

Um Modelo Evolucionário Setorial*

Mario L. Possas**

Arthur Koblitz***

Antonio Licha**

José Luís Oreiro***

Esther Dweck***

Sumário: 1. Introdução; 2. Pressupostos teóricos; 3. A estrutura do modelo; 4. As equações do modelo; 5. Alguns resultados de simulação; 6. Conclusão.

Palavras-chave: modelo evolucionário de simulação; dinâmica industrial.

Códigos JEL: O3 e L1.

Este artigo apresenta um modelo evolucionário setorial de simulação que combina microfundamentos neo-schumpeterianos e pós-keynesianos e expõe alguns resultados preliminares das primeiras simulações. Estes resultados apontam, quanto a distintas condições do *ambiente de mercado*: o efeito positivo da taxa de crescimento da produtividade na fronteira tecnológica sobre a concentração de mercado; o efeito ambíguo do aprendizado, capaz de produzir um *lock-in* de firmas inovadoras pioneiras em tecnologias que se tornam eventualmente obsoletas; o efeito “anti-seletivo” de taxas de juros muito elevadas, endividando e prejudicando o esforço de investimento e o sucesso competitivo das inovadoras em benefício das imitadoras. Quanto à simulação das *estratégias de preços*, constatou-se: a maior seletividade de estratégias em que as firmas inovadoras dão mais peso ao *mark-up* desejado, gerando maior concentração de mercado, efeito que é atenuado pelo crescimento da demanda e pelo aprendizado; a importância, para a sobrevivência de empresas menos inovadoras, do *feedback* do desempenho competitivo sobre o *mark-up* desejado e o efetivo, aumentando a adaptabilidade das empresas às condições de seleção do mercado.

*Este artigo recebido em out. 2000 e aprovado em abr. 2001, é parte de um projeto integrado de pesquisa apoiado pelo CNPq. Os autores registram as contribuições, em etapa anterior da pesquisa, do doutorando Paulo Fernando Cavalcante e do então graduando em economia do IE/UFRJ Felipe Campante, que desenvolveu sua monografia de graduação no âmbito da pesquisa (Campante, 1999).

**Professor do Instituto de Economia da Universidade Federal do Rio de Janeiro (IE/UFRJ).

***Doutorando do IE/UFRJ.

****Professor da FEF/IBMEC/RJ.

*****Mestranda do IE/UFRJ.

This paper presents a sectoral evolutionary simulation model combining neo-Schumpeterian and Post-Keynesian microfoundations, and exhibits some preliminary results. As to different *market environment* conditions, the simulations suggest: a positive effect of productivity growth of the technological frontier on market concentration; an ambiguous result of “learning by doing”, from which innovation leaders may be found “locked in” new technologies that eventually become obsolete; a “counter-selective” effect of very high interest rates which may increase innovators indebtedness to the extent of impairing their investment efforts and competitive success as compared to some imitators. As to different *price strategies*, major findings are: greater selectivity of strategies in which innovators put more emphasis on their own desired mark-up than on average market price, thus enhancing market concentration, an effect that can be restrained by higher market demand growth and “learning by doing”; the importance, for the survival of less innovative firms, of a feedback from competitive performance to desired and effective mark-ups (price strategies), which increases their adaptability to market selection conditions.

1. Introdução

O objetivo deste artigo é apresentar um modelo evolucionário setorial de simulação que combina microfundamentos neo-schumpeterianos e pós-keynesianos e expor alguns resultados das primeiras simulações realizadas.

A abordagem evolucionária neo-schumpeteriana tem como eixos teóricos (Nelson & Winter, 1982; Dosi, 1984): a *diversidade* comportamental entre os agentes, gerada endogenamente por um processo de *busca* de oportunidades de inovação; a *seleção* de empresas, estratégias e/ou tecnologias a partir de uma dinâmica baseada na competição e na mudança contínua, sem qualquer referência ao equilíbrio. Os conceitos mais importantes para defini-la são:

- a *busca*, por parte das empresas, de inovações (novos produtos e métodos de produção, novos mercados) que lhes permitam obter vantagens competitivas, caracterizando a noção de concorrência schumpeteriana (Dosi, 1988) – basicamente essa busca pode ser levada a cabo por meio de inovação em sentido estrito ou por imitação de produtos ou processos de concorrentes;
- a *seleção* destas inovações no ambiente econômico, devendo ser esclarecidos os mecanismos que dão substância à escolha ou exclusão de uma firma a longo prazo junto com suas escolhas estratégicas e a tecnologia utilizada; a concorrência opera como um processo de seleção por meio de três instrumentos fundamentais – a introdução de inovações por parte das firmas, a

eliminação de tecnologias que se revelem insuficientemente lucrativas e as mudanças nas proporções entre as quantidades produzidas utilizando cada uma das tecnologias sobreviventes.

Do *feedback* entre as decisões estratégicas dos agentes e o ambiente de mercado (ou envolvendo outras instituições) no qual interagem resulta uma *dinâmica industrial endógena*. A estrutura e performance industrial emergem endogenamente dessa interação, a partir dos padrões existentes de mudança tecnológica, que podem caracterizar uma *trajetória tecnológica* (Dosi, 1982 e 1984). Em especial, uma inovação bem-sucedida permite à firma obter vantagens de custos e/ou uma posição oligopolística que lhe assegure lucros e/ou *market share* mais elevados, originando assimetrias que se refletem em produtividade, custos, lucros e tamanho das firmas (Dosi, 1984 e 1988).

Em seus modelos, a literatura neo-schumpeteriana é rica no tratamento de trajetórias de longo prazo, em particular quanto às suas fontes de instabilidade e de regularidade relacionadas ao processo inovativo nas empresas/indústrias e às correspondentes trajetórias tecnológicas. Vários modelos foram desenvolvidos em que se geram trajetórias temporais com base em inovações selecionadas pelo mercado. Estes processos iterativos se caracterizam por mudanças frequentes nos parâmetros tecnológicos e expectativas dos agentes, sem produzir – em geral – convergência das trajetórias a um equilíbrio, menos ainda a um equilíbrio único. Ademais, essa indeterminação que resulta dos efeitos cumulativos, ao contrário do que pode ser sugerido por uma literatura de divulgação, *não necessariamente* implica auto-organização nos processos, caracterizada pelo aparecimento de regularidades e ordem.

Entretanto, apesar da imprevisibilidade dos resultados de longo prazo, podem-se obter trajetórias por *simulação* a partir de hipóteses *ad hoc* sobre condições iniciais e mudanças nos parâmetros, em lugar de soluções matemáticas e analíticas bem-definidas e generalizáveis. Este é um elemento central do programa de pesquisa evolucionário neo-schumpeteriano: a realização de exercícios de simulação, em computador, de processos econômicos evolucionários estilizados, de forma a estudar suas propriedades, uma vez que não há razão para se esperar, em princípio, que soluções analíticas possam dar conta de modelos de sistemas complexos como os preconizados por essa abordagem.

Nas últimas duas décadas desenvolveram-se vários modelos neo-schumpeterianos de tipo evolucionário para analisar a dinâmica setorial.¹ O trabalho pioneiro de modelagem foi desenvolvido por Nelson e Winter (1982), dando lugar a uma família de modelos buscando representar a dinâmica de uma indústria a partir de um processo de competição schumpeteriana. Seu elemento central é a mudança técnica e econômica resultante da busca inovativa, cujas linhas gerais são: os estados da firma (estoque de capital, produtividade etc.) e do ambiente (demanda etc.) determinam a competitividade (e lucratividade) da firma num dado período; as regras de busca e investimento determinam o estado da firma no próximo período. A mudança de estados é determinada recursivamente ao longo da simulação, de modo a compor uma trajetória dinâmica do processo. Este assume uma forma estocástica, caracterizada, em geral, por uma cadeia de Markov (Andersen, 1996). Uma versão mais elaborada foi desenvolvida, em seguida, por Winter (1984) e, posteriormente, por vários outros autores.

Outro modelo importante foi desenvolvido por Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988), a partir de um modelo de Silverberg (1987), que se concentrou primordialmente na difusão do progresso técnico, e não na sua geração. Do ponto de vista da determinação das variáveis produção, preços e lucro, ele relaciona o *market share* de cada firma à diferença entre sua competitividade e a competitividade média das firmas pertencentes à indústria. No tocante à busca tecnológica, constrói um modelo de safras no qual o progresso técnico é incorporado por meio da adição progressiva de bens de capital mais produtivos, enquanto os equipamentos mais antigos são sucateados seguindo uma regra de decisão baseada em um critério de *payback period*. Assim, o investimento possui duplo efeito: ele provoca mudanças tanto no estoque de capital quanto na técnica (que leva em conta, ainda, um componente de aprendizado).

As abordagens pioneiras de Nelson e Winter e de Silverberg et alii foram desenvolvidas e integradas analiticamente por diversos autores. A principal proposta de integração é a de Chiaromonte e Dosi (1993), que representam a economia por meio de dois setores verticalmente conectados: um produzindo bens de capital e comportando-se de forma semelhante à proposta por Nelson e Winter; outro que usa esses bens, assemelhando-se ao setor modelado por Silverberg et alii. Apesar de certos refinamentos impostos na modelagem

¹ Alguns deles resenhados em Dosi et alii (1988), Nelson (1994 e 1995) e Saviotti e Metcalfe (1991).

(especialmente implementados nos mecanismos de busca e de imitação), as características daqueles modelos não são integradas, mas mantidas estanques em cada um dos setores. O modelo aqui proposto, ao contrário, busca integrar na análise de um mesmo setor tanto o esforço inovativo em P&D (Nelson & Winter) quanto o *learning by doing* (Silverberg et alii), além de incorporar contribuições extraídas das tradições de Keynes e Kalecki para a dinâmica setorial.

A estrutura do artigo é a seguinte: a próxima seção discute os pressupostos teóricos adotados por este modelo, que propõe a incorporação de elementos keynesianos e kaleckianos ao enfoque evolucionário neo-schumpeteriano. Devido à complexidade do modelo, as seções 3 e 4 dividem entre si a apresentação do modelo, expondo, respectivamente, a estrutura do modelo e suas equações. A seção 5 discute os principais resultados dos primeiros exercícios de simulação com base no modelo. A seção 6 apresenta algumas conclusões.

2. Pressupostos Teóricos

Na tradição de Schumpeter (1934 e 1942), a análise setorial desenvolvida pela corrente neo-schumpeteriana não está baseada em pressupostos de equilíbrio (ainda que “dinâmico”), mas, de certo modo, ao contrário, em “desequilíbrios” intrínsecos à economia capitalista, por serem gerados pela busca incessante de oportunidades lucrativas privadas, dando lugar, eventualmente, a inovações, que por sua vez desencadeiam efeitos dinâmicos cumulativos de desajuste e de expansão. À diferença dos pressupostos adotados na teoria neoclássica, os modelos neo-schumpeterianos assumem o desequilíbrio como norma e adotam uma análise desagregada (setorial, industrial e tecnológica), centrada nas assimetrias competitivas e na diversidade técnica, econômica e estratégica, das quais emergem a dinâmica evolucionária e a mudança estrutural das economias capitalistas.

Conforme Possas (1993), a corrente neo-schumpeteriana (especialmente em sua vertente evolucionária) não esgota as referências relevantes, que podem ser encontradas em outra: a pós-keynesiana. O principal terreno comum dessas correntes é a rejeição de dois pressupostos teórico-metodológicos neoclássicos fundamentais: o princípio da *racionalidade substantiva* (maximizadora), mesmo quando sob informação incompleta, e o *equilíbrio* de agentes e mercados.

Em relação ao *processo de decisão racional* dos agentes, as duas correntes assumem como pressuposto (ou ao menos – entre os pós-keynesianos – pressupostos compatíveis com) a *racionalidade limitada* e *processual* desenvolvida por Simon (1983), permitindo conciliar a racionalidade instrumental (adequação de meios a fins) com a *incerteza em sentido forte* (Knight e Keynes), característica de ambientes onde existem lacunas incontornáveis de informação e complexidade, seja no sentido cognitivo, seja no computacional. Nesse contexto, a racionalidade implica soluções subótimas do tipo *satisficing* que levam a estratégias caracterizadas pela adoção de rotinas e convenções (Heiner, 1983; Nelson & Winter, 1982).

Essas correntes apresentam contribuições relevantes a este tema, embora ainda não muito sistemáticas. Os pós-keynesianos propõem explicitamente – no que são acompanhados por autores neo-schumpeterianos e afins – que o ambiente econômico no qual são tomadas as decisões é *não-ergódico* e *não-estacionário* (Davidson, 1982; Vercelli, 1991, caps. 5 e 9), dando lugar a estratégias defensivas e gerando instituições, o que aponta para grande parte da herança teórica de Keynes (1936). Por parte dos neo-schumpeterianos da vertente evolucionária, é notória a filiação behaviorista dos seus fundadores (notadamente Nelson & Winter, 1982), ao trabalharem a idéia de diferentes padrões de racionalidade estratégica envolvendo comportamentos rotineiros e/ou inovativos num ambiente incerto e complexo.

Quanto ao abandono do pressuposto metodológico de *equilíbrio*, a suposição usual entre neo-schumpeterianos, pós-keynesianos e institucionalistas, de que desequilíbrios e falhas de coordenação pertencem ao cotidiano da economia de mercado, equivale a supor que em ambientes *não-ergódicos* e *não-estacionários* os agentes podem cometer erros de previsão sistemáticos, sem por isso serem irracionais, ao contrário do que assume a hipótese de expectativas racionais (Vercelli, 1991, cap. 9). Mais ainda, grande parte da tradição teórica do crescimento e do ciclo econômico até os anos 1960 – sob influência predominante das correntes neo-keynesianas – assumia a ocorrência de desequilíbrios como parte integrante essencial da dinâmica capitalista, seja por sua própria natureza e seus efeitos, seja por sua propagação em torno de uma tendência de equilíbrio móvel ou, ainda, de uma tendência que não constitui equilíbrio em nenhum sentido inteligível não-tautológico (Kalecki, 1954; Possas, 1983 e 1999).

Os problemas de coordenação dos mercados em suas dimensões monetária e institucional têm um papel certamente mais central na agenda pós-keynesiana. O desequilíbrio na acepção de *instabilidade potencial* – dinâmica e estrutural (Vercelli, 1991, caps. 2 a 4) – é um conceito central para essa corrente, ainda que raramente explicitado. Já na visão schumpeteriana e neo-schumpeteriana, a centralidade do “desequilíbrio” para a dinâmica econômica, devido à instabilidade estrutural que o progresso técnico engendra nas trajetórias possíveis, é evidente demais para permanecer apenas implícita.

Essas correntes reconhecem que, apesar de as trajetórias de longo prazo das economias capitalistas apresentarem *não-linearidades* decorrentes de aspectos cumulativos de decisões empresariais e de seus efeitos estruturais (trajetórias tecnológicas com progresso técnico e aprendizado, sinergias etc.), e, portanto, forte potencial de *instabilidade estrutural*, também apresentam *regularidades* capazes de reduzir a incerteza (sem eliminá-la) e balizar as decisões de longo prazo dos agentes, atenuando os efeitos de instabilidade potencial (Vercelli, 1991, cap. 5; Possas, 1993). O progresso técnico e correspondentes trajetórias tecnológicas (Dosi, 1982 e 1984) é um dos principais processos dinâmicos capazes de gerar tais efeitos de longo prazo, criando dependência crescente ao longo do tempo em relação a ativos adquiridos. Assim, é uma fonte de rendimentos crescentes e custos de saída que provoca *path dependence* e *lock-in* nas trajetórias de longo prazo. Instituições estáveis geram efeitos análogos, ainda mais complexos e menos estudados por economistas.

3. A Estrutura do Modelo

Nossa proposta se beneficia do fato de que os modelos antes referidos, se *adequadamente combinados entre si*, e com a adição de elementos *keynesianos* e *kaleckianos*, oferecem condições para a estruturação de um modelo evolucionário mais completo de dinâmica industrial. Neste, a evolução de uma estrutura industrial deve estar baseada no comportamento das firmas como *sistemas complexos adaptativos*,² bem como na sua *diversidade tecnológica* e *estratégica*. O que este modelo acrescenta essencialmente aos que vêm sendo desenvolvidos pela corrente evolucionária neo-schumpeteriana é uma *ampliação dos mecanismos* (de *feedback*) pelos quais a *firma tenta se adaptar ao ambiente*, inclusive (mas não só) pela incorporação de algumas questões em

²Essa concepção da firma segue a abordagem iniciada por Cyert e March (1992:118).

geral enquadradas restritivamente como “macroeconômicas”. São exemplos disso a introdução de: aspectos relativos à demanda efetiva no âmbito das decisões de produção (pela distinção entre produção e vendas) e de investimento; uma equação de preços mais sofisticada, na qual o *mark-up* desejado por uma empresa está sujeito a variações endógenas devidas a avaliações estratégicas; restrições e outras considerações financeiras no âmbito das decisões de investir. Na sequência dessa linha de pesquisa, além de ampliar o escopo das simulações, a expectativa é de estendê-lo para o nível macroeconômico, transformando-o num modelo evolucionário multissetorial.

Com esses objetivos, o modelo setorial é estruturado em *três subsistemas* que caracterizam este processo evolucionário, definindo “blocos de equações” comuns à maioria dos modelos evolucionistas, por seguir o modelo seminal de Nelson e Winter (1982):

- a) determinação das variáveis *produção, preços e lucros*;
- b) as decisões de *investimento*;
- c) os procedimentos de *busca tecnológica*.

Quanto ao primeiro tema, é necessário destacar que a abordagem evolucionária reserva uma atenção menor para o lado da demanda, mesmo ao incorporar um referencial macroeconômico como em Chiaromonte e Dosi (1993). Em especial, são feitas suposições extremamente simplificadas na determinação dos efeitos da demanda sobre as decisões de produção e investimento das firmas. Para preencher esta lacuna foram introduzidos elementos desenvolvidos no modelo de Possas (1983 e 1984), no qual é centrada a atenção no princípio da demanda efetiva. Nele a decisão de produção toma por base as vendas previstas para o período e a decisão de investimento é guiada pelo princípio da aceleração, no marco de um modelo multissetorial. No que se refere a preços, o presente modelo, ao assumir uma estrutura de mercado oligopolística em que a concorrência se dá em preços, mas com algum grau de diferenciação de produtos, adota uma versão da equação de Kalecki (1954, cap. 1), em que o preço efetivamente praticado é uma média ponderada entre o que resultaria da aplicação do *mark-up* desejado e o preço médio da indústria, abrindo espaço para um *feedback* com o desempenho competitivo da firma.

Quanto às *decisões de investimento*, o modelo de Possas (1983 e 1984) contribui, ainda, no sentido de incorporar uma restrição financeira ao endividamento das firmas – em geral ausente nos modelos neo-schumpeterianos e

tratado de forma quando muito superficial nos tradicionais modelos macroeconômicos neo-keynesianos de crescimento e ciclo –, que impõe limites, no estilo do “princípio do risco crescente” de Kalecki (1954, cap. 8), à sua capacidade de investimento e de expansão. Também são incorporadas considerações financeiras mais amplas, envolvendo a influência da estrutura de ativos e passivos da firma – via grau de endividamento, lucros retidos e liquidez (recorrendo à contribuição de Wood, 1975) – sobre os investimentos.

Por último, a *busca tecnológica* procura combinar distintas contribuições: as buscas *inovativa* e *imitativa* seguem um processo estocástico à maneira de Nelson e Winter (1982); nos processos de aprendizado utiliza-se o modelo de safras de Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988), do qual é aproveitado também o critério de decisão de reposição de equipamentos com base em *payback period*.

Seguindo a tendência atual da modelagem evolucionária em economia, o *software* utilizado para construir o modelo e realizar as simulações é o *Laboratory for Simulation Development* (LSD), cujos detalhes podem ser encontrados em Valente (1999).

4. As Equações do Modelo

4.1 Bloco 1: decisões de produção e preço

Bloco 1a: decisões de produção

Produção programada

$$\begin{aligned} x_{i,t}^* &= x_{i,t}^e(1 + \sigma) - x_{i,t-1}^s \\ 0 &\leq x_{i,t}^* \leq \bar{x}_{i,t}, \end{aligned} \tag{1}$$

onde σ é fixado exogenamente.³ A decisão de produção $x_{i,t}^*$ no início do período t visa atender a dois objetivos: a demanda (vendas) prevista ou esperada $x_{i,t}^e$ para o final do período de produção que inicia em t ; a manutenção do estoque $x_{i,t}^s$ num nível considerado satisfatório, diante de flutuações imprevistas da demanda. Esse nível é determinado como uma proporção fixa,

³ Nas simulações realizadas, fixou-se $\sigma=0,1$, ou seja, as empresas desejam estocar 10% das vendas como margem de segurança. Este, assim como os demais parâmetros fixos do modelo (não submetidos a simulação), além de supostos uniformes entre empresas, foram estabelecidos com base em algum tipo de educated guess: valores empiricamente razoáveis, com base na experiência dos autores em economia industrial. No caso de parâmetros já utilizados nos modelos de referência aqui citados, os valores atribuídos em geral foram mantidos, o que será indicado em cada caso. Para simulação foram assumidas oito firmas iguais com capacidade produtiva inicial = 100, produção = 75, preço = 100.

σ (“acelerador de estoques”), das vendas. Como estas não são conhecidas *ex ante*, as vendas previstas são usadas como *proxy*.⁴ O nível máximo de produção é dado pela capacidade produtiva instalada, $\bar{x}_{i,t}$ (medida em unidades de produção). Como esta capacidade é composta por equipamentos com diferentes produtividades, a regra suposta para utilização dos equipamentos é usar com prioridade os mais produtivos.

Vendas previstas

$$x_{i,t}^e = e_{i,t-1} + \gamma(e_{i,t-1} - e_{i,t-2}) \quad (2)$$

com γ fixado exogenamente.⁵

Assume-se que a formação de expectativas da firma quanto às vendas segue a regra de expectativas extrapolativas,⁶ a partir das encomendas efetivas e_i , definidas a seguir.

Estoques

$$x_{i,t}^s = x_{i,t}^* + x_{i,t-1}^s - x_{i,t} \quad (3)$$

O estoque de produtos acabados segue a equação acima por definição, sendo $x_{i,t}$ as vendas.

Encomendas efetivas

$$e_{i,t} = s_{i,t}e_t \quad (4)$$

As encomendas efetivas que a firma recebe dependem da demanda total do mercado, e_t , e do *market share*, $s_{i,t}$, da firma. Este último, por sua vez, é determinado pela *replicator dynamic equation*,⁷ sob efeito da competitividade de cada firma.

⁴ A decisão de produção segue Metzler (1941) (Gandolfo, 1985:90), utilizada também por Possas (1983).

⁵ Nas simulações foi fixado $\gamma=1$, ou seja, supõe-se que é feita uma projeção linear igual à variação absoluta observada.

⁶ Gandolfo (1985:95) sugere que essa equação foi originalmente proposta por Goodwin (1947). Para uma tipologia de regras simples de formação de expectativas ver também Williamson (1989:214).

⁷ A replicator dynamic equation foi originalmente desenvolvida para a análise da seleção biológica por Fisher como uma formalização do princípio evolucionário de sobrevivência dos mais aptos de Darwin. O emprego dessa equação para descrever firmas em concorrência deve-se a Silverberg (1987). A formulação de Silverberg, no entanto, é feita em termos de equações diferenciais. A formulação discreta utilizada aqui deve-se a Kwasnicki e Kwasnicka (1996), com a única diferença de que introduzimos um parâmetro μ de ajuste. Mais detalhes sobre a derivação dessa equação encontram-se nos dois autores citados e em Silverberg (1997).

A replicator dynamic equation e a competitividade

$$s_{i,t} = s_{i,t-1} \left[1 + \mu \left(\frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t} - 1 \right) \right] \quad \text{ou} \quad \frac{s_{i,t} - s_{i,t-1}}{s_{i,t-1}} = \mu \left(\frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t} - 1 \right) \quad (5)$$

onde

$$0 \leq \mu \leq 1 \quad \text{e} \quad \bar{E}_t = \sum_{i=1}^n E_{i,t} s_{i,t-1},$$

sendo E_i um índice de competitividade da firma i , baseado no preço e no tempo de entrega (explicado adiante).

Para que a equação acima seja consistente, deve ser verdade que:

- a) os *market shares* devem sempre somar 1 ou, equivalentemente, as taxas de crescimento dos *market shares* devem sempre somar zero;
- b) dado o *market share* de uma firma num período, o *market share* do período seguinte tem de ser maior ou igual a zero ou menor ou igual a 1.

Para demonstrar (a), basta desenvolver (5) e somar os *market shares*:

$$s_{i,t} = s_{i,t-1} + s_{i,t-1} \mu \frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t} - s_{i,t-1} \mu = s_{i,t-1} (1 - \mu) + s_{i,t-1} \mu \frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t}$$

$$\sum_{i=1}^n s_{i,t} = (1 - \mu) \sum_{i=1}^n s_{i,t-1} + \mu \frac{\sum_{i=1}^n E_{i,t} s_{i,t-1}}{\bar{E}_t} = 1$$

Para demonstrar (b), vejamos que restrições sobre os valores de $E_{i,t}$ e \bar{E}_t ela impõe. A primeira restrição é:

$$s_{i,t} \geq 0 \iff \mu \left(\frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t} - 1 \right) \geq \frac{-s_{i,t-1}}{s_{i,t-1}} \iff \frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t} \geq 1 - \frac{1}{\mu}$$

Como se pode observar, a condição depende apenas de μ . Para casos extremos do valor de μ , temos: .

$$\mu \longrightarrow 1, \frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t} \geq 0$$

$$\mu \longrightarrow 0, \frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t} \geq -\infty$$

Portanto, a primeira restrição imposta para garantir a consistência da equação dentro do intervalo especificado para μ é que a competitividade de cada firma e a competitividade média tenham o mesmo sinal.⁸

A segunda restrição imposta é:

$$s_{i,t} \leq 1 \iff \mu \left(\frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t} - 1 \right) \leq \frac{1 - s_{i,t-1}}{s_{i,t-1}} \iff E_{i,t} \leq \bar{E}_t \left(1 + \frac{1 - s_{i,t-1}}{\mu s_{i,t-1}} \right)$$

Agora a condição depende do valor inicial do *market share* da firma. Vamos examinar de novo o que essa condição implica sobre a relação entre os valores da competitividade e da competitividade média, examinando a condição para valores extremos do intervalo em que μ e o *market share* inicial podem variar:

$$\begin{aligned} s_{i,t-1} &\longrightarrow 0, \frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t} \leq \infty \\ s_{i,t-1} &\longrightarrow 1, E_{i,t} \leq \bar{E}_t \longrightarrow E_{i,t} \\ \mu &\longrightarrow 1, \frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t} \leq 1 + \frac{1 - s_{i,t-1}}{s_{i,t-1}} = \frac{1}{s_{i,t-1}} \\ &\iff \\ E_{i,t} s_{i,t-1} &\leq \bar{E}_t, \text{ para } \bar{E}_t \geq 0 \text{ e } E_{i,t} \geq 0 \\ &\text{ou} \\ E_{i,t} s_{i,t-1} &\geq \bar{E}_t, \text{ para } \bar{E}_t \leq 0 \text{ e } E_{i,t} \leq 0 \\ \mu &\longrightarrow 0, \frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t} \leq \infty \end{aligned}$$

Mais uma vez, a única restrição é que a competitividade média e a competitividade de cada firma possuam o mesmo sinal.

No modelo, a competitividade (ou *product competitiveness*, conforme Sil- verberg, 1997) da firma é definida como:

$$E_{i,t} = \frac{1}{p_{i,t}^{\varepsilon_1} \cdot dd_{i,t}^{\varepsilon_2}} \quad (6)$$

⁸ Observe-se também que para $\mu > 1$ a restrição sobre a relação entre os valores da competitividade individual e da competitividade média se torna mais arbitrária.

onde p_i é o preço, dd_i é o atraso de entrega da firma i e ε_1 e ε_2 são as elasticidades da competitividade da firma em relação ao preço e ao atraso de entrega, respectivamente.

A definição de competitividade adotada é consistente com a observação de Silverberg (1987:121), de que “a probabilidade de que um cliente desviará suas encomendas de um fornecedor para outro está relacionada não com diferenças de preços absolutas, (...) mas percentuais”. Silverberg introduz o logaritmo do preço na sua definição de competitividade para dar conta desta observação. No presente modelo esse recurso não é necessário porque a *replicator equation* utilizada é diferente: enquanto no modelo de Silverberg o *market share* depende da *diferença absoluta* entre competitividade individual e competitividade média,⁹ aqui é a *razão* entre competitividade e competitividade média que cumpre esse papel (portanto, ao definir a competitividade como função do preço, segue-se que será a *razão* entre preços que determinará o *market share*).

A consistência da *replicator equation* também depende, como observou Silverberg (1987), da definição do preço de referência ou preço médio adequado (no sentido de qual o preço de referência implicitamente estabelecido pela *replicator equation*). No presente modelo, é a média harmônica, e não a média aritmética ou geométrica dos preços (utilizada por Silverberg, 1987), que se revela o preço de referência adequado.

Deixando de lado o atraso de entrega, temos:¹⁰

$$\frac{E_{i,t}}{\bar{E}_t} = \frac{1}{p_{i,t}^{\varepsilon_1}} \frac{1}{\sum_i \frac{s_{i,t}}{p_{i,t}^{\varepsilon_1}}} = \frac{\bar{p}_t}{p_{i,t}^{\varepsilon_1}} \quad (7)$$

Logo, quando a competitividade da firma é maior que a média, o preço da firma é menor que o preço médio (média harmônica) do mercado.

Demanda total

$$e_t = \frac{\beta \exp(\lambda t + u)}{(\bar{p}_t)^\eta} \quad (8)$$

⁹ A equação utilizada por Silverberg é: $\frac{df_i}{dt} = A(E_i - \bar{E})f_i$ onde f_i é o market share da firma i .

¹⁰ O atraso de entrega cumpre o papel de punir as firmas que negligenciem a expansão da capacidade produtiva, mas normalmente o seu índice será igual a 1, ou seja, o “normal” é que as firmas não tenham atraso de entrega. Nisso o modelo difere mais uma vez do modelo de Silverberg (1987). A interpretação aqui adotada quanto ao nível normal de atraso de entrega está relacionada à própria divisão do modelo em períodos de produção, definidos como o intervalo de tempo que as firmas levam para produzir e entregar suas mercadorias.

com λ , η e β exógenos,¹¹ onde β é o tamanho inicial do mercado, λ a taxa de crescimento do mercado, η a elasticidade-preço da demanda total e u é uma variável aleatória (nas simulações realizadas, $u \sim N(0, \sigma_u^2)$).

Se a encomenda efetiva de uma firma ultrapassar a soma da sua produção programada com os estoques disponíveis, a firma incorrerá em atraso de entrega, que impacta negativamente a sua competitividade no período de produção seguinte. O índice do atraso de entrega representa em quantas vezes as encomendas efetivas ultrapassaram as vendas efetivas:

$$dd_{i,t} = \frac{e_{i,t-1}}{x_{i,t-1}} \quad (9)$$

Bloco 1b: decisões de preço

A equação de preços aqui utilizada é uma *versão discreta* da equação de Silverberg,¹² consistente com a *replicator equation* especificada acima e que, como veremos, se mostra idêntica à equação de preços utilizada por Kalecki em sua análise do “grau de monopólio” de uma firma em concorrência imperfeita (1954, cap. 1).¹³

$$\frac{p_{i,t} - p_{i,t-1}}{p_{i,t-1}} = \theta \left(\frac{p_{i,t}^d - p_{i,t-1}}{p_{i,t-1}} \right) + (1 - \theta) \left(\frac{E_{i,t-1}}{\bar{E}_{t-1}} - 1 \right) \quad (10)$$

¹¹ Nas simulações, $\lambda=0,01$, $\eta=1$ e $\beta=60.000$. A elasticidade da demanda unitária, além de razoável em primeira aproximação, foi adotada também por Nelson e Winter (1982:284). A taxa de crescimento da demanda em 1% por período de produção assume um mercado de razoável dinamismo, e não estagnado (nos autores citados a demanda permanece constante). O valor de β é a receita inicial das vendas uniformes das oito firmas objeto de simulação, ao preço inicial de 100 unidades monetárias.

¹² A equação de preços de Silverberg é: $\frac{dp}{dt} = a_1(\rho_i^D - \rho_i) + a_2(E_i - \bar{E})$, onde ρ é o log do preço.

¹³ A equação de Silverberg não é idêntica à de Kalecki: as duas têm implicações dinâmicas distintas, sendo idênticas apenas quando a deste último encontra-se em equilíbrio. A versão discreta da equação de preços de Silverberg aqui proposta supõe que os preços são o único fator competitivo, daí resultando na mesma equação proposta por Kalecki. A interpretação do próprio Silverberg para sua equação está baseada na mesma suposição de que o único fator competitivo é o preço, e especificamente na forma assumida pela equação quando em equilíbrio, ou seja, quando o preço é igual a uma média ponderada (geométrica) do preço desejado e do preço médio do mercado. Neste caso as equações de Silverberg e de Kalecki tornam-se conceitualmente semelhantes (tendo os respectivos parâmetros o mesmo significado), o que não foi observado por Silverberg. O importante é que a interpretação da equação e de suas implicações pode ser melhor apreciada se combinarmos as análises de ambos os autores.

Abstraindo mais uma vez o atraso de entrega,¹⁴ supondo $\varepsilon_1 = 1$ e substituindo (7) em (10), temos:

$$p_{i,t} = \theta p_{i,t}^d + (1 - \theta) \bar{p}_{t-1} \quad (11)$$

ou

$$k_i = \theta k_i^d + (1 - \theta) \frac{\bar{p}_{t-1}}{u_{i,t}} \quad (11a)$$

onde $p_i^d = k_i^d u_i$ é o preço desejado da firma a cada período, isto é, o preço que se obtém quando se aplica o *mark-up* desejado, k_i^d , da firma sobre o custo variável médio u_i ; e k_i é o *mark-up* efetivo, que corresponde analogamente ao preço efetivo p_i a cada período.

Vale repetir que esta última é exatamente a equação utilizada por Kalecki (1954, cap. 1). Tanto Kalecki quanto Silverberg encaram suas equações como simples extensões do princípio do custo total, em condições oligopolistas nas quais não é possível para as firmas ignorar o preço das outras na formação do seu próprio. Alternativamente, essa equação pode ser entendida como a explicitação de um dos determinantes do *mark-up* em condições oligopolistas: segundo a equação, este é resultado de uma *solução de conciliação* entre o *mark-up* desejado (o nível de aspiração da firma, ou o *mark-up* estratégico de longo prazo) e as condições vigentes no curto prazo. Firms com custos relativamente menores aproveitam sua vantagem para realizar lucros adicionais no curto prazo, além dos que seriam obtidos com o *mark-up* estratégico, e firmas com custos relativamente maiores sacrificam seu *mark-up* desejado em benefício de sua participação de mercado (Silverberg, 1987:130).

Outra implicação dessa equação para o comportamento das firmas é que, como o preço médio do mercado é ponderado pelo *market share*, as firmas com maior *market share* terão mais influência na determinação do preço de mercado, desempenhando, com isso, um papel de liderança de preços, ao mesmo tempo que firmas pequenas podem introduzir reduções significativas em seus preços sem gerar um impacto tão grande sobre o preço médio do mercado (a ponto, por exemplo, de desencadear uma guerra de preços). Para

¹⁴ Não faria sentido incluir o atraso de entrega nessa equação. Quando a competitividade é menor do que a média, a equação determina que a firma deve reduzir o preço; mas se a baixa competitividade da firma se dever ao atraso de entrega, a redução do preço só vai tornar a situação pior em termos deste atraso, agravando o desajuste da firma. Em outras palavras, não parece lógico assumir que uma firma com problemas de atraso de entregas tente compensar isso reduzindo o preço.

efeito interpretativo, registre-se, ainda, que Kalecki tomava o *mark-up* desejado das firmas e o *mark-up* desejado médio do mercado como índices do grau de *monopólio*, respectivamente, das firmas e do mercado.¹⁵

O custo variável unitário da firma num dado período, u_{it} , é a soma do custo unitário com matéria-prima e outros insumos, m_i (suposto constante no tempo, bem como para uma dada planta e tecnologia, ou seja, a eficiência na utilização da matéria-prima não varia com a quantidade produzida), e o custo unitário com mão de obra, que depende, por sua vez, da taxa de salário nominal, w_i (também suposta constante no tempo e com a quantidade produzida), e da produtividade média da firma, π_i :

$$u_{i,t} = m_i + \frac{w_i}{\pi_{i,t}} \quad (12)$$

com m , w e π dados como condições iniciais.¹⁶

Bloco 1c: as rotinas tecnológicas das firmas

A produtividade média do trabalho em cada firma varia no tempo em função: da política de investimentos em capital fixo e da intensidade de utiliza-

¹⁵ *Nem sempre ficou claro o que Kalecki considera índice do grau de monopólio (Possas, 1985:39 ss.). Duas questões se apresentam aqui. Por que escolher o mark-up desejado e não o mark-up efetivo como medida do grau de monopólio? Primeiro, porque deve ser verdade que firmas com maior mark-up desejado também tenham maior mark-up efetivo (isso deve estar contemplado numa rotina de determinação do mark-up desejado); segundo, porque o mark-up efetivo, como já foi dito, é produto do compromisso entre curto e longo prazos, refletindo os ajustes de curto prazo das firmas, enquanto o grau de monopólio, sendo um conceito estrutural, não pode possuir como índice uma variável que reflita ajustes conjunturais. Se o mark-up desejado é uma variável estratégica da firma, como pode ao mesmo tempo assumir o papel de variável estrutural do mercado, como o conceito de grau de monopólio sugere? Firms com maior mark-up desejado são firmas com maior grau de monopólio desde que tenham conseguido elevar seu grau de monopólio sem perda de market share durante o "período de planejamento" do mark-up desejado (intervalo de tempo em que a firma altera sua estratégia quanto ao mark-up desejado). Firms que tenham sacrificado sua posição de mercado devido a um mark-up desejado elevado deveriam voltar atrás de sua decisão, não tendo, nesse caso, o mark-up desejado chegado a constituir um índice do grau de monopólio. Mas o que leva a firma a aumentar o mark-up desejado? É sua percepção de que existe alguma condição estrutural, alguma vantagem competitiva que permitirá a elevação do lucro unitário sem perda de posição de mercado. Uma rotina que simule o comportamento da firma em relação ao mark-up desejado deve permitir que ela avalie sua situação estrutural e, em função disso, aumente o mark-up desejado, e que volte atrás quando for detectada perda de mercado. Em poucas palavras, o mark-up desejado é um índice do grau de monopólio quando for sustentável. Em suma, Kalecki estava interessado nos determinantes do grau de monopólio, ou melhor, nas condições que tornariam possível uma alteração do grau de monopólio. Esta tarefa não foi realizada por Silverberg, que não considera variações no mark-up desejado. As condições sob as quais alterações bem-sucedidas do grau de monopólio são possíveis são uma das questões que começamos a explorar com as simulações.*

¹⁶ Nas simulações, $m=40$ e $w=w/\pi$ (inicial) = 40, com π inicial = 1, e para um preço inicial de 100.

ção da capacidade produtiva; da estratégia de P&D; do processo de *learning by doing*.

O estoque de capital fixo da firma é suposto heterogêneo, composto por equipamentos com diferentes produtividades do trabalho requerido para sua operação e, portanto, a produtividade média da firma depende de quais bens de capital são utilizados e em que intensidade. A produtividade de cada bem de capital, por sua vez, corresponde à combinação do resultado da busca tecnológica da firma no momento em que ele foi encomendado (mais sobre isso adiante) com os aperfeiçoamentos obtidos com sua utilização. Sabe-se que economias de escala dinâmicas em termos de produto são importantes quando operações complexas devem ser efetuadas pelos trabalhadores, ou quando processos complexos de ajustamento devem ser realizados, à medida que se dá um aprendizado do tipo *learning by doing* (Scherer & Ross, 1990:97-8, cap. 4).¹⁷ A existência desses efeitos em grau importante coloca em vantagem a firma que primeiro utiliza um novo equipamento, uma vez que a vantagem competitiva de possuir isoladamente um equipamento mais produtivo é ampliada pelos ganhos de produtividade devidos ao aprendizado, que são totalmente apropriados pela firma. Como seria de se esperar, as simulações (comentadas adiante) confirmam a relação entre intensidade do *learning by doing* e sucesso das firmas inovadoras (embora com exceções, a serem comentadas nas simulações). Essas vantagens, no entanto, são contrabalançadas por dois outros fatores também presentes no modelo: os efeitos do *learning by doing* foram realisticamente supostos como limitados; eles são específicos a cada equipamento – quando este é substituído, a firma salta para uma nova “curva de aprendizado”.

Quanto ao processo de *learning by doing*, a hipótese que estamos assumindo é que cada equipamento/tecnologia possui um projeto específico e que o incremento de produtividade dentro de um determinado projeto/tecnologia tende progressivamente a se esgotar (Scherer & Ross, 1990:372).¹⁸ Ao mesmo tempo, a introdução de um novo equipamento tende a tornar o aprendizado

¹⁷ Economias de escala específicas de produto são aquelas associadas com o volume produzido e vendido de um único produto.

¹⁸ Essa hipótese é compatível com o que é usualmente assumido sobre o comportamento das curvas de aprendizado na grande maioria dos estudos econométricos, isto é, que é constante a taxa de redução do custo unitário quando dobra a produção. Alguns estudos empíricos têm apontado, por outro lado, que, particularmente em setores intensivos em máquinas, a taxa de redução do custo unitário não se reduz progressivamente, mas simplesmente deixa de ocorrer a partir de determinado ponto. Na literatura este fenômeno é conhecido como plateauing (Yelle, 1979:302-28).

realizado no modelo anterior irrelevante, dando oportunidade a que as firmas que ficaram para trás inicialmente façam o *catching-up* ou mesmo ultrapassem as firmas líderes na tecnologia ou no modelo antigo.¹⁹

Produtividade de cada equipamento

$$\pi_{i,j,t} = \pi_{i,j,t}^o h_{i,j,t} \quad (13)$$

onde $\pi_{i,j,t}^o$ (produtividade inicial do equipamento/tecnologia j da firma i) é determinada no bloco 2, adiante, e $h_{i,j,t}$ é definido em seguida.

Efeito aprendizado (*learning by doing*)

$$h_{i,j,t} = 1 + z \left(1 - \exp(-\tau \sum_t x_{i,j,t}^*) \right) \quad (14)$$

Os parâmetros z e τ dessa equação representam, respectivamente, a proporção de incremento em relação à produtividade inicial do equipamento que se pode atingir por meio do *learning by doing*, e a velocidade com que se alcança este patamar.²⁰

4.2 Bloco 2: decisões de investimento e restrição financeira

As decisões de investimento determinam não só a produtividade média da firma, como também o quanto a firma pode crescer no longo prazo. Dois componentes da decisão de investir são considerados no modelo: o investimento em *expansão* de capacidade e o investimento em *reposição*. Este último pode ser motivado tanto pela depreciação física completa do bem de capital quanto por uma avaliação de sua obsolescência tecnológica. Para serem implementadas, essas decisões devem ser financeiramente viáveis, ou seja, a firma

¹⁹ Segundo Scherer e Ross (1990:372), “algumas das linhas de produto em que o *learning by doing* é mais importante (como semicondutores, aeronáutica e computadores) também se caracterizam por rápida obsolescência tecnológica do design do produto. O desenvolvimento de um projeto completamente novo muitas vezes permite a um produtor inicialmente desfavorecido saltar para uma nova curva de aprendizado numa posição de igualdade ou mesmo superioridade”.

²⁰ A forma exponencial da equação é usual em curvas de aprendizado observadas empiricamente, só que, neste caso, suposta contínua e expressa em produtividade, não em custos: (ver, por exemplo, Dosi, 1984, cap. 3, entre muitos outros). Ambos os seus parâmetros são dados como condições iniciais. Nas simulações, foram supostos $z=0,15$ e $\tau=0,04$, o que permite, para uma dada tecnologia, por meio do aprendizado, uma aproximação suave de um patamar de produtividade significativo, mas não excessivamente (15%) acima do inicial.

deve ser capaz de pagar pelos novos bens de capital com recursos próprios e/ou de terceiros, e respeitando uma determinada demanda precaucional por ativos líquidos. As variáveis financeiras funcionam, portanto, como uma *restrição* ao investimento desejado pela firma. Esta concepção, de clara influência kaleckiana (e em parte keynesiana), representa um aperfeiçoamento da determinação do investimento com base no tradicional mecanismo “acelerador”, pela introdução de restrições financeiras ao investimento. As principais diferenças em relação a Kalecki (1954, cap. 9) residem na forma de introdução dessas variáveis, como *restrição* e não como uma variável adicionada ao acelerador, e no próprio acelerador, alterado para dar conta das necessidades de ajuste tanto do grau de utilização da capacidade quanto da projeção do crescimento observado.²¹

Ao mesmo tempo, descrições detalhadas de decisões de investimento realizadas por economistas da linha behaviorista (Cyert & De Groot, 1987; Bromiley, 1986) parecem em grande medida consistentes com a rotina de decisão de investimento e com sua inter-relação com variáveis financeiras, propostas no presente modelo.²²

Bloco 2a: as decisões de investimento

As decisões de investimento são tomadas ao final de cada “ano”, ou seja, cada período de investimento (intervalo entre decisões de investimento consecutivas), que, por hipótese, é composto de quatro períodos de produção (ou “trimestres” em nosso “calendário” estilizado).

O processo de decidir investir começa pela previsão de vendas médias para os períodos $[t + 5; t + 8]$ em que a capacidade produtiva que resultará do novo investimento entrará em operação – por definição, o seu “período de

²¹ Ver Possas (1987) para uma discussão crítica detalhada dos determinantes do investimento em Kalecki (1954) e do acelerador, bem como para a formulação original da equação utilizada aqui.

²² Por exemplo, sobre o papel das variáveis financeiras como restrição ao investimento desejado: “O primeiro passo no processo de alocação é obter uma ‘lista de desejos’ de cada gerente de divisão (...). Se o total solicitado por todos os gerentes não exceder o pool de fundos, então cada gerente normalmente receberá a quantia solicitada em seu orçamento. Se a quantia requerida for maior que o pool de fundos disponível, o comitê de apropriação de fundos examinará os projetos propostos e eliminará o suficiente para tornar o total solicitado igual ao total disponível”. Sobre a prioridade de uso de fundos internos e a existência de um limite para a tomada de empréstimo: “Se a depreciação mais os lucros e impostos retidos não permitirem atingir a meta, a firma deverá tomar emprestado (...). A maioria das firmas tem um limite de endividamento sobre o patrimônio líquido imposto pela administração, de forma a restringir o peso da dívida na estrutura de capital”. (Cyert & De Groot, 1987:134).

maturação”, suposto igual ao período de investimento. A previsão é feita por extrapolação das vendas médias dos períodos de investimento anteriores. A expectativa de vendas para o período de investimento que está para se iniciar é, portanto:

$$EV_{+1} = V_0 + \gamma(V_0 - V_{-1}) \quad (15)$$

onde V_0 = vendas médias no período de investimento que está se encerrando no momento da decisão. Supondo que o crescimento absoluto observado da demanda se repita nos períodos seguintes:

$$EV_{+2} = EV_{+1} + \gamma(v_0 - V_{-1}) = V_0 + 2\gamma(V_0 - V_{-1}) \quad (16)$$

Para determinar a capacidade produtiva que será necessária, é preciso determinar a produção que se espera que venha a ser necessária; esta, como vimos, não visa apenas atender as vendas, mas também manter um nível desejado de estoques. Esse nível, por sua vez, foi estabelecido como uma fração das vendas previstas. Logo, a capacidade produtiva necessária para atender às vendas esperadas e manter os estoques no seu nível desejado será:²³

$$CP^d = (1 + \sigma)[V_0 + 2\gamma(V_0 - V_{-1})] \quad (17)$$

Como margem de segurança para eventuais erros de previsão e flutuações excepcionais da demanda, o valor acima constitui uma fração α da capacidade planejada.²⁴ Esta última será, portanto:

$$CP^{pl} = \frac{(1 + \sigma)}{\alpha} [V_0 + 2\gamma(V_0 - V_{-1})] \quad (18)$$

Finalmente, para se obter a *variação* da capacidade produtiva planejada, basta subtrair a capacidade produtiva que já está em operação:

$$ACP^{pl} = \frac{(1 + \sigma)}{\alpha} [V_0 + 2\gamma(V_0 - V_{-1})] - CP_0 \quad (19)$$

Ou, em notação que será usada no resto do modelo:

$$\Delta \bar{x}_{i,t}^* = \frac{(1 + \sigma)}{\alpha} \bar{x}_{i,t}^e - \bar{x}_{i,t} \quad (20)$$

²³ Observe-se que isso estabelece o máximo da capacidade produtiva necessária, entendida como a necessária para atender à demanda e à reposição completa do nível desejado de estoques.

²⁴ Fixado em $\alpha=0,75$ nas simulações; ou seja, as empresas programam em média operar a 75% da plena capacidade.

onde $\Delta \bar{x}_{i,t}^*$ é o aumento desejado da capacidade produtiva e $\bar{x}_{i,t}^c$ é a capacidade produtiva programada.

O valor do investimento bruto desejado em capital fixo é obtido pela multiplicação do acréscimo desejado à capacidade produtiva, somado às necessidades de reposição por depreciação física, pelo preço dos bens de capital adquiridos:²⁵

$$I_{i,t}^{*F} = p_{k,t}(\Delta \bar{x}_{i,t}^* + \bar{x}_{i,t}^\delta) \quad (21)$$

O valor do investimento total desejado ainda inclui o investimento em estoques.

Bloco 2b: restrição financeira ao investimento²⁶

O lucro bruto da firma, no conceito de excedente operacional, é igual à receita da firma menos o custo total. Além do custo variável, a firma incorre em custos fixos na forma de gastos com P&D, *overhead* e as reservas para depreciação, δ .²⁷ Os gastos com P&D são determinados como uma fração ρ da receita,²⁸ e os custos de *overhead* como uma proporção φ da capacidade produtiva.²⁹ Os lucros brutos são, então, dados por:

$$P_{i,t} = p_{i,t}x_{i,t} - u_{i,t}x_{i,t}^* - f_{i,t} + \delta_{i,t} \quad (22)$$

sendo $f_{i,t} = \rho p_{i,t}x_{i,t} + \varphi_i \bar{x}_{i,t} + \delta_{i,t}$, onde f_i é o custo fixo.

O lucro líquido é apurado somando-se ao lucro bruto as receitas não-operacionais e deduzindo-se as despesas financeiras:

$$P_{i,t}^L = P_{i,t} + rK_{i,t-1}^A - jD_{i,t-1} - \delta_{i,t} \quad (23)$$

com: r = taxa de retorno do estoque de aplicações financeiras, K^A ; j = taxa de juros sobre a dívida D .³⁰

²⁵ Assume-se nas simulações que o preço dos bens de capital é igual ao preço médio do produto da indústria, acompanhando, portanto, seu declínio com o progresso técnico e a resultante redução de custos e preços.

²⁶ A restrição financeira utilizada no modelo foi fortemente inspirada na análise de A. Wood (1975), também utilizada por Possas (1987).

²⁷ Supostas como 10% do capital instalado por período de investimento.

²⁸ Os valores deste parâmetro foram fixados, como condição inicial, diferentemente entre empresas, supondo diferentes estratégias de esforço inovativo ou imitativo (conforme exposto nas simulações, seção 5, adiante).

²⁹ Suposto 2,5 nas simulações.

³⁰ A taxa de retorno é realisticamente suposta mais baixa que a taxa de juros nas simulações.

Os recursos internos F^I da firma (ou *cash flow*) são obtidos deduzindo-se os impostos e os lucros distribuídos do lucro líquido, e somando-se ao resultado (lucro retido, P^R) as reservas para depreciação, δ :

$$F_{i,t}^I = P_{i,t}^R + \delta_{i,t} \quad (24)$$

Além dos recursos internos, a firma pode captar recursos externos F^X até um determinado grau de endividamento g (definido como razão entre dívidas e capital total, K^T), considerado satisfatório, definido exogenamente como uniforme entre as empresas. Esses recursos só serão utilizados quando os recursos internos da firma não forem capazes de financiar o investimento. Quando o grau de endividamento da firma ultrapassar um nível de risco máximo (nas simulações do modelo, 90%), o modelo assumirá que ela será eliminada do mercado por falência. Os recursos externos, mobilizáveis ou disponíveis para o investimento, dados os ativos correntes da firma, são determinados por:

$$F_{i,t}^{*X} = g_i K_{i,t}^T - D_{i,t-1} \quad (25)$$

com g_i dado inicialmente.³¹

O valor dessa variável F^{*X} pode ser positivo (quando é possível mobilizar recursos adicionais aos internos para financiar o investimento) ou negativo (quando o nível de endividamento está superior ao aceitável, caso em que parte dos recursos internos terá de ser utilizado para amortizar a dívida). O ajuste para a redução da dívida se dá aos poucos, sendo a exigência de recursos para saldar a dívida fixada em dada proporção³² do excesso da dívida sobre o limite de endividamento, refletindo uma certa tolerância da firma à ultrapassagem do limite de endividamento, de modo a não sacrificar o investimento desejado.

Para evitar ter de recorrer a empréstimos de curto prazo emergenciais por erros de expectativas quanto às vendas, supõe-se que a firma procure manter determinado volume de recursos líquidos. O nível desejado de recursos líquidos adicionais (aplicações financeiras) ao estoque de capital já existente em forma líquida, K^A , é determinado por:

$$A_{i,t}^* = \phi_i K_{i,t}^F - K_{i,t-1}^A \quad (26)$$

³¹ Nas simulações, $g_i=0,33$, o que significa supor um nível máximo aceitável de 50% para a razão dívida/capital próprio.

³² De 1/4 nas simulações, de modo a suavizar o ajuste.

onde ϕ é a proporção mínima em relação ao capital fixo que a firma deseje manter em forma líquida.³³

Assim como os recursos externos, a variável aplicações financeiras pode assumir valores positivos (indicando necessidade de aumentar os recursos líquidos) ou negativos (indicando disponibilidade de recursos líquidos). Caso sejam demandados recursos líquidos, supõe-se também que o ajuste se dê aos poucos, evidenciando tolerância da firma em conviver temporariamente com índices de liquidez abaixo do satisfatório.

Os recursos financeiros totais, F , disponíveis e mobilizáveis para o investimento, são, portanto:

$$F_{i,t} = F_{i,t}^I + F_{i,t}^* - A_{i,t}^* \quad (27)$$

Agora pode-se aplicar a *restrição financeira* sobre o valor desejado do investimento total. Esta aplicação vai depender de uma série de fatores: do valor de $F_{i,t}$, do estoque ativos líquidos, do investimento desejado total e do investimento desejado em modernização. As alternativas são:

- a) o montante dos *recursos financeiros* para investimento é *negativo* ($F_{i,t} < 0$).
- b) o montante dos *recursos financeiros* para investimento é *positivo* ou *nulo* ($F_{i,t} \geq 0$).

No primeiro caso, diferentes circunstâncias poderiam gerar essa situação: prejuízos altos, alto grau de endividamento, aperto de liquidez ou uma combinação dessas situações. Em geral, ela ocorrerá quando F^I for pequeno ou negativo; e a reação da firma dependerá do estoque de ativos líquidos que ela possua. Se estes não forem suficientes para cobrir o valor negativo de $F_{i,t}$, a firma usará todos os seus ativos líquidos para amortizar a dívida ou reduzir o impacto de F^I em situação de prejuízo. Caso contrário, os recursos líquidos serão reduzidos no montante de $F_{i,t}$. Em ambos os casos o investimento em nova capacidade será nulo, assim como o destinado a modernização.

Na segunda alternativa, duas situações podem ocorrer:

- a) os recursos para o investimento são *menores* ou *iguais* ao investimento desejado; nesta situação, a firma investirá o montante de recursos

³³ De 10% nas simulações.

disponíveis, levando em conta a indivisibilidade do investimento (a unidade mínima de capacidade produtiva no modelo foi fixada em 10 unidades de produção); os fluxos financeiros efetivos (o fluxo de recursos externos e o fluxo de ativos líquidos) serão iguais aos valores que entraram no cálculo de $F_{i,t}$ (prováveis resíduos devido à indivisibilidade do capital fixo serão utilizados para aumentar os recursos líquidos);

- b) os recursos para o investimento são maiores que o investimento desejado; neste caso, a firma poderá investir o total desejado e ainda haverá sobra de recursos, que poderão ser destinados à modernização; se esses recursos forem plenamente utilizados, os fluxos financeiros efetivos serão iguais aos seus valores hipotéticos iniciais.

Por último, o investimento desejado em *modernização* é determinado pela aplicação de uma regra de *payback period*, b , para cada equipamento da firma, começando com os de menor produtividade:

$$\frac{p_{k,t} \bar{x}_{i,j,t}}{w \left(\frac{1}{\pi_{i,j,t}} - \frac{1}{\pi_{i,t}^F} \right)} \leq b \quad (28)$$

onde $\pi_{i,j,t}$ é a produtividade do equipamento j da firma i .³⁴

No numerador da expressão à esquerda tem-se o valor do novo equipamento, e no denominador a diferença correspondente em termos de custo variável unitário entre o equipamento já instalado e o novo, que, por hipótese, incorpora a tecnologia de fronteira. Segundo a regra de *payback*, se o valor de uma parcela de amortização do novo equipamento (com número de parcelas de amortização igual ao período de *payback*) for menor que o excesso de custo variável unitário do velho equipamento sobre o do novo, a firma deve adquiri-lo. Tendo como prioridade os equipamentos mais antigos, a firma vai repor todos os que atendam a essa exigência, dentro de suas possibilidades financeiras (até exaurir, se necessário, os recursos disponíveis para modernização, levando em conta a indivisibilidade dos bens de capital).

Se, após a decisão de investimento em modernização, houver ainda recursos excedentes, seu destino dependerá do respectivo montante. Seguindo a regra de priorizar o financiamento com recursos internos, se os recursos excedentes forem maiores ou iguais ao fluxo de recursos externos mobilizáveis, a firma

³⁴ Foi assumido $b=20$ períodos de produção.

simplesmente não vai chegar a utilizar esses recursos externos (a firma não contrairá novas dívidas). Algum resíduo remanescente vai transformar-se em ativos líquidos. Caso os recursos externos mobilizáveis sejam maiores, a regra é a mesma: a firma só mobilizará efetivamente os recursos externos estritamente necessários.

4.3 Bloco 3: expansão da fronteira tecnológica

A busca tecnológica da firma é realizada via gastos em P&D de *processo* produtivo. A hipótese do modelo é que o setor industrial em questão introduza avanços tecnológicos basicamente por meio de suas aquisições de bens de capital encomendados a outro setor, mas, ao mesmo tempo, que a atividade interna de P&D da firma tenha importância crucial tanto para o projeto quanto para o aperfeiçoamento tecnológico desses equipamentos, via aprendizado (na conhecida taxonomia de K. Pavitt, 1984, seria um setor próximo ao de tipo *scale intensive*, com elementos de *science based*).

O processo de obtenção de inovações e imitações utilizado segue de perto o tratamento dado por Nelson e Winter (1982, cap. 12). As firmas podem obter novas tecnologias (por hipótese, limitadas a *novos processos*) por *imitação* de tecnologias e/ou equipamentos já instalados por outras firmas, ou pela *introdução* de novos equipamentos (*inovação*). O gasto necessário para obter uma inovação ou imitação é uma variável aleatória exponencial:³⁵

$$\begin{aligned} F_G(g_i) &= 0, \text{ se } g_i < 0 \\ F_G(g_i) &= 1 - \exp\{-\lambda g_i\}, \text{ c.c.} \end{aligned} \quad (29)$$

onde G é o gasto necessário para se obter uma inovação ou imitação (ou um *draw* inovativo ou imitativo, na linguagem do modelo Nelson e Winter), g_i é o gasto realizado pela firma e λ é o inverso do valor esperado de G . Para cada montante de gasto em P&D pela firma tem-se uma probabilidade distinta de obter uma inovação, e esta probabilidade é crescente com g_i .

Para a primeira etapa do processo inovativo (houve ou não sucesso?) e para o processo imitativo, só interessa saber se o gasto efetivamente realizado

³⁵ Essa hipótese tem algumas implicações, entre as quais assumir uma relação estável (Larson, 1982:189) entre gasto e inovação. Trata-se da postulação de uma relação de tipo processo de Poisson: a probabilidade, por unidade monetária investida, de obter uma inovação não se altera, ou seja, não há economias de escala em P&D.

foi suficiente ou não para obter a inovação ou imitação (ou seja, se g_i foi maior que a realização da variável aleatória G). Pode-se, então, estabelecer uma variável aleatória de Bernoulli (d_m para imitação e d_n para inovação) para esse experimento, com parâmetro de sucesso $p = 1 - e^{-\lambda g}$. O resultado dessa variável (Larson, 1982:194) pode ser obtido programando o computador para gerar uma variável aleatória uniforme no intervalo (0,1), da seguinte forma:

$$\begin{aligned} Y &= 1 \text{ se } X \leq 1 - e^{-\lambda g} \\ Y &= 0 \text{ se } X > 1 - e^{-\lambda g} \end{aligned} \quad (30)$$

onde Y é a variável aleatória de Bernoulli e X a variável aleatória uniforme. Neste contexto, ter sucesso imitativo significa simplesmente conseguir imitar a melhor tecnologia instalada no mercado (a fronteira tecnológica). Por outro lado, o sucesso inovativo significa obter uma nova tecnologia cuja produtividade, por sua vez, não é determinada previamente, mas é dada por uma variável aleatória lognormal, com valor esperado que estará crescendo por hipótese a uma taxa exógena (conforme equação 34, adiante). Como condição inicial, considera-se que cada firma gasta em P&D uma fração ρ da sua receita, e as firmas diferem quanto ao tamanho e à composição dessa proporção, expressando suas estratégias de busca inovativa.³⁶ As equações são como segue.

Produtividade associada à imitação

Primeiro estágio – escolha da fronteira tecnológica (e respectiva produtividade $\pi_{i,t}^M$) a imitar:

$$\pi_{i,t}^M = d_m \max_{i,j} (\pi_{i,j,t}^o) \quad (31)$$

Segundo estágio – probabilidade de sucesso imitativo:

$$Pr(d_m = 1) = 1 - \exp(-\rho_{m,i} p_{i,t} x_{i,t} a_m) \quad (32)$$

onde d_m é uma variável *dummy* que representa o sucesso ($d_m = 1$) ou fracasso ($d_m = 0$) do esforço (“lance” estocástico, ou *draw*) imitativo, ρ_{mi} é a proporção

³⁶ Nessa formulação estamos seguindo o modelo de Nelson e Winter; observe-se ainda que o uso da proporção da receita gasta em P&D como critério estratégico tem ampla sustentação empírica. Diferentemente daquele modelo, porém, como se verá na análise das simulações, foram supostos três tipos de firmas conforme o mix de despesas em P&D inovativo ou imitativo, entre as oito que formam a indústria: inovadoras “fortes”, inovadoras “fracas” e imitadoras estritas.

da receita da firma gasta em P&D imitativo e a_m é um parâmetro setorial (exógeno) de oportunidade tecnológica de sucesso imitativo.³⁷

Produtividade associada à inovação

Primeiro estágio – probabilidade de sucesso inovativo:

$$Pr(d_n = 1) = 1 - \exp(-\rho_{n,i} p_{i,t} x_{i,t} a_n) \quad (33)$$

onde d_n é uma variável *dummy* que representa analogamente o sucesso ou fracasso do esforço inovativo, ρ_{ni} é a proporção da receita da firma gasta em P&D inovativo, e a_n é um parâmetro (exógeno e comum às empresas deste setor) de oportunidade tecnológica de sucesso inovativo.³⁸

Segundo estágio – produtividade a ser obtida pela inovação, $\pi_{i,t}^N$ (ocorre apenas se $d_n = 1$):

$$\log(\pi_{i,t}^N) \sim N(\mu; \sigma^2) \quad (34)$$

com μ e σ dados exogenamente.³⁹

A escolha tecnológica final da firma, que define a produtividade de sua “fronteira” interna $\pi_{i,t}^F$, recairá sobre a tecnologia de maior produtividade entre as alternativas disponíveis, obtidas pela busca tecnológica:

$$\pi_{i,t}^F = \max(\pi_{i,t-1}^F, \pi_{i,t}^N, \pi_{i,t}^M) \quad (35)$$

5. Alguns Resultados de Simulação

Foram feitas diversas simulações para investigar a influência de variáveis e parâmetros de cada bloco do modelo sobre a dinâmica competitiva do mercado. Os resultados a seguir têm como principal objetivo exemplificar os tipos de trajetórias de variáveis geradas pelo modelo, sem nenhuma pretensão exaustiva; ao contrário, são ainda preliminares. Supôs-se que a indústria é composta

³⁷ *Ajustado, como no modelo de Nelson e Winter, para gerar um valor esperado de dois sucessos imitativos para o mercado inteiro, por período de investimento, resultando no valor de 0,00016 para o parâmetro.*

³⁸ *Idem nota anterior, para sucessos inovativos, resultando no valor de 0,0004 para o parâmetro.*

³⁹ *Assumiu-se nas simulações $\mu=1+0,01t$ e $\sigma=0,05$, isto é, crescimento de 1% por período de produção. A especificação da função, inclusive parâmetros, acompanha o modelo de Nelson e Winter (1982:302, cap. 1).*

de oito firmas inicialmente idênticas, exceto quanto: à estratégia de preços, em termos do peso atribuído ao *mark-up* desejado pela empresa (parâmetro θ da equação 11) vis-à-vis o preço médio do mercado; à estratégia de busca inovativa (ou imitativa), expressa na respectiva fração da receita (ρ) investida em P&D. Nas simulações foram supostos três tipos de firmas, definidos a partir desta última estratégia: as numeradas como 1 e 2 são “inovadoras fortes” (6% de gasto em P&D inovativo e 3% em imitativo); as de números 3 e 4 são “inovadoras fracas” (proporção inversa); as de 5 a 8 são “imitadoras” (6%, apenas em imitação).⁴⁰ Coerentemente com essa classificação, supôs-se também que as “inovadoras” têm o parâmetro θ significativamente mais alto (fixado em 0,7) que as “imitadoras” (fixado em 0,3), assumindo que aquelas apostam em seu esperado sucesso inovativo para conseguir reduzir mais rapidamente custos e preços, conquistando mercado, enquanto estas últimas se acomodam ao papel de seguidoras em preços.

Nas simulações realizadas em condições *padrão* – que atribuem valores considerados “normais” (empiricamente mais razoáveis ou já utilizados em outros modelos) aos parâmetros objeto de simulação – as firmas *inovadoras* foram claramente favorecidas em termos de *market share*, por sua estratégia de busca, de investir mais em P&D, ainda que o resultado em termos de lucratividade (margem de lucro) tenha sido mais favorável para algumas firmas *imitadoras*. Em outras palavras, o esforço tecnológico adicional foi compensador principalmente em posição de mercado, e não em termos de margens de lucro.

Antes de apresentar alguns resultados mais específicos, são apresentadas nas figuras 1 a 5, somente para ilustração do funcionamento do modelo em simulações realizadas em condições *padrão*, algumas das principais variáveis de desempenho econômico usuais em economia industrial, a saber: *market shares*, em que se observa a tendência de as firmas inovadoras apresentarem desempenho superior (todas com 9% de gastos em P&D, independentemente de sua subdivisão em esforço inovador ou imitador); *preços*, em que se constata o acentuado declínio com clara liderança das inovadoras e pequena dispersão; *produtividade* média, apresentando crescimento descontínuo, mas com “degraus” relativamente pequenos, denotando o efeito do *learning by doing*; *capacidade produtiva*, cujo crescimento descontínuo acompanha claramente os

⁴⁰ Empiricamente esses valores correspondem a uma indústria razoavelmente dinâmica em termos inovativos, mas menos que no modelo original de Nelson e Winter (1982:290), no qual $\rho \cong 12\%$ para as firmas inovadoras.

market shares; *margens de lucro*, em que se constata a ausência de correlação clara – diferentemente dos *market shares* – com a estratégia de busca inovativa de cada firma, bem como a possibilidade de sobrevivência de retardatários já em prejuízo devido a um súbito sucesso imitativo. Assim, mesmo *a posteriori*, e analogamente às simulações do modelo (muito mais simples) de Nelson & Winter, verifica-se que os dois tipos de estratégia de busca podem ser eficazes para proporcionar sobrevivência e até rentabilidade no mercado, ainda que, no caso das firmas imitadoras, em posição subalterna e com participação menor.

Figura 1
Market Shares

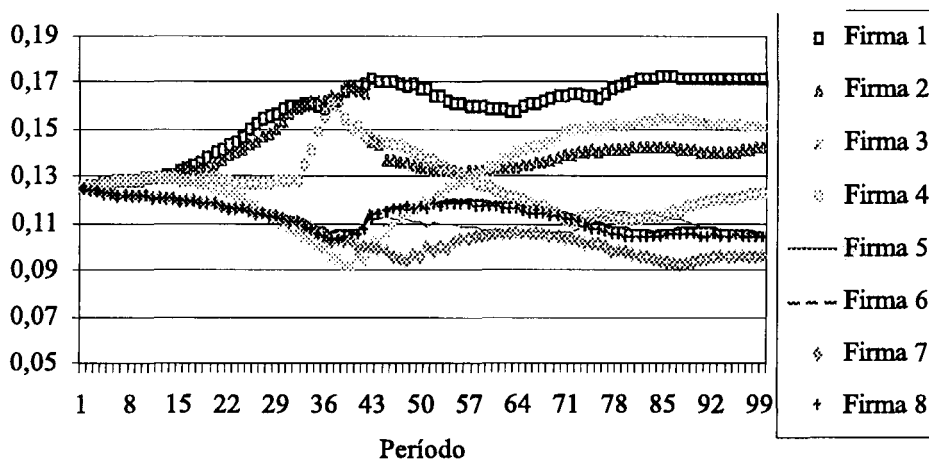


Figura 2
Preços

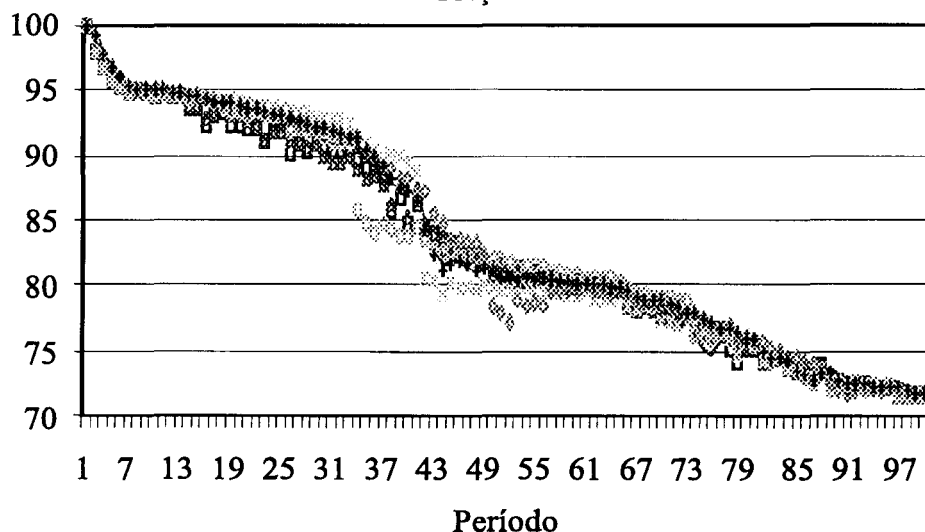


Figura 3
Produtividade

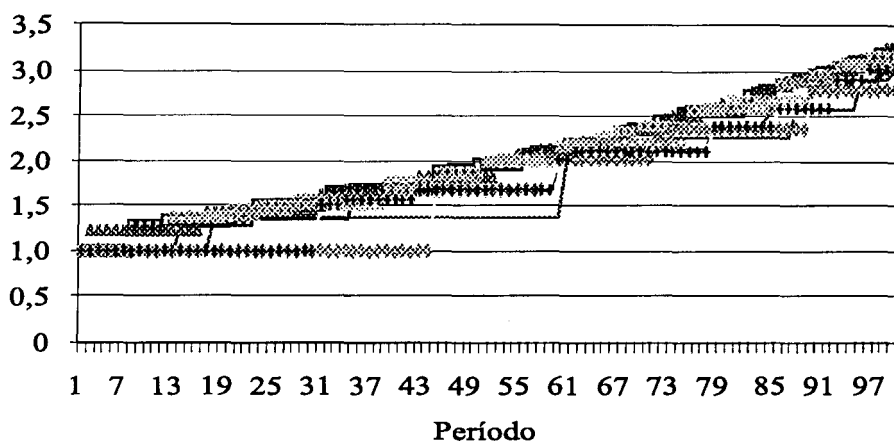


Figura 4
Capacidade Produtiva Total

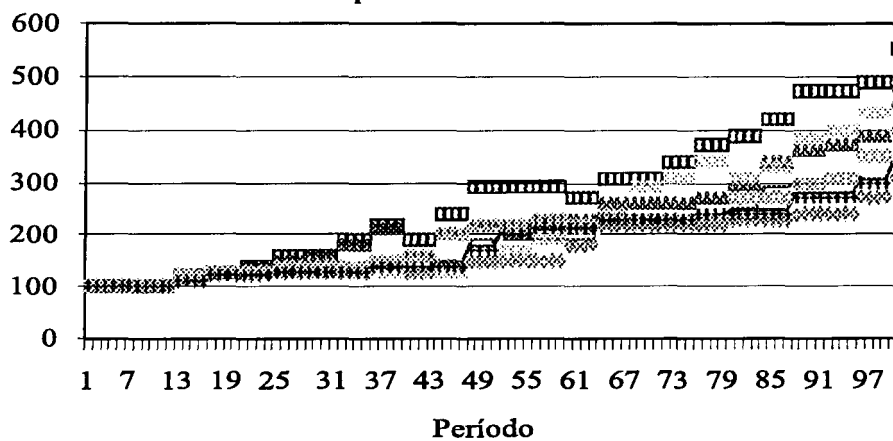
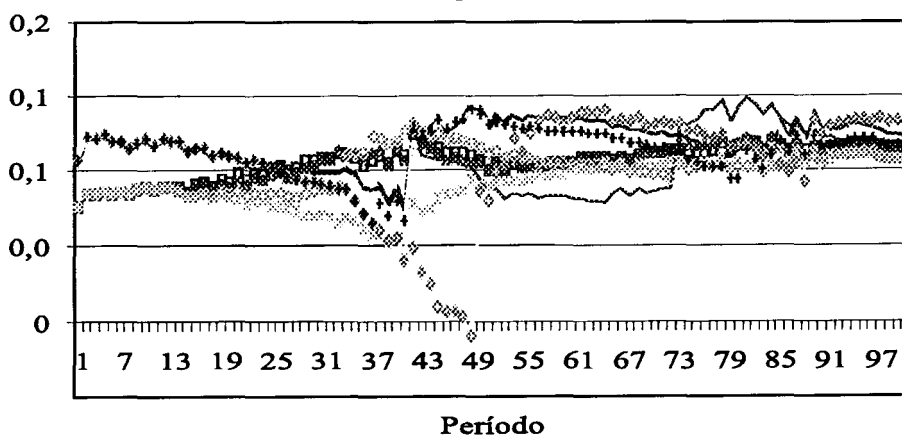


Figura 5
Margem de Lucro



5.1 Alguns resultados específicos

As simulações apresentadas a seguir foram agrupadas em dois conjuntos:

- a) alterando variáveis do ambiente de mercado;
- b) envolvendo variáveis estratégicas.

Simulações alterando variáveis do ambiente de mercado

Estas simulações comparam os efeitos de distintos parâmetros relativos às condições do ambiente de mercado, externas às estratégias das empresas: o ritmo de deslocamento exógeno da *fronteira tecnológica* em termos de valor esperado da produtividade (“latente”, segundo Nelson & Winter); a presença ou ausência de processos de *aprendizado*, que se constatou ter importante influência na sobrevivência de empresas imitadoras; o nível das *taxas de juros*, que, quando em patamares muito altos, pode provocar *seleção adversa* em relação àquela naturalmente gerada pelo processo de busca. Enquanto a primeira variável já foi objeto de análise em modelos dessa corrente, desde o de Nelson & Winter, as outras duas, na forma adotada aqui, são contribuições específicas do presente modelo.

Ganhos de produtividade da fronteira tecnológica

A velocidade de deslocamento da fronteira tecnológica em termos de produtividade – o crescimento da “produtividade latente”, na terminologia de Nelson e Winter (1982:283) – é dada pela taxa de crescimento do valor esperado do logaritmo da produtividade obtida com uma inovação bem-sucedida. Um aumento nessa taxa tem um impacto direto no mercado, aumentando sua concentração, como seria intuitivo, em favor das firmas inovadoras, o que se pode comprovar nas figuras 6 a 9.

Nas figuras 6 e 7 a produtividade latente cresce acima (2%) ou abaixo (0,5%) do 1% adotado, como no modelo de Nelson e Winter, para as simulações “padrão”. Observa-se em ambas a formação de dois conjuntos distintos (ou “clubes”) de desempenho em *market share*, constituídos respectivamente pelas inovadoras e pelas imitadoras; mas é nítida na figura 6, em contraste com a 7, a maior dispersão desse desempenho entre os dois conjuntos.

Quanto à concentração de mercado, os gráficos das figuras 8 e 9 mostram claramente como esse resultado corresponde a um alto impacto positivo do deslocamento mais rápido da fronteira sobre a concentração expressa em termos de “HHI equivalente”.⁴¹

Figura 6
Market shares com altos ganhos de produtividade (2%)

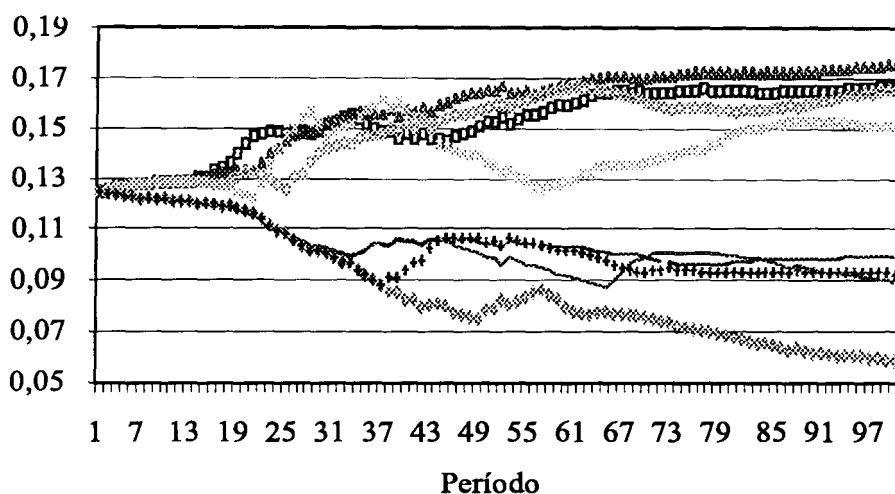
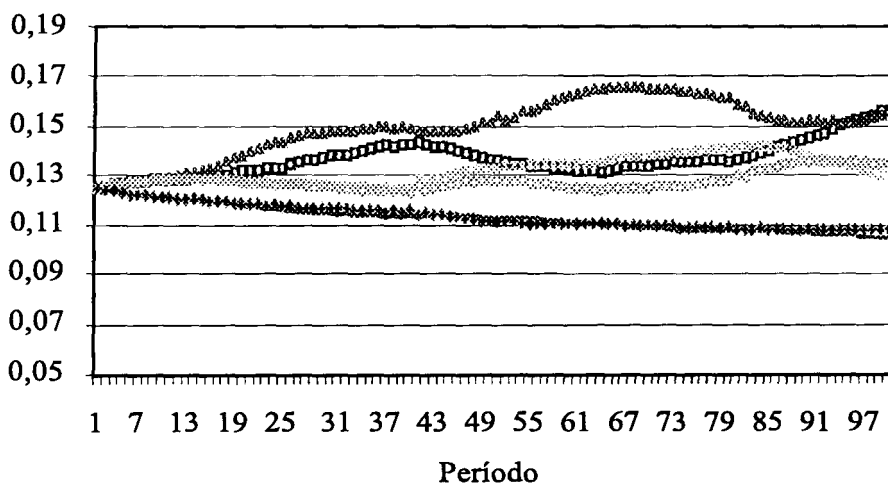


Figura 7
Market shares com baixos ganhos de produtividade (0,5%)



⁴¹ Indicador inverso do HHI (índice de Hirschman-Herfindahl), dado pelo número de empresas de mesmo tamanho que proporcionaria o mesmo valor do HHI calculado; logo, quanto menor esse número, maior a concentração do mercado (note-se que o número inicial é 8).

Figura 8
HHI equivalente com baixos ganhos de produtividade

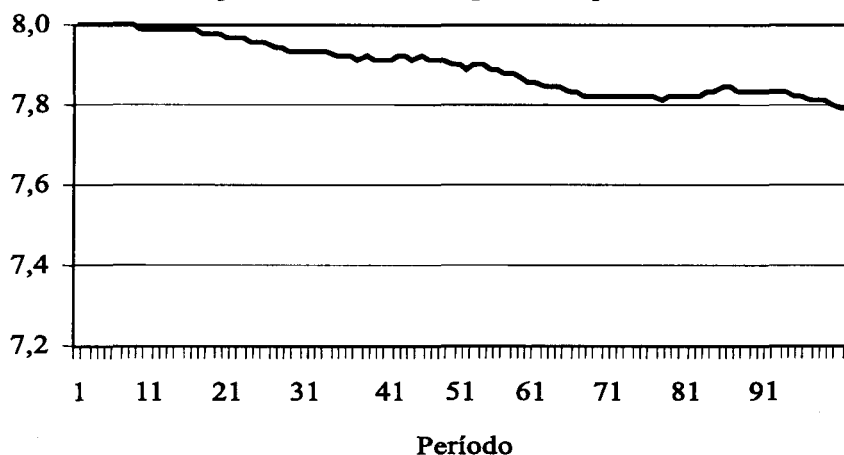
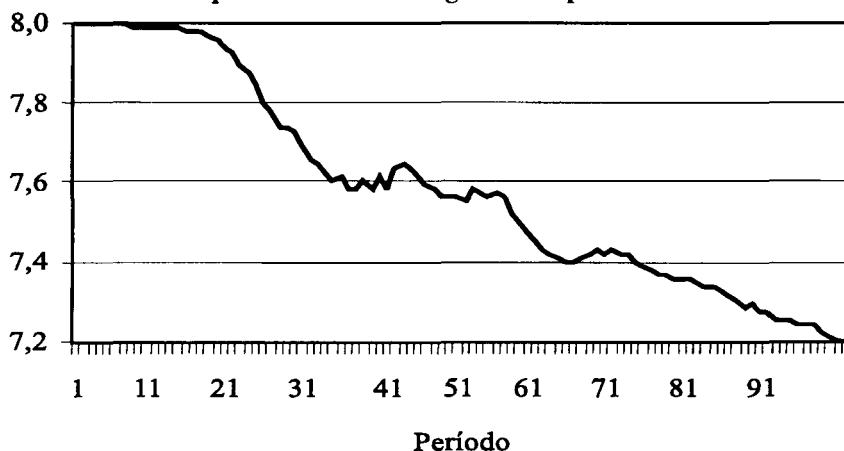


Figura 9
HHI equivalente com altos ganhos de produtividade



Aprendizado tecnológico potencial: influência ambígua

Os efeitos do aprendizado nas simulações realizadas são diferenciados entre firmas inovadoras e imitadoras. As inovadoras que obtêm um sucesso inovativo com maior rapidez, em diversas simulações realizadas com aprendizado, perderam espaço no mercado, após alguns períodos, para outras inovadoras e/ou imitadoras. Este movimento parece estar relacionado à presença de aprendizado: as firmas inovadoras pioneiras permanecem “presas” (*locked-in*) às curvas de aprendizado, enquanto as outras inovadoras e/ou imitadoras, que obtêm sucesso posteriormente, adotam tecnologias mais avançadas e passam a deter um *market share* maior. Na simulação apresentada na figura 10 o

A taxa de juros

A taxa de juros e a taxa de retorno sobre aplicações financeiras foram testadas em diferentes valores, mantendo-se a taxa de juros sempre mais alta. A principal influência nos *market shares* das empresas ocorreu em uma situação de altíssimas taxas de juros e de retorno. O movimento de aproximação das firmas inovadoras e imitadoras por volta da metade do tempo da simulação ocorreu em todas as simulações. No entanto, nas simulações com taxas de juros (e de retorno) inferiores o resultado final foi sempre favorável às inovadoras. Este benefício em termos de *market share* aumenta com a redução na taxa de juros, devido ao menor acúmulo de capital em forma líquida por parte das imitadoras. Sob taxas de juros muito altas, estas últimas, por não realizarem gastos significativos nos períodos iniciais, não contraem dívidas, mantendo boa parte de seu capital em forma líquida. O resultado dessa estratégia torna-se evidente nos gráficos das figuras 12 e 13, em que os encargos da dívida contraída pelas inovadoras acabam crescendo a uma taxa muito alta, prejudicando-as em benefício das imitadoras, que passam a utilizar seu capital acumulado.

Figura 12
Market shares com taxa de juros de 4,5% e taxa de retorno de 3,5%

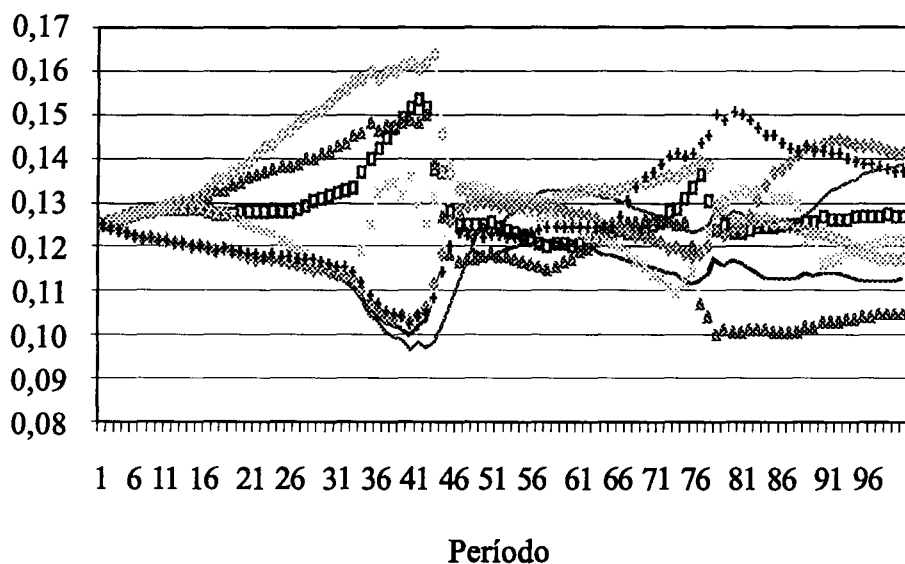
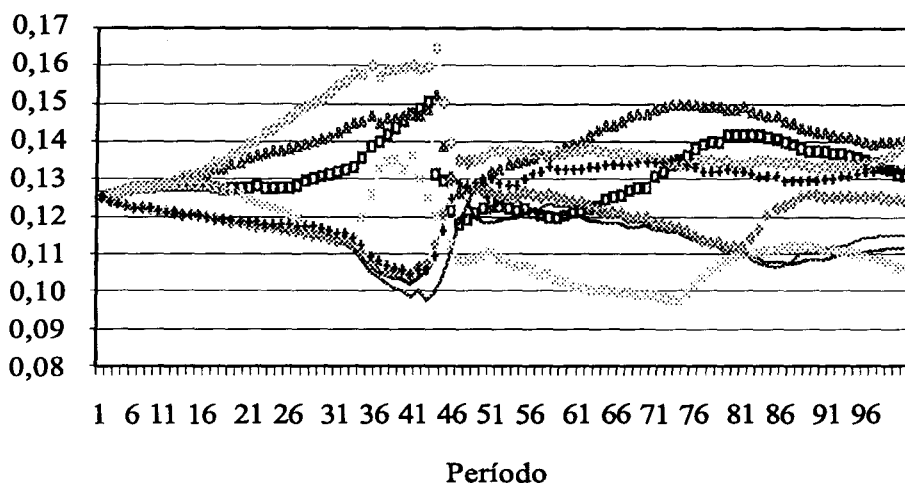


Figura 13
Market shares com taxa de juros de 1,2% e taxa de retorno de 1%



Simulações envolvendo variáveis estratégicas

Estratégias de preço

Como observado anteriormente, a decisão das firmas quanto ao preço deve permitir que elas façam ajustes no *mark-up* desejado, de modo a explorar oportunidades de lucro permitidas pela sua vantagem competitiva, e vice-versa para as empresas mal-sucedidas. Esses ajustes não devem ser excessivos, comprometendo a posição de mercado das firmas, nem muito restritivos, impedindo que as líderes se remunerem adequadamente pelo seu sucesso competitivo. A regra, muito simples, aqui adotada para esses ajustes é igualar o *mark-up* desejado de cada período de investimento ao *mark-up* efetivo médio do último período. Ela gerou precisamente o padrão esperado: firmas com melhor posição de mercado tendem a aumentar o *mark-up* desejado, e a regra é suficientemente sensível para permitir que essas mesmas firmas recuem o *mark-up* desejado se este tiver ultrapassado o limite permitido por suas vantagens competitivas.

As simulações a seguir mostram diferentes valores do “grau de monopólio” para o setor (definido como a média ponderada dos *mark-ups* desejados pelos respectivos *market shares*) e diferentes graus de concentração (“HHI equivalente”), para diferentes valores do parâmetro comportamental θ (conforme a equação 11). Constatou-se que as simulações são bastante sensíveis ao valor de θ , tanto para imitadoras quanto para inovadoras. Entre os valores considerados empiricamente plausíveis, como já mencionado, optou-se por 0,7 para

inovadoras e 0,3 para imitadoras. Firms inovadoras supostamente devem apostar no seu melhor desempenho esperado em produtividade, devido ao seu maior esforço inovativo, dando maior peso ao preço desejado, enquanto firms imitadoras, coerentemente com sua estratégia de seguidoras, devem esperar um relativo atraso tecnológico e, portanto, preparar-se para sacrificar o preço desejado em defesa da posição de mercado.

Assim, a estratégia de preço *padrão* – utilizada em todas as simulações, exceto quando explicitado em contrário – assume que as firms inovadoras dão maior peso (70%) ao preço desejado do que ao preço médio do mercado, enquanto as imitadoras, ao inverso, dão um peso de 30% ao preço desejado, acompanhando de forma mais próxima as alterações do preço médio. Entretanto, algumas simulações – mostradas nos gráficos das figuras 14 a 17 – foram realizadas *alterando* esses pesos, com o objetivo de analisar a influência desse tipo de estratégia sobre a estrutura do mercado. Em três delas, imitadoras e inovadoras adotam a mesma ponderação (30%, 50% e 70%) para o preço desejado. Na última, imitadoras e inovadoras invertem as estratégias de preço do *padrão*.

Em várias simulações realizadas a partir das mesmas sementes aleatórias (figuras 14 e 15), o “grau de monopólio” médio do mercado é máximo quando todas as firms dão maior importância ao preço médio – denotando uma tentativa de *conluio* em torno do preço –, gerando também menor concentração de mercado. A estratégia *padrão*, apesar de gerar maior concentração, não produz um alto grau de monopólio.

Figura 14
Grau de monopólio com diferentes estratégias de preço

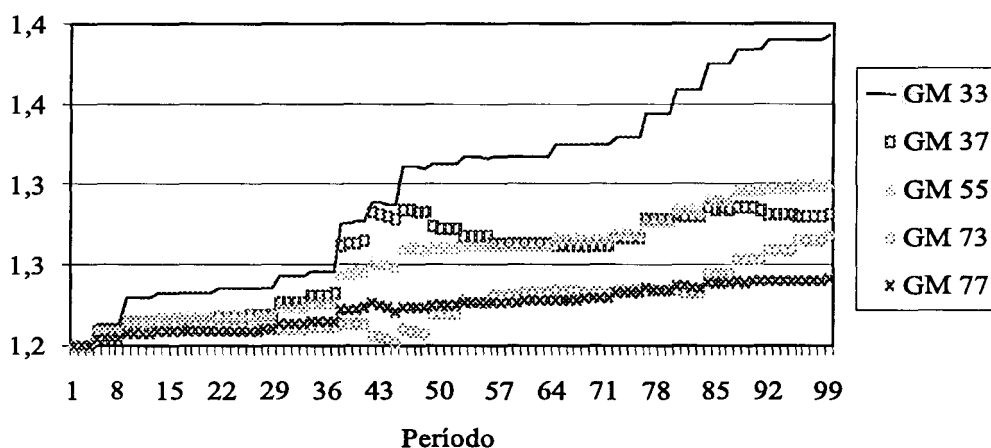
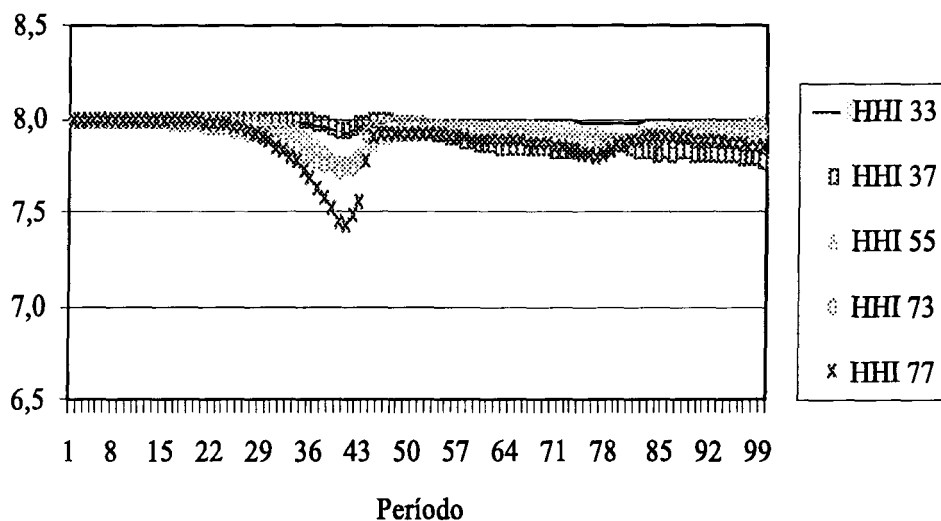


Figura 15
HHI equivalente para diferentes estratégias de preço



No entanto, a alteração resultante no grau de *concentração* é relevante apenas nas simulações realizadas *sem crescimento da demanda e sem aprendizado*, como pode ser visto na figura 17, comparada com a figura 15. Esses dois fatores atuam no sentido de reduzir a concentração, uma vez que beneficiam as firmas que não conseguem um bom desempenho tecnológico. O grau de monopólio não sofre uma mudança tão significativa (figura 16, comparada com a figura 14).

Figura 16
Grau de monopólio sem crescimento da demanda e sem aprendizado

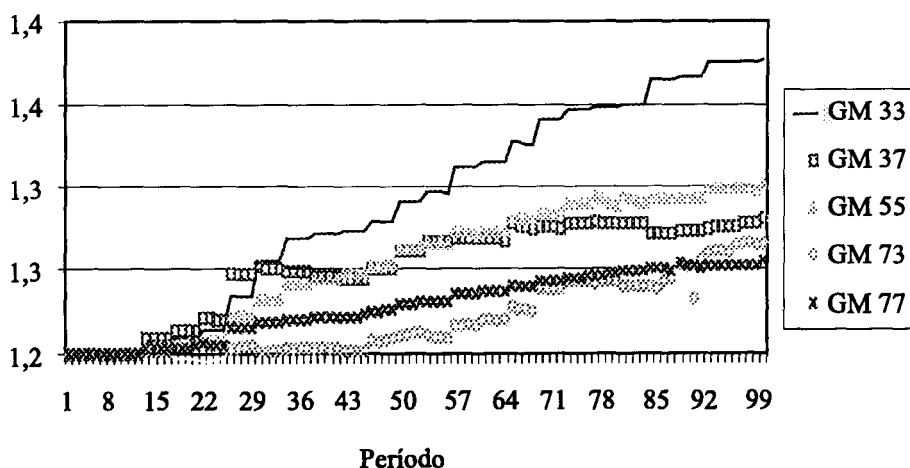
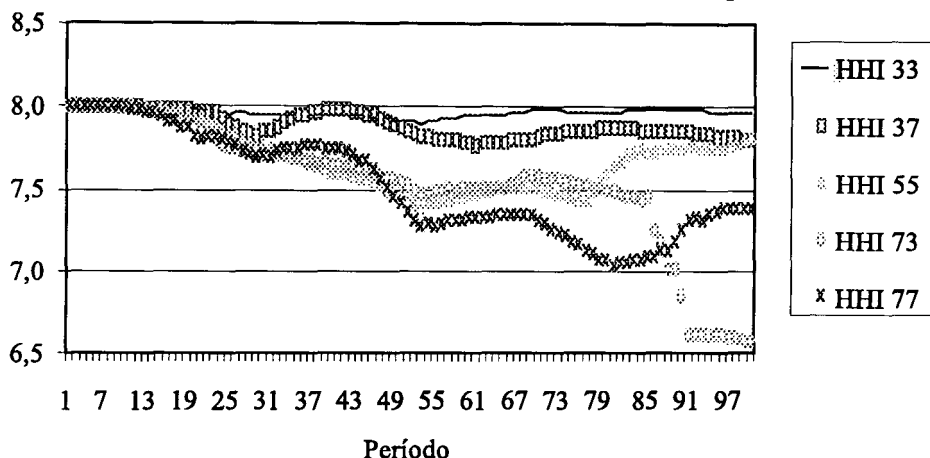


Figura 17
HHI equivalente sem crescimento da demanda e sem aprendizado



A simulação seguinte tem por objetivo mostrar a influência marcante da estratégia de preço com *feedback* do *mark-up* efetivo sobre o desejado, como a empregada neste modelo, sobre a tolerância do mercado para diferenças de competitividade. No gráfico da figura 18, as firmas usam uma regra de *mark-up* “simples” (*mark-up* efetivo fixo), utilizada em quase todos os modelos desde Nelson e Winter, mas não neste, que, como se viu, trabalha não apenas com *mark-up* efetivo variável, mas ainda com um mecanismo de *feedback* do *mark-up* efetivo sobre o próprio *mark-up* desejado. Assim, no gráfico da figura 19, que segue uma simulação *padrão* deste modelo, a regra de preços altera endogenamente tanto o *mark-up* efetivo quanto o desejado, gerando um resultado certamente mais realista em termos de flexibilidade estratégica das empresas quanto aos preços praticados, num mercado em que estes representam o fator competitivo mais importante, mas que não opera com um preço estritamente uniforme – ou seja, há diferenciação de produto, ainda que não como variável estratégica das empresas, ao estilo do modelo de Kalecki.

Por convenção do modelo, como se viu, as firmas que têm seu *market share* reduzido a menos de 1% são eliminadas. Como se pode ver no gráfico da figura 18, três firmas imitadoras são eliminadas do mercado, porque sua produtividade não avançou o suficiente para acompanhar as líderes e, apesar disso, elas mantinham seu *mark-up* efetivo inalterado. Já no gráfico da figura 19, a maior adaptabilidade das imitadoras, graças à estratégia generalizada de ajuste endógeno do *mark-up* desejado, garante sua sobrevivência no mercado.

Figura 18
Preços com mark-up fixo

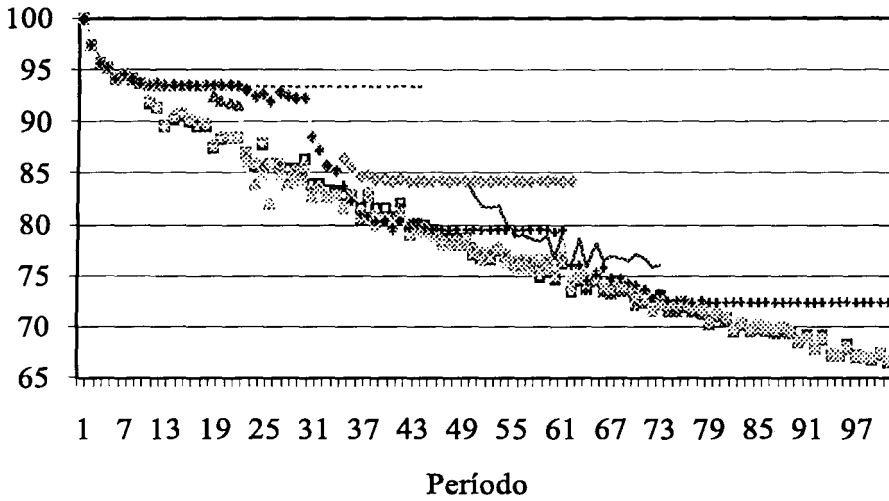
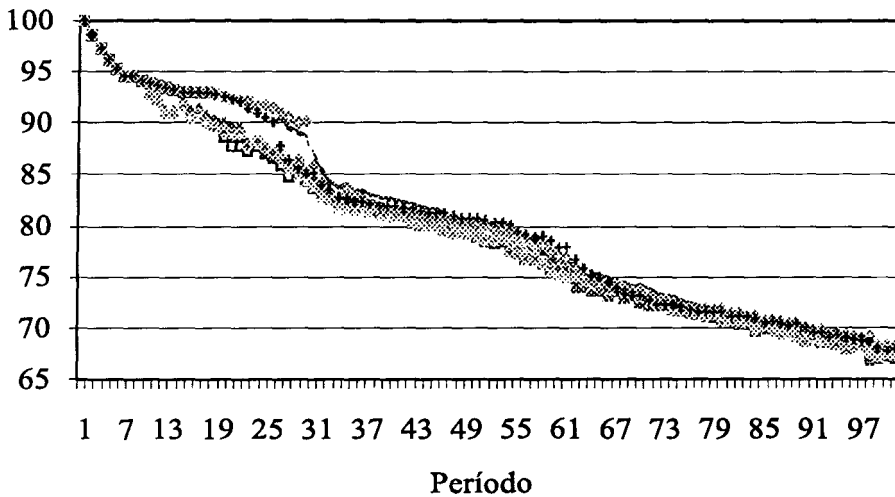


Figura 19
Preços com ajuste de mark-up



6. Conclusão

Como esclarecido anteriormente, os resultados aqui apresentados são *preliminares* e tiveram como principal objetivo exemplificar os tipos de trajetórias de variáveis geradas pelo modelo, bem como alguns dos resultados de simulação mais interessantes que já puderam ser obtidos nas primeiras “rodadas” do modelo. Apesar de a proposta do trabalho ser muito mais a de apresentar o

modelo e seu potencial do que de apresentar resultados conclusivos, podem-se apontar os seguintes principais resultados alcançados.

Em termos gerais, o modelo representa um prosseguimento da tradição de modelos evolucionários neo-schumpeterianos inaugurada por Nelson e Winter (1982) e continuada principalmente por Silverberg et alii (1988), entre outros mais recentes, porém buscando integrar as contribuições dessas duas referências centrais. A contribuição que o presente modelo se propõe oferecer consiste principalmente:

- a) na incorporação de elementos keynesianos e kaleckianos considerados restritivamente como “macroeconômicos” e, por isso, em geral relegados na modelagem evolucionária, destacando-se o uso generalizado (produção, investimento) de determinação de variáveis de receita e de renda pela demanda efetiva e a adoção de expectativas adaptativas na determinação das variáveis de oferta (produção, capacidade produtiva); no caso dos elementos kaleckianos, destaca-se, ainda, o uso de sua importante e pouco conhecida equação de preços sob concorrência imperfeita e da correspondente noção de “grau de monopólio”, para cuja interpretação estratégica ao nível de cada empresa, sugerida mas não desenvolvida explicitamente por Kalecki, o presente modelo oferece uma contribuição original em termos de ajuste dinâmico do nível de aspiração da empresa;
- b) na introdução de mecanismos de *feedback* sobre preços (e/ou *mark-up*) que se constatou serem essenciais para proporcionar (para além dos mecanismos dinâmicos probabilísticos associados à busca inovativa e imitativa, de tipo “cadeia de Markov”, já presentes no modelo original de Nelson e Winter) uma dinâmica de mercado mais realista do ponto de vista da estratégia corrente de negócios das empresas - e não apenas da estratégia *tecnológica*, tão cara aos autores desta corrente.

Em termos específicos, pode-se dizer resumidamente que as simulações já realizadas permitem, com a devida cautela por serem ainda preliminares, destacar os seguintes resultados, em relação aos parâmetros *estruturais* ou do *ambiente* de mercado e aos parâmetros *comportamentais* ou estratégicos (basicamente preços):

- a) quanto aos parâmetros *estruturais*, as simulações mostraram um efeito positivo da taxa de crescimento da produtividade “latente”, ou da fronteira tecnológica, sobre a concentração do mercado; os efeitos não-intuitivos do

aprendizado em benefício das firmas inovativas “fracas” e imitativas, ao produzirem um *lock-in* de firmas inovadoras pioneiras em tecnologias que pouco oferecem ainda em termos de ganhos de produtividade via aprendizado, ao contrário das novas tecnologias; e o efeito considerado de “seleção adversa”, provocado por taxas de juros muito altas em detrimento das inovadoras pioneiras, que se endividam a ponto de prejudicar seu esforço de investimento em benefício de empresas imitadoras;

- b) quanto aos parâmetros *comportamentais* que refletem as *estratégias de preços* das empresas, observou-se que, quanto maior a ponderação do *mark-up* desejado na formação do preço das inovadoras, maior *ceteris paribus* a seletividade e, portanto, a concentração resultante no mercado em seu proveito, o que é ainda reforçado por uma demanda menos dinâmica e pela ausência de aprendizado; verificou-se, ainda, a importância decisiva do *feedback* entre o desempenho competitivo, expresso no *mark-up* efetivo sobre o nível de aspiração da empresa, ou seja, sobre o *mark-up* desejado, que representa a introdução no modelo de um mecanismo endógeno de adaptação destas empresas à intensidade do processo seletivo em curso no mercado, o que pode ser crucial para a viabilidade de estratégias tecnológicas imitadoras combinadas com estratégias de preços seguidoras.

Novas simulações e seus resultados serão relatados em próximos artigos.

Referências Bibliográficas

- Andersen, E. *Evolutionary economics: post-Schumpeterian contributions*. London, Pinter Publisher, 1996.
- Bromiley, P. Corporate planning and capital investment. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 7, 1986.
- Campante, F. Mudança tecnológica, estratégias de preços e dinâmica industrial: um modelo evolucionário. Rio de Janeiro, IE/UFRJ, 1999. mimeog.
- Chiaromonte, F. & Dosi, G. The micro foundations of competitiveness and their macroeconomic implications. In: Foray, D. & Freeman, C. (eds.). *Technology and the Wealth of Nations: the dynamics of constructed advantages*. London, Pinter, 1993.

Cyert, R.; Debrost, M. & Holt, C. Capital allocation within a firm. *Behavioral Science*, 24, 1979.

_____ & De Groot, M. (eds.). *Bayesian analysis and uncertainty in economic theory*. Totowa, Rowman and Littlefield, 1987.

_____ & March, J. *A behavioral theory of the firm*. 2 ed. Oxford, Blackwell, 1992.

Davidson, P. Rational expectations: a fallacious foundation for studying crucial decision-making processes. *Journal of Post Keynesian Economics*, 2, Winter 1982.

Dosi, G. Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of determinants and direction of technical change. *Research Policy*, 11, 1982.

_____. *Technical change and industrial transformation*. London, Macmillan, 1984.

_____. Sources, procedures and microeconomics effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, 26, Sept. 1988.

_____; Freeman, C.; Nelson, R.; Silverberg, G. & Soete, L. (eds.). *Technical change and economic theory*. London, Pinter, 1988.

Gandolfo, G. *Economic dynamics: methods and models*. 2 ed. Amsterdam, North-Holland, 1985.

Goodwin, R. Dynamical coupling with special reference to markets having production lags. *Econometrica*, 15, 1947.

Heiner, R. The origin of predictable behavior. *American Economic Review*, 73(3), Sept. 1983.

Kalecki, M. *Theory of economic dynamics*. 2 ed. London, Allen & Unwin, 1954.

Keynes, J. M. *The general theory of employment, interest and money*. London, Macmillan, 1936.

Kwasnicki, W. & Kwasnicka, H. Long-term diffusion factors of technological development: an evolutionary model and case study. *Technological Forecasting and Social Change*, 52, 1996.

Larson, H. *Introduction to probability theory and statistical inference*. 3 ed. New York, John Wiley & Sons, 1982.

Metzler, L. The nature and stability of inventory cycles. *Review of Economics and Statistics*, 23, 1941.

Nelson, R. The co-evolution of technology, industrial structure, and supporting institutions. *Industrial and Corporate Change*, 3(1), 1994.

_____. Recent evolutionary theorizing about economic change. *Journal of Economic Literature*, 33, Mar. 1995

_____ & Winter, S. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1982.

Pavitt, K. Sectoral patterns of technological change: toward a taxonomy and a theory. *Research Policy*, 13(6), 1984.

Possas, M. L. *Dinâmica e ciclo econômico em oligopólio*. Campinas, Depe/Unicamp, 1983. (Tese de Doutorado.)

_____. Um modelo dinâmico multissetorial. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 14(2), ago. 1984.

_____. *Estruturas de mercado em oligopólio*. São Paulo, Hucitec, 1985.

_____. *A dinâmica da economia capitalista: uma abordagem teórica*. São Paulo, Brasiliense, 1987.

_____. Racionalidade e regularidades: rumo a uma integração micro-macrodinâmica. *Economia e Sociedade*, (2), ago. 1993.

_____. Demanda efetiva, investimento e dinâmica: a atualidade de Kalecki para a teoria macroeconômica. *Revista de Economia Contemporânea*, 3(2), jul./dez. 1999.

Saviotti, P. & Metcalfe, J. (eds.). *Evolutionary theories of economic and technological change: present status and future prospects*. Chur, Harwood Academic Publ., 1991.

Scherer, F. & Ross, D. *Industrial market structure and economic performance*. 2 ed. Boston, Houghton Mifflin, 1990.

Schumpeter, J. *The theory of economic development*. [1991]. London, Oxford University Press, 1934.

_____. *Capitalism, socialism and democracy*. New York, Harper & Bros, 1942.

Silverberg, G. Technical progress, capital accumulation and effective demand: a self-organization model. In: Batten, D.; Casti, J. & Johansson, B. *Economic evolution and structural adjustment*. Berlin, Springer-Verlag, 1987.

_____. Evolutionary modeling in economics: recent history and immediate prospects. In: Evolutionary Economics as a Scientific Research Programme Workshop. *Proceedings*. Stockholm, 1997.

_____; Dosi, G. & Orsenigo, L. Innovation, diversity and diffusion: a self-organization model. *The Economic Journal*, 98, Dec. 1988.

Simon, H. *Reason in human affairs*. Stanford, Stanford University Press, 1983.

Vercelli, A. *Methodological foundations of macroeconomics: Keynes and Lucas*. Cambridge, Cambridge University Press, 1991.

Valente, M. Evolutionary economics and computer simulation: a model for the evolution of markets. University of Aalborg, 1999. (Tese de Doutorado.)

Winter, S. Schumpeterian competition in alternative technological regimes. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 5(3-4), Sept. 1984.

Williamson, J. *A economia aberta e a economia mundial: um texto de economia internacional*. 2 ed. Rio de Janeiro, Campus, 1989.

Wood, A. *A theory of profits*. Cambridge, Cambridge University Press, 1975.

Yelle, L. The learning curve: historical review and comprehensive survey. In: *Decision Sciences*, 10(2), Apr. 1979.