

Segue-se a diversidade comportamental também como propriedade do modelo. Rotinas específicas às firmas, já citadas como característica presente na atividade técnica de busca tecnológica, são tomadas aqui como norma geral de comportamento decisório.

A primeira regra no modelo determina a quantidade de investimento em busca, como uma proporção específica à firma de seu faturamento do período anterior:

$$(6) P\&D_{ij}(t) = a_{3ij} Y_{ij}(t-1).$$

Tal orçamento de P&D corresponde a um número de unidades de trabalho empregadas na busca, o qual é definido por:

$$(7) I_{ij}(t) = P\&D_{ij}(t)/w_j(t)$$

Onde $w_j(t)$ é a taxa básica de salários vigente no país j no momento t .

Outra regra, capturando a diversidade na propensão a inovar ou a imitar das firmas, divide a atividade de busca entre inovação, ln_{ij} , e imitação, Im_{ij} :

$$(8) ln_{ij} = (1 - \mu_{ij}) I_{ij},$$

$$(9) Im_{ij} = \mu_{ij} I_{ij}.$$

No que se refere à formação de preços, por sua vez, as firmas adotam um processo de dois estágios.

No primeiro, o preço desejado, p^{dk}_{ij} , é calculado por uma regra de *mark-up* (m_{ij}) não revisada a cada período:

$$(10) p^{dk}_{ij}(t) = [\hat{w}_j(t)/\pi_{ij}(t) (1 + m_{ij})] / \rho_j(t)$$

Onde $p(t)$ é a taxa de câmbio do país j e k (l, \dots, L) é o mercado nacional particular onde a firma vende sua produção (se $k=j$, tem-se $p_j(t) = 1$).

No segundo estágio, a variação proporcional do preço efetivamente praticado em cada mercado nacional (k) é calculada como:

$$(11) \hat{p}^k_{ij}(t) = a_{4ij} [\log p^{dk}_{ij}(t) - \log p^{dk}_{ij}(t-1)] + a_{5ij} [\log f^{dk}_{ij}(t-1) - \log f^k_{ij}(t-1)] + a_{6ij} [\log f^k_{ij}(t-1) - \log f^k_{ij}(t-2)]$$

Onde $f^{dk}_{ij}(t-1)$ é a participação relativa no mercado nacional k da firma i que produz no país j , no momento $t-1$. Sua possível divergência com respeito a $f^k_{ij}(t-1)$ ocorre quando a firma i se encontrar em uma situação de restrição de crédito, con-

forme descrito pela equação (14). Ainda na equação (11), a_{4ij} , a_{3ij} e a_{6ij} são os parâmetros de ajustamento restritos a um intervalo [0, 1].

O critério de seleção é endógeno – resultado coletivo da dinâmica da competitividade de cada firma – conforme revela a equação (18). Resulta daí que, no ambiente evolucionista, as habilidades individuais de prever a tecnologia e o comportamento de outras firmas são altamente imperfeitas. Isto implica sempre existir a possibilidade de cada firma i ter suas expectativas frustradas e de se defrontar com a falta de correspondência entre seus planos *ex ante* e suas realizações *ex post*. Em função disso, os agentes devem possuir alguma regra de ajustamento, ainda que altamente imperfeita, em suas variáveis de controle. A equação (11) representa justamente a regra de ajustamento (imperfeito), mediante o qual cada firma i tenta encontrar algum balanço entre os preços (*mark-up*) desejados, sua situação de racionamento de crédito e sua competitividade relativa no mercado (competitividade conforme revelada pela dinâmica de parcelas de mercado).

Com efeito, o preço efetivamente praticado em cada mercado nacional (k) se torna:

$$(12) p_{ij}^k(t) = p_{ij}^k(t-1) [1 + \hat{p}_{ij}^k(t)]$$

Das equações (10), (11) e (12), verifica-se que os preços e as taxas de câmbio de cada país j determinam a competitividade absoluta de cada firma em cada mercado nacional (k):

$$(13) E_{ij}^k(t) = [1/p_{ij}^k(t)] \rho_j(t)$$

Por último, a decisão de produção (quantidades) pela firma i , no momento t , tem como regra seguir os pedidos de compra recebidos no início de cada período.⁵

Dados o orçamento corrente em P&D, os custos de produção corrente e o faturamento do período anterior (o volume de liquidez no início do período), as firmas depositam ou tomam empréstimos num sistema monetário que opera a taxas de juros nulas.⁶ Um teto específico a firma para sua alavancagem mediante recursos de terceiros é dado por:

$$(14) Y_{ij}(t)_{\max} \leq (1 + a_{7ij}) (Y_{ij}(t-1) + \sum_{\tau=0}^t C_{ij}(\tau))$$

⁵ Tal regra decisória será incorporada no modelo a partir da equação (17).

⁶ Poderíamos, alternativamente, tomar uma taxa de juros positiva, determinada fora do modelo, em um sistema monetário-creditício completamente acomodaticio. O rendimento das firmas seria então determinado em termos líquidos quanto ao custo do crédito, com este, por sua vez, estabelecido pelos bancos centrais, conforme os modelos pós-keynesianos de oferta monetária radicalmente endógena. Este é um exemplo, entre vários, das possibilidades de retroalimentação positiva entre as agendas de pesquisa evolucionista e pós-keynesiana. No tocante aos mercados de ativos financeiros, nem os modelos neo-clássicos de crescimento – que deles se livram mediante as suposições de eficiência e de ausência de bolhas especulativas (Grossman & Helpman, 1991) –, nem os modelos evolucionistas, fornecem base para a abordagem de seu papel no crescimento econômico.

Onde:

a_{7ij} é um parâmetro de alavancagem específico à firma, $\sum_{\tau=0}^{\infty} C_{ij}(\tau)$ é o saldo líquido de depósitos e saques (inclusive empréstimos) realizados em períodos anteriores; e $Y_{ij}(t)_{\max}$ é o volume máximo possível de liquidez à disposição da firma.

A equação (14) mostra que as firmas individualmente enfrentam tetos de racionamento de crédito, ao mesmo tempo em que, em termos agregados, a oferta de moeda é ilimitada a taxas de juros nulas (ou constantes), ou seja: há endogeneidade do estoque de moeda.

Dinâmica de Mercado

Da suposição de que os trabalhadores consomem em (t) todos os salários que receberam em (t-1), a preços e taxas de câmbio correntes, tem-se a demanda agregada do país j como o somatório das folhas de salários correspondentes ao emprego na busca e na produção de suas firmas:

$$(15) D^j(t) = \sum w^j(t) N_{ij}(t)$$

Onde N_{ij} é o volume total de emprego na firma i que produz no país j.

Supondo-se para cada país uma função demanda com parcelas monetárias rígidas para os M setores, segue-se:

$$(16) D^{kh} = a_{skh} \cdot D^k$$

Onde a_{skh} é a participação percentual do setor h (1,...,M) na demanda do mercado nacional (k). Tem-se $0 < a_{skh} < 1$ e, caso seja simétrica a distribuição setorial da demanda, $a_{kh} = 1/M$. Por sua vez, D^k é a demanda do mercado nacional k (1, ... ,L). A demanda setorial definida ao final de cada período, cuja distribuição entre firmas domésticas e estrangeiras em cada setor se faz com base nas condições de competitividade relativa então vigentes, será exercida mediante pedidos de compra de bens de consumo no início do período posterior. Como são tais pedidos de compra que, conforme já posto, comandam as decisões de produção, o volume de produção desejado é calculado como:

$$(17) Y_{ij}^k(t) = \sum_k f_{ij}^k(t) D^{kh}(t-1) \rho_j(t)$$

Na medida em que cada firma i vende sua produção em todos os mercados nacionais, porém em apenas um setor de atividade, a demanda da firma i que produz no país j é a soma da demanda de todos os mercados nacionais (k) no setor de atividade h onde opera.

A dinâmica da parcela de mercado da firma i em cada mercado setorial, por sua vez, é função da competitividade relativa:

$$(18) \hat{f}_{ij}^k(t, t+1) = a_{9k} [E_{ij}^k(t) / \bar{E}_{ij}^k(t) - 1] f_{ij}^k(t)$$

Onde a_{9k} define a “seletividade” do mercado, isto é, a velocidade com a qual melhoras (piores) de competitividade são “premiadas” ou “castigadas”. Ainda em (18), tem-se:

$$\overline{E^k}_{ij}(t) = \sum f^k_{ij}(t) E^k_{ij}(t)$$

As firmas são substituídas por novas entrantes com uma produtividade inicial igual à produtividade média no setor e no país onde o nascimento ocorre – adicionando-se um ruído branco – se suas parcelas de mercado caem abaixo de um certo nível crítico:

$$\left(\sum_k f^k_{ij} < f_{\min.} \right)$$

Por último, o produto real dividido pela produtividade do trabalho da firma define a demanda por trabalhadores a serem empregados na produção pela firma:

$$(19) N^p_{ij}(t) = [1/\pi_{ij}(t)] \sum Y^k_{ij}(t)/p^k_{ij}(t)$$

Dinâmica Macroeconômica

No âmbito macroeconômico, enquanto a demanda agregada do país j em t é dada pela equação (15), a renda nacional em preços constantes é dada por:

$$(20) Y^r_j(t) = \sum_i (Y_{ij}(t)/p_{ij}(t))$$

Já o emprego total no país j é dado por:

$$(21) N_j(t) = \sum_i [N^p_{ij}(t) + I_{ij}(t)].$$

As exportações são, por definição, iguais à soma das vendas de firmas i pertencentes ao país j , em todos os outros mercados k diferentes de seu próprio. Resultam daí:

$$(22) EXP_j(t) = \sum_{k \neq j} \sum_i [f^k_{ij}(t) D^{kh}(t)] \rho_j(t)$$

Onde $k = 1, \dots, L-1$; assim como $i = 1, \dots, M \times N$.

Por sua vez, as importações do país j são, por definição, iguais à demanda doméstica total menos as vendas domésticas das firmas que produzem no país j , ou seja:

$$(23) IMP_j(t) = D_j(t) - \sum_{k=j} \sum_i f^k_{ij}(t) D^{kh}(t)$$

As taxas de câmbio variam como função de saldos comerciais correntes e acumulados no passado, isto é:

$$(24) \hat{\rho}_j(t, t+1) = a_{10j} S_j(t) \exp \left\{ a_{11j} \left| \sum_{\tau=0}^t S_j(\tau) \right| \right\}$$

Onde $S_j(t) = B_j / Y_j$, sendo $B_j = EXP_j(t) - IMP_j(t)$.

Ainda em (24), a_{10j} é um parâmetro que assume valores negativos, enquanto a_{11j} é um parâmetro que assume valores positivos.

Por último, a taxa de crescimento proporcional de salários do país j é função crescente da dinâmica da produtividade média do trabalho, do nível geral de preços e do nível de emprego total:

$$(25) \hat{w}_j(t, t+1) = a_{12j} \cdot \hat{\pi}_j^M(t-1, t) + a_{13j} \cdot \hat{P}_j(t-1, t) + a_{14j} \cdot \hat{N}_j(t-1, t),$$

onde os parâmetros de ajustamento, mais uma vez, se restringem ao intervalo $[0,1]$.

O conjunto de equações (1) a (25) constitui um sistema dinâmico no qual, dadas as regras de comportamento dos agentes e as magnitudes iniciais de salários, bem como as parcelas de mercado das firmas e seus faturamentos no período $t-1$, os estoques de P&D acumulados e os níveis de produtividade em $t-1$, os níveis de emprego e correspondentes demandas em $t-1$ e, finalmente, os saldos comerciais também em $t-1$, define-se uma trajetória com endogeneidade destas variáveis e, como consequência, dos correspondentes agregados macroeconômicos. O aprendizado específico a firmas e a seleção pelos mercados constituem os mecanismos que lideram os resultados macroeconômicos endógenos. Independentemente do caráter estocástico do processo de busca, de um ponto de vista macroeconômico o modelo é capaz de gerar os diversos padrões de desenvolvimento entre os países: *catching up*, *falling behind* e *forging ahead*.

Evidentemente, o modelo nada reducionista composto pelas equações (1) a (25) não é, ao mesmo tempo, manejável para exercícios de predição analítica, inclusive porque seus resultados dependem fortemente das condições iniciais supostas. O *tradeoff* entre o não-reducionismo e a possibilidade de manipulação é, no caso, tentativamente enfrentado mediante o recurso a exercícios de simulação, com base em dados empíricos como ponto de partida – como, por exemplo, realizado por Dosi et al. (1994).

Neste sentido, a família de modelos representada no item 4 tem a vantagem de ser mais manipulável para fins analíticos, sem estar incompatível com os microfundamentos evolucionistas. Poderíamos entender os modelos dos itens 4 e 5 da seguinte maneira: os últimos mostram, mediante simulação, a propriedade dos microfundamentos evolucionistas, dada sua capacidade de gerar, sob condições razoáveis, os fatos estilizados; já os primeiros permitem, por sua vez, dentro de supostos simplificadores, extrair implicações preditivas sem, entretanto, abstraírem-se aspectos essenciais do crescimento, como acabam fazendo as novas teorias neoclássicas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, buscamos mostrar como os modelos evolucionistas constituem uma abordagem viável e promissora enquanto alternativa em relação às novas teorias do crescimento endógeno, para descrever e explicar os aspectos essenciais do fenômeno do crescimento econômico. Argumentamos isso principalmente a partir dos seguintes pontos:

- (i) Na abordagem evolucionista, os microfundamentos da coordenação e da

mudança econômica não reduzem fenômenos econômicos complexos (micro e macro) a simples regularidades, o tempo irreversível a um tempo reversível, a dinâmica ao simples equilíbrio, a instabilidade à estabilidade, a mudança estrutural à invariância estrutural etc..

(ii) Ao mesmo tempo seus resultados analíticos e de simulação mostram-se capazes de gerar toda a gama de fatos estilizados observados no sistema econômico real (*catching up, falling behind, forging ahead* e instabilidade e bifurcação de trajetórias de crescimento ao longo do tempo).

O esforço científico de busca de ampliação do conhecimento pelos teóricos do crescimento endógeno se concentra em estilizar formalmente certos atributos desse crescimento, assumindo os procedimentos que se fizerem necessários. Os modelos evolucionistas, em contraste, correspondem a apenas um momento de um programa de pesquisa que também incorpora uma busca indutiva a partir de estudos empíricos particulares.

Não por acaso, o grau de indeterminação – ou múltipla determinação – nos resultados evolucionistas é a contra face de sua maior permeabilidade em relação à diversidade das experiências concretas. Em vez de buscar circunscrever em nível abstrato o caráter múltiplo desses resultados, os evolucionistas lidam com a diversidade factual a partir de taxonomias – necessariamente parciais e provisórias, conforme o tempo histórico e os objetos específicos de análise para os quais estas taxonomias são elaboradas.⁷ O esforço modelístico pode então ser orientado e experimentado em tais direções.

A maior diversidade de cenários aceitas corno possíveis, no caso evolucionista, também está associada a sua “visão” (no sentido aplicado por Schumpeter) de que existe um maior grau de liberdade para políticas de intervenção sobre o funcionamento dos mercados, ao menos em comparação com o que em geral concluem normativamente muitos entre os modelos neoclássicos de crescimento endógeno (Arcangeli & Canuto, 1996).

Em Silverberg & Soete (1994c), pode-se encontrar comentários de Paul Romer sobre a modelagem evolucionista, nos quais este afirma esperar que, por não ser a economia urna ciência experimental, haja grande proficuidade na experimentação de abordagens distintas na busca da compreensão dos fenômenos associados ao crescimento e ao desenvolvimento econômicos. Esta diversidade incluiria tanto as estratégias de mudança incremental como as de mudança radical, em relação aos microfundamentos neoclássicos tradicionais. Esperamos que o presente artigo tenha cumprido o papel de despertar atenção para a concretude dessa segunda possibilidade mencionada por aquele autor.

⁷ Têm sido duas as linhas privilegiadas de organização taxonomica das diversidades: setores/tecnologias (Pavitt, 1984) e características organizacionais e institucionais (Dosi & Malerba, 1996)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGHION, P. & HOWITT, P. (1993) "A model of growth through creative destruction". In: FORAY, D. & FREEMAN, C. (orgs.), *Technology and the wealth of nations: the dynamics of instructed advantage*. Londres: Pinter.
- ARCANGELI, F. & CANUTO, O. (1996) "Foundations of new growth models: technology and the schumpeterian heritage", *Anais do XXIV Encontro Nacional de Economia da ANPEC: Águas de Lindóia*, dezembro.
- BARRO, R. J. & SALA I MARTIN, X. (1995) *Economic Growth*, McGraw Hill.
- CANUTO, O. (1995). "Competition and endogenous technological change: an evolutionary model", *Revista Brasileira de Economia*, vol. 49, n. 1, pp. 21-34.
- CANUTO, O. (1998) "Padrões de especialização, hiatos tecnológicos e crescimento com restrição de divisas", *Revista de Economia Política*, vol. 18, n. 3, jul-set.
- CHIAROMONTI, E & DOSI, G. (1992) "The microfoundation of competitiveness and their macroeconomic implications". In: FREEMAN, C. & FORAY, D., *Technology and the wealth of nations*. Londres: Pinter.
- CHICK, V. (1992) *On money, method and Keynes: selected issues*. Londres: Macmillan.
- CIMOLI, M. (1988) "Technological gaps and institutional asymmetries in a North-South model with a continuum of goods", *Metroeconomica*, vol. 39, pp. 245-74.
- CIMOLI, M. (1994) "Lock-in and specialization (dis)advantages in a structuralist growth model". In: FAGERBERG, J., VERSPAGEN, B. & TUNZELMANN N. V. (orgs.) *The dynamics of technology, trade and growth*. Aldershot: Edward Elgar.
- CIMOLI, M., DOSI, G. & SOETE, L. (1986) Innovation diffusion, institutional differences and patterns of trade: a north-south model, Brighton, SPRU, University of Sussex, trabalho apresentado na Conference on Innovation Diffusion, Veneza, 17-21, março, mimeo.
- CIMOLI, M. & SOETE, L. (1992) "A generalized technological gap model", *Économie Appliquée*, vol. 45, n. 3, pp. 33-54.
- CORICELLI, F. & DOSI, G. (1988) "Coordination and order in economic change and the interpretative power of economic theory". In: DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G. & SOETTE, L. (orgs.) *Technical change and economic theory*. Londres: Pinter.
- CORICELLI, E et al. (1991) "Microeconomic dynamics macro-regularities: an 'evolutionary' approach to technological and institutional change". In *OECD – Technology and productivity: the challenge for economic policy*. Paris, pp.545-63.
- DOSI, G. (1991a) "Una reconsideración de las condiciones y los modelos del desarrollo: una perspectiva 'evolucionista' de la innovación, el comercio y el crecimiento", *Pensamiento Iberoamericano*, n. 20, pp. 167-91.
- DOSI, G. (1991b) "Some thoughts on the promises, challenges and dangers of an 'evolutionary perspective' in economics", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 1, pp. 5-7.
- DOSI, G., PAVITT, K. & SOETE, L. (1990) *The economics of technical change and international trade*. Brighton: Harvester Wheatsheaf.
- DOSI, G. & EGIDI, M. (1991) "Substantive and procedural uncertainty: an exploration of economic behaviors in changing environments", *Journal of Evolutionary Economics*, Abril.
- DOSI, G. & NELSON, R.R. (1994) "An introduction to evolutionary theories in economics", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 4, pp. 153-72.
- DOSI, G., FREEMAN, C. & FABIANI, S. (1994) "The process of economic development: introducing some stylized faces and theories on technologies, firms and institutions", *Industrial and Corporate Change*, vol. 3, n. 1, pp. 1-45.
- DOSI, G. & MALERBA, F. (orgs.) (1996) *Organization and strategy in the evolution of the enterprise*. Londres: Macmillan.
- ENGLMANN, F. C. (1994) "A schumpeterian model of endogenous innovation and growth", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 4, pp. 227-41.

- FAGERBERG, J. (1988) "Why growth rates differ". IN: DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R. & SOETE, L. (orgs.) *Technical change and economic theory*. Londres: Pinter.
- FAGERBERG, J. et al. (1994) "The economics of convergence and divergence: an overview". In: FAGERBERG, J., VERSPAGEN, B. & TUNZELMANN, V. (orgs.) *The dynamics of technology, trade and growth*. Aldershot: Edward Elgar.
- FERREIRA, P. C. & ELLERY JR., R. (1996) "Crescimento econômico, retornos crescentes e concorrência monopolista", *Revista de Economia Política*, vol. 16, n. 2, abr./jun, pp. 86-104.
- GOODWIN, R. M. (1967) "A growth cycle". In Feinstein, C. H. (org.) *Socialism, capitalism and growth*. Londres: Macmillan.
- GROSSMAN, G. M. & HELPMAN, E. (1991) *Innovation and growth in the global economy*. Cambridge, Mass.: MIT Press.
- GROSSMAN, G. M. & HELPMAN, E. (1994) "Endogenous innovation in the theory of growth", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, n. 1, pp. 23-44.
- HEINER, R. (1988) "Imperfect decisions and routinized production: implications for evolutionary modeling and inertial technical change". In: DOSI, G. et al. (orgs.), *Technical change and economic theory*. Londres: Pinter.
- JONES, C. I. (1995) "Time series tests of endogenous growth models", *Quarterly Journal of Economics*.
- LUCAS, R. (1988) "On the mechanics of economic development", *Journal of Monetary Economics*, vol. 22, pp. 3-42.
- MAGGI, G. (1993) "Technology gap and international trade", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 3, pp. 145-52.
- NELSON, R. (1995) "Recent evolutionary theorizing about economic change", *Journal of Economic Literature*, vol. XXXIII, pp. 48-90.
- NELSON, R. & WINTER, S. (1982) *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass.: The Belknap Press of Harvard University.
- PAVITT, K. (1984) "Sectoral patterns of technological change: towards a taxonomy and a theory", *Research Policy*, vol. 13, pp. 343-75.
- POSSAS, M.L. (1989) "Em direção a um paradigma microdinâmico: a abordagem neoschumpeteriana". In AMADEU, E. (org.) *Ensaios sobre economia política moderna: teoria e história do pensamento econômico*. São Paulo: Marco Zero, pp. 157-77.
- POSSAS, M.L. (1997) "A cheia do mainstream: comentários sobre os rumos da ciência econômica", *Revista de Economia Contemporânea*, n. 1.
- ROMER, P. (1986) "Increasing returns and long-run growth", *Journal of Political Economy*, vol. 94, n. 5, pp. 10 02-37.
- ROMER, P. (1990) "Endogenous technological change", *Journal of Political Economy*, vol. 98, n. 5, pp. 71-102.
- ROMER, P. (1994) "The origins of endogenous growth", *Journal of Economic Perspectives*, vol. 8, n. 1, pp. 3-22.
- SCHUMPETER, J. A (1943) *Capitalismo, socialismo e democracia*. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.
- SILVERBERG, G. et al. (1988) "Innovation, diversity and diffusion: a self-organization model", *Economic Journal*, vol. 98, pp. 1032-54.
- SILVERBERG, G. & LEHNERT, O. (1994) "Growth fluctuations in an evolutionary model of creative destruction". In: SILVERBERG, G. & SOETE, L. (orgs.), *The economics of growth and technical change: technologies, nations, agents*. Aldershot: Edward Elgar.
- SILVERBERG, G. & SOETE, L. (orgs.) (1994c) *The economics of growth and technical change: technologies, nations, agents*. Aldershot: Edward Elgar.
- SILVERBERG, G. & VERSPAGEN, N. B. (1994a) "Collective learning, innovation and growth in a boundedly rational, evolutionary world", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 4, pp. 207-26.
- SILVERBERG, G. & VERSPAGEN, N. B. (1994b) "Learning, innovation and economic growth: a long-run model of industrial dynamics", *Industrial and Corporate Change*.

- SILVERBERG, G. & VERSPAGEN, B. (1995) "An evolutionary model of long term cyclical variations of catching up and falling behind", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 5, pp. 209-27.
- SCHUETTE, H. (1994) "Vintage capital, market structure and productivity in an evolutionary model of industry growth", *Journal of Evolutionary Economics*, vol. 4, pp. 173-84.
- VERCELLI, A. (1991) *Methodological foundations of macroeconomics: Keynes and Lucas*. Cambridge: Cambridge University Press.
- VERCELLI, A. (1994) "Por uma macroeconomia não-reducionista: uma perspectiva de longo prazo", *Economia e Sociedade*, n. 3, dezembro, pp. 3-19.
- VERSPAGEN, B. (1993) *Uneven growth between interdependent economies: evolutionary view on technology gaps, trade and growth*. Aldershot: Avebury.
- WINTER, S. (1984) "Schumpeterian competition in alternative technological regimes", *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 5, pp. 287-320.

