

ARTIGOS

MODELO EVOLUCIONÁRIO PARA TEMPO DE DURAÇÃO DE PATENTES E INOVAÇÃO

Daniel Tanis

Graduando em Ciências Econômicas pela Universidade de São Paulo – FEA/USP
Bolsista de Iniciação Científica pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP

E-mail: daniel.tanis@gmail.com [Brasil]

Hélio Nogueira da Cruz

Doutor em Economia pela Universidade de São Paulo – USP
Professor titular do Departamento de Economia da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo – USP

E-mail: hncruz@usp.br [Brasil]

Resumo

Este artigo apresenta um modelo evolucionário para mudança econômica e progresso tecnológico. O modelo é construído de acordo com o sistema schumpeteriano de competição. Comportamento imitativo e inovativo é um elemento crítico da dinâmica econômica. O processo de Pesquisa e Desenvolvimento - P&D e a estrutura de mercado são estudadas em profundidade tendo em vista a construção de um modelo integrado. Patentes jogam um papel central na análise: sua abrangência e seu impacto sobre o sistema econômico será integrado na investigação de forma que custos e benefícios possam ser apreciados.

Palavras-chave: Economia evolucionária; Inovação; Patentes; Tecnologia.

1 INTRODUÇÃO

Para Schumpeter (2006), a mudança econômica que implica saltos qualitativos é colocada como característica inerente ao capitalismo. Funções de produção, produtos e insumos idênticos ao longo do tempo são pressupostos inverossímeis para tratar do ambiente de produção capitalista. É justamente naquilo que é rígido num sistema de análise no qual prevalece a competição por preços que reside o motor da competição por espaço de mercado. É a própria mudança dos mecanismos de produção, assim como dos produtos e dos insumos, que carrega o maior potencial competitivo das empresas. Em última análise, Schumpeter (1942) mostra que a concorrência econômica revela-se logicamente mais coerente quando advém dos processos de mudança do sistema, através das inovações, e revela-se empiricamente mais coerente quando as diferenças são marcadas na estrutura produtiva.

Este artigo propõe expandir um modelo evolucionário de concorrência schumpeteriana apresentado por Nelson e Winter (1982), no capítulo 12, de modo a comportar novos elementos que permitam maior complexidade de análise. O ponto chave de nossas extensões é a propriedade intelectual tratada como patente. Tomaremos a influência da estrutura de produção diante dos resultados econômicos, como já estudado, e tentaremos verificar como esta se comporta diante de regimes de propriedade intelectual diferentes. O texto está dividido em quatro partes. No primeiro momento apresentamos o modelo que servirá de estrutura para nossas expansões que são, na parte seguinte, apresentadas. Na terceira seção expomos os resultados da simulação e, num último momento, uma breve revisão dos temas apresentados, ressaltando novos caminhos para análises mais avançadas.

1.1 O MODELO BASE

Apresentaremos agora o modelo Nelson e Winter (doravante modelo NW) que serve de base para o modelo a ser construído a seguir. O modelo trata de uma indústria na qual um único bem homogêneo é produzido. O comportamento das empresas é definido pelas suas rotinas. Existem três níveis de rotina: produção, investimento e P&D (Pesquisa e Desenvolvimento). A produção refere-se à combinação de fatores, a uma dada tecnologia, que resulta em produto. A rotina de investimento determina os critérios de expansão e contração das empresas, considerados como crescimento ou diminuição do estoque de capital. Já o P&D é realizado em duas frentes: pesquisa interna e externa. Nesse modelo as empresas podem realizar ambas as formas de pesquisa, mas com ênfases diferentes. Empresas podem empenhar-se mais em pesquisa externa, imitadora, ou em pesquisa interna, inovadora. O ambiente de seleção gerado pelo modelo determinará o tipo de rotina mais apropriado. Como o objetivo do modelo de Nelson e Winter (1982), tal como o das alterações que serão sugeridas aqui, não é o de compreender profundamente as dinâmicas produtivas de cada empresa em particular, visto que a rotina de produção é bastante simples. A tecnologia é interpretada como um mecanismo que aumenta a produção por unidade de capital mantendo retornos constantes de escala, conforme a expressão:

$$(1) Q_{it} = A_t K_{it}$$

em que t é o tempo, i a empresa, A a tecnologia, K o volume de capital e Q o nível de produção. Considera-se a proporção entre os demais insumos – trabalho e matéria-prima – e o capital constante ao longo do tempo. Os preços dos insumos também são constantes. Utilizaremos a mesma rotina de produção proposta por Nelson e Winter (1982) por uma razão principal: na

medida em que se trabalha com uma regra de produção bastante simples e igual para todas as empresas, diminuem as chances de superestimar os efeitos do progresso técnico sobre a estrutura do mercado. Ou seja, caso cada empresa possua uma função de produção própria com três insumos variáveis envolvidos, tornar-se difícil diferenciar os efeitos diretos causados pela mudança técnica dos efeitos indiretos, por meio de variações dos preços dos insumos. A função de produção em sua versão agregada é dada por:

$$(2) Q_t = \Sigma Q_{it}$$

Por meio dessa função é possível obter informações suficientes sobre a produção, de forma a trabalhar endogenamente a estrutura de mercado.

O único pressuposto sobre a demanda é:

$$(3) D(Q_t) = P_t$$

Por essa expressão, o preço é determinado por uma função D decrescente. Neste modelo, a receita gerada pela a produção, $P_t Q_{it}$ é alocada entre compra de insumos e gastos com P&D. Considera-se que compra de capital é investimento.

Portanto, temos:

$$(4) \pi_{it} = (P_t A_{it} - c - r_{im} - r_{in})$$

O lucro por unidade de capital é a receita por unidade de capital menos os custos produtivos menos os gastos, por unidade de capital, com P&D externo e P&D interno.

Para a rotina investimento, temos:

$$(5) K_{i(t+1)} = I\left(\frac{P_t A_{i(t+1)}}{c}, \frac{Q_{it}}{Q_t}, \pi_{it}, \delta\right) \cdot K_{it} + (1 - \delta) K_{it}$$

O capital do próximo período depende da razão entre o preço e o custo de produção, em que c é o custo de produção por unidade de capital. O investimento também depende do *market-share* de cada empresa, da razão entre sua produção no período t e a produção total da indústria no mesmo período.

Na simulação proposta por Nelson e Winter (1982), a função I é definida por:

$$I(\rho, s, \pi, \delta) = \text{Máx}\left[0, \text{Min}\left\{(1 + \delta) - \frac{2 - s}{\rho(2 - 2s)}, f(\pi)\right\}\right]$$

Observa-se que $f(\pi)$ é uma função do lucro discreta.

Em termos gerais, a decisão de crescimento ou contração das empresas depende da sua satisfação com sua participação no mercado, variável esta que compara o estado produtivo de uma empresa com as demais do mercado. Depende também de sua razão preço-custo, que verifica, dado o seu estado tecnológico atual, as possibilidades de investimento. Por último, depende também do potencial de financiamento da empresa, determinado pelo nível de lucro. Empresas com lucros positivos são capazes de crescer mais do que empresas com lucros negativos.

A rotina P&D, como já mencionamos, é trabalhada nas frentes de pesquisa interna e externa. A pesquisa externa verifica a melhor tecnologia existente no período e, com certa

probabilidade, adota-a. A pesquisa interna gera novos valores de A em cada período e, com certa probabilidade, é capaz de adotá-los. Formalmente, temos:

$$(6) A_{i(t+1)} = \text{Max}[A_{it}, A_{mt}d_{mt}, A_{nt}d_{nt}]$$

em que A_{it} , como já definimos, é a tecnologia de uma empresa no período t . A_{mt} é a maior tecnologia existente no período t e d_{mt} é uma variável aleatória binária que assume o valor 1 dependendo do nível absoluto de investimento em P&D por cada empresa. A_{nt} é um valor para A gerado aleatoriamente no período t , sua distribuição é constante ao longo do tempo e igual para todas as empresas. d_{nt} é outra variável aleatória binária que assume o valor 1 dependendo do nível de investimento e do período t em que a empresa opera.

$$(7) \text{Pr}(d_{int} = 1) = a_m r_{im} K_{it} \quad e,$$

$$(8) \text{Pr}(d_{int} = 1) = a_n r_{in} K_{it},$$

em que a é um parâmetro do modelo e $r K$ são os montantes destinados a cada tipo do P&D.

2 EXPANSÕES DO MODELO BASE

2.1 RETORNOS CRESCENTES DE ESCALA PARA PESQUISA

As equações 7 e 8 apresentam uma função linear para a probabilidade de uma inovação externa ser incorporada à produção e para a probabilidade de uma inovação ser descoberta internamente. Entretanto, segundo Arrow (1962), existem retornos crescentes de escala nos processos de pesquisa, sejam eles imitativos ou inovativos. Ou seja, dobrar o investimento em P&D implica mais do que dobrar os retornos da pesquisa. O que Arrow (1962) constata é que o processo de produção de conhecimento tem um caráter cumulativo dentro de uma mesma pesquisa, na medida em que novas coisas são descobertas, ao longo de um projeto, mais novas coisas poderão, então, ser descobertas. No caso de Arrow (1962), retornos crescentes de escala configuram um problema para a análise econômica da oferta de inovação. Já em nosso quadro teórico, podemos, sem muita dificuldade, trabalhar com essa peculiaridade do processo de P&D. Trabalharemos, portanto, com uma função quadrática que relaciona o montante investido na rotina P&D e a probabilidade de obtenção de uma nova tecnologia.

Vale notar que este tratamento para a tecnologia altera algumas relações de mercado. Empresas que investem mais em P&D têm chances maiores, mais do que proporcionais ao gasto, de obterem resultados positivos em suas pesquisas. Ou seja, uma empresa que investe em P&D metade do que é investido por outra tem menos da metade das chances de obter uma inovação do que aquele que investe o dobro. Levando em consideração a discussão realizada acerca da concorrência schumpeteriana, essa expansão do modelo parece refletir adequadamente o que Schumpeter (1942) diagnosticou na economia de seu tempo: monopólios e oligopólios (empresas grandes) parecem ser responsáveis pelo crescimento do produto através de seu potencial inovativo.

As equações

$$(7) \text{Pr}(d_{int} = 1) = a_m r_{im} K_{it} \quad e,$$

$$(8) \text{Pr}(d_{int} = 1) = a_n r_{in} K_{it}$$

serão, então, substituídas pelas seguintes:

$$(7) \Pr(d_{int} = 1) = a_m [(r_{im} K_{it} + 1)^2 - 1] \quad e,$$

$$(8) \Pr(d_{int} = 1) = a_n [(r_{in} K_{it} + 1)^2 - 1].$$

2.2 PATENTES

Na versão original do modelo, a apropriação de tecnologia de terceiros, P&D imitativo, não sofre nenhuma forma de restrição. O que se propõe aqui é inserir um mecanismo que impeça temporariamente a difusão tecnológica permitindo, em certa medida, a uma empresa controle de sua própria tecnologia. Tentamos, então, incorporar à análise um mecanismo de patente. Para que possamos trabalhar com esse novo elemento, faremos uma breve exposição do significado de patente e de seus impactos no sistema econômico para, em seguida, estilizarmos seu comportamento no universo de operação deste modelo evolucionário.

“As patentes têm sua *rationale* no direito de seu proprietário excluir terceiros de certos direitos...” (BARBOSA, 1978, p. 47). Direitos estes relativos a:

- a) quando a patente for concedida com respeito a um produto:
 - (i) fabricar, importar, oferecer à venda, vender e usar o produto
 - (ii) estocar tal produto com finalidade de oferecer à venda, vender ou usar.
- (b) quando a patente for concedida com respeito a um processo:
 - (i) aplicar o processo
 - (ii) realizar quaisquer atos referidos em (a) em relação a um produto obtido diretamente por meio dos processos.

Essas características estão expostas no modelo de lei sobre invenções para países em desenvolvimento Genebra, 1965, Art. 21 (BARBOSA, 1978).

Como já havíamos mencionado, a inovação neste modelo não cria novos mercados nem novos produtos. O tipo de patente que será trabalhado aqui é, portanto, referente ao processo-item (b).

O que, verdadeiramente, é o objetivo desta análise é identificar os impactos que as patentes, que possuem um caráter claramente legal, causam no sistema econômico. É curioso que, mesmo partindo de *frameworks* distintos, a análise econômica é relativamente uníssona no que se refere à importância das patentes.

Seguindo a abordagem de Arrow (1962), patentes podem surgir como mecanismos de apropriabilidade da commodity informação. Se, por um lado, existe certa antipatia com respeito ao incentivo ao monopólio de determinado conhecimento, antipatia essa que “surge da associação de monopólio com ineficiência e má alocação, associações advindas da análise econômica ortodoxa” (TAYLOR; SILBERSTON, 1973, p. 34, tradução nossa), há uma clara aceitação no que diz respeito à solução de uma ineficiência endêmica da demanda por informação.

De acordo com o conceito de concorrência schumpeteriana, pode-se demonstrar que a patente exerce uma força em prol da inovação. Schumpeter (1942) ressalta que estruturas de mercado concentradas não são propriamente ineficientes, já que grandes empresas são centros de alta produção inovativa. Essa idéia foi incorporada ao modelo na primeira extensão proposta com retornos crescentes de escala na rotina de busca.

Patentes aumentam, necessariamente, a diversidade do ambiente produtivo e, em termos evolucionários, aumentam a distância entre ganhadores e perdedores. Isto é, já que a

difusão tecnológica torna-se limitada, empresas produzirão, mais provavelmente, com tecnologias diferentes. A ampliação do leque produtivo afasta tecnologias de sua média, ou seja, aumenta a variância da distribuição da tecnologia no ambiente industrial. Como empresas com tecnologias melhores crescem mais e o volume de seu capital é mais do que proporcional à sua efetividade de busca, supõe-se que as ganhadoras ganham mais e, de maneira análoga, as perdedoras perdem mais. Portanto, patentes contribuem para a concentração industrial que, por sua vez, contribui para a produção tecnológica.

Vale mencionar que esta última passagem é um ponto delicado e bastante passível de críticas. Apontamos para uma determinação recíproca da estrutura produtiva sobre a produção tecnológica. A ocorrência desses dois vetores de influencia é inegável. Entretanto, Coombs (1988) faz uma breve recapitulação crítica dessa discussão. Na medida em que adotamos este modelo para a análise da estrutura de mercado, foi adotada a posição de aceitar como proposições o maior potencial de inovação de empresas maiores e a relação “bi-causal” entre estrutura de mercado e potencial inovativo.

Para efeitos de modelagem, trata-se de condicionar a equação (6) pelo tempo de maturação da inovação. Uma nova tecnologia externa só poderá ser incorporada à dinâmica produtiva de outra empresa, uma vez que sua patente já tenha caído. O valor de A_{mt} apresentado às empresas não é mais o mais alto da indústria, mas apenas o mais alto cuja patente já tenha expirado. O tempo de duração da patente será uma variável do modelo e, com base nela, tentaremos comparar as estruturas produtivas resultantes.

Neste modelo, patentear será tratado com uma possibilidade, ou seja, baseando-se numa análise custo-benefícios as empresas decidem se patentear é uma estratégia ótima ou não. O benefício da exclusividade de produzir com uma tecnologia mais moderna manifesta-se por preços mais altos do que aqueles que vigorariam uma vez que todos produzissem com a melhor tecnologia. Tecnologias melhores levam a uma produção maior por unidade de capital e a lucros maiores, dado o nível de preços. Visto que mais empresas produzem com tecnologias melhores, o aumento da produção causa diminuição dos preços que, por sua vez, exerce uma força negativa no lucro. O ótimo, portanto, para uma empresa, é possuir monopólio da tecnologia mais elevada. Por outro lado, patentear implica incorrer em custos legais para sustentar sua posição “monopolista”. Então, a tarefa é classificar as inovações. Existem aquelas cujos impactos no sistema são mais intensos e, portanto, valem à pena ser patenteadas. Sua denominação na literatura é “tecnologias radicais”. Por outro lado, existem inovações relativamente próximas da tecnologia anterior e que podem ser entendidas mais como *know-how* ou “tecnologias incrementais”, não sendo propriamente inovações, portanto, não são patenteadas. Em Barbosa (1978) vemos que existe uma diferenciação legal entre propriedade e quase-propriedade, em que a primeira se refere à inovação e a segunda ao *know-how*. Em nossa simulação, apenas proprietários de inovações possuem direitos legais, o *know-how* não é um bem excludente. O critério para separar uma inovação de *know-how* será, como já mencionamos, os impactos no sistema. Quando uma nova tecnologia é descoberta, as empresas verificam seus possíveis ganhos em dois estados de natureza: patenteada ou não patenteada. Com base neste critério, lucros, decidem se essa nova descoberta é verdadeiramente uma inovação ou simplesmente um acúmulo do *know-how*. Formalmente,

$$(13) \pi'_{it} = (P'_t A_{it} - c - r_{im} - r_{in})$$

$$(14) \pi''_{it} = (P_t A_{it} - c - r_{im} - r_{in} - p)$$

Inserimos um mecanismo de racionalidade e conhecimento de mercado nas empresas. Representamos por P'_t o preço que vigoraria neste mercado caso todas as empresas produzissem com essa nova tecnologia a ser patenteada. Por π'_{it} entende-se os lucros advindos desse novo nível de preços. Por p e π''_{it} representa-se o custo fixo de uma patente e o lucro calculado nesta base, respectivamente. Caso π'_{it} seja menor que π''_{it} , a empresa decide incorrer nos custos da patente e impedir que por determinado período de tempo outros imitem sua tecnologia.. Existe uma forma de racionalidade limitada por parte das empresas que não são capazes de calcular com profundidade os lucros futuros esperados, mas que, em todo caso, fazem uma estimativa conservadora de sua posição de mercado para tomar suas decisões.

Como resultado da lógica embutida no mecanismo de patentes, podemos supor que inovações maiores tendem a ser mais patenteadas que inovações incrementais, o que é relativamente intuitivo. Novas tecnologias não particularmente discrepantes das antigas geram impactos pequenos no nível de preços e, possivelmente, representam uma redução menor na equação (13) que o custo da patente causa na equação (14).

O tempo de duração das patentes é uma variável deste modelo e o que tentaremos determinar são as estruturas de mercado derivadas de cada período de duração. Será verificado, então, se os mecanismos de concentração da estrutura produtiva são verdadeiramente benéficos para o sistema econômico como um todo e o papel da duração da patente nesse processo. Patentes, associadas a ganhos crescentes de escala, permitem-nos identificar um balanço entre concentração e desconcentração industrial, ponto chave desta análise.

2.3 CONDIÇÃO DE SAÍDA E GASTO COM P&D ENDÓGENO

Proporemos outras extensões ao modelo com intuito de deixar mais complexa a análise. Serão expostas agora algumas hipóteses levantadas por Winter (1984). Os elementos sugeridos pelo autor para o modelo NW e que serão incorporados nesta análise referem-se à endogenização dos parâmetros de gasto por unidade de capital em P&D interno e externo e à condição de saída do mercado. Para que estas duas novas funções sejam realizadas pela simulação, é necessária a criação de uma nova variável, chamada por Winter de X:

$$(9) X_{it} = X_{i(t-1)}\theta + (1 - \theta)\pi_{it}$$

“A variável X será chamada de desempenho; a especificação completa do estado industrial no tempo t exige a especificação das cinco variáveis de estado para cada empresa no tempo t, associado ao nível de produtividade latente no tempo t, L r” (WINTER, 1984. p. 299, tradução nossa). Ou seja, como o lucro depende do preço, produtividade, gastos produtivos e gastos em P&D, a variável performance (que aqui será tratada como desempenho) mede seus valores acumulados ao longo da simulação.

Uma crítica ao modelo NW presente em Winter (1984) e em Almeida (2004) é a inflexibilidade da decisão de investimento em P&D por cada empresa. Ou seja, embora o modelo seja flexível o suficiente para comportar esta extensão, originalmente o modelo tratava da taxa de investimento em P&D constante ao longo do tempo. Isto é, os valores de r são atribuídos a cada agente no início da simulação e permanecem constantes ao longo das interações. Nessa nova versão do modelo, Winter (1984) mostra que a adição de uma variável de desempenho cria critérios suficientes para que uma empresa decida investir mais ou menos em P&D.

As empresas comparam seu desempenho histórico com a rentabilidade da indústria no período t . Com base nesse critério, determina se suas rotinas de pesquisa são adequadas. Nelson e Winter (1982) mencionam que o P&D é uma rotina de autoconhecimento em que sua principal função é reconhecer e repensar os mecanismos produtivos e de investimento e propor alterações consistentes. Em acordo com essa visão, Winter (1984) elabora um critério que permite às empresas pensarem a qualidade de seus gastos com P&D. Podemos, então, entender essa variável desempenho como um novo mecanismo de P&D que repensa outras rotinas que não a produção. Portanto, o critério de desempenho estende o exercício de P&D da empresa tanto em sua mecânica como em seus impactos.

Formalmente,

$$(10) \quad r_{mi(t+1)} = r_{mit} \text{ caso } X_{it} \geq \bar{\pi}_t$$

$$r_{mi(t+1)} = \theta r_{mit} + (1 - \theta) \bar{r}_{mt} + u_m \text{ caso } X_{it} < \bar{\pi}_t$$

$$(11) \quad r_{ni(t+1)} = r_{nit} \text{ caso } X_{it} \geq \bar{\pi}_t$$

$$r_{ni(t+1)} = \theta r_{nit} + (1 - \theta) \bar{r}_{nt} + u_n \text{ caso } X_{it} < \bar{\pi}_t,$$

em que u é uma variável aleatória com distribuição normal, média 0 e variância σ_m e σ_n . Entretanto, a equação (10) perde um pouco de sentido, uma vez que inserimos patentes em nosso modelo. Caso o desempenho da empresa seja inferior a médias do lucro em determinado período t não faz sentido supor que a empresa decidirá suas novas rotinas de gasto em P&D externo ignorando o tempo de patentes.

Em nosso modelo, adicionaremos um termo à equação (10):

$$(10) \quad r_{mi(t+1)} = r_{mit} \text{ caso } X_{it} \geq \bar{\pi}_t$$

$$r_{mi(t+1)} = \theta r_{mit} + (1 - \theta) \bar{r}_{mt} - \phi T_p + u_m \text{ caso } X_{it} < \bar{\pi}_t,$$

em que T_p é o tempo de duração das patentes. Ou seja, caso o desempenho de uma empresa esteja abaixo do esperado esta adequará seus gastos por unidade em pesquisa externa considerando, não somente a média da indústria, mas também o tempo de duração de uma patente.

Outro elemento importante proposto por Winter (1984) e que será incorporado, sem ressalvas, ao modelo é a condição de falência:

$$(12) \quad K_{it} = 0; \text{ caso } I\left(\frac{P_t A_{i(t+1)}}{c}, \frac{Q_{it}}{Q_t}, \pi_{it}, \delta\right) \cdot K_{it} + (1 - \delta) K_{it} < K_{\min} \text{ ou caso } X_{it} < X_{\min}$$

Ou seja, Winter (1984) propõe dois critérios para a saída do mercado e que serão incorporados ao modelo que aqui começa a ganhar forma.

2.4 O APRENDIZADO NA ROTINA P&D

Como apontado por Almeida (2004), o modelo NW não compreende benefícios diretos a pesquisas futuras derivados de sucessos com pesquisas anteriores. Existe, evidentemente, um

mecanismo indireto de reforço positivo através do aumento do estoque de capital e, portanto, aumento do montante destinado a pesquisas futuras.

Entretanto, parece ser necessário desenvolver um mecanismo direto através do qual possamos representar o caráter cumulativo da pesquisa. Segundo Dosi (1988, p. 223), o quinto fator estilizado da inovação pode ser assim caracterizado “(...) mudança técnica é um processo cumulativo”. Dosi (1988, p. 223, tradução nossa) aponta para o fato que “probabilidade de avanços tecnológicos em empresas, organizações e, freqüentemente, países é, entre outras coisas, função do nível tecnológico já atingido”.

Levantamos, então, mais uma alteração no modelo NW: o sucesso com pesquisas anteriores afeta diretamente o sucesso com pesquisas futuras. Existe um mecanismo de aprendizagem através dos acertos que eleva a probabilidade de uma nova pesquisa ser descoberta. Reflete-se, em certa medida, aquilo que foi mencionado por Dosi (1988). Como definimos o sucesso de uma pesquisa neste modelo não apenas como resultado positivo do processo estatístico, mas também como a própria adoção de uma tecnologia, sucessos anteriores estão diretamente relacionados com indústrias com níveis tecnológicos mais elevados.

Portanto:

$$(7) \Pr(d_{int} = 1) = a_m [(r_{im} K_{it} + 1 + \lambda S)^2 - 1] \quad e,$$

$$(8) \Pr(d_{int} = 1) = a_n [(r_{in} K_{it} + 1 + \gamma S)^2 - 1]$$

em que S representa o número de sucessos anteriores. De maneira mais formal:

Para $S_0 = 0$ e $S_1 > 0$,

$$\Pr(d_{int} = 1 / S_0) = a_m [(r_{im} K_{it} + 1)^2 - 1] < \Pr(d_{int} = 1 / S_1) = a_m [(r_{im} K_{it} + 1 + \lambda S_1)^2 - 1]$$

Ou seja, a probabilidade condicionada de uma pesquisa em determinado período ser bem sucedida é maior para aquelas empresas que acumulam sucessos anteriores.

2.5 O APRENDIZADO NA ROTINA DE PRODUÇÃO

Outro ponto a ser questionado no modelo NW é a não diferenciação entre uma tecnologia em “fase de exploração” (ALMEIDA, 2004) e uma tecnologia cujo potencial produtivo é plenamente explorado. Em outras palavras, uma tecnologia quando recém-adotada é menos produtiva do que será após sua plena incorporação à rotina empresarial. Essa idéia é extraída do modelo de Silverberg, Dosi e Orsenigo (1988).

Incluir esse condicionante ao modelo significa diminuir a produtividade de uma tecnologia nova e propor um aumento gradual da produtividade ao longo do período de uso. O uso pleno da capacidade produtiva de uma tecnologia é adquirido ao longo do tempo e não mais imediatamente após sua adoção. Refletimos, portanto, outro fato estilizado da inovação (DOSI, 1988, p. 223, tradução nossa): o conhecimento tácito, ou pesquisa informal. “Isso é, pessoas e organizações, principalmente empresas, podem aprender a usar/aprimorar/produzir bens através própria realização destes processos”. O que mostramos com esta extensão é, principalmente, outro processo de criação de conhecimento realizado por aqueles que produzem e não por aqueles que pesquisam. Ilustra-se também algo semelhante a um custo de transação de se incorporar uma nova tecnologia, refletido pela ineficiência em operá-la. Há uma pena pela troca de tecnologia e um benefício pela rigidez tecnológica. Ganho crescente de produtividade,

tratado acima, e certa inflexibilidade são elementos que caminham bem com o conceito de rotina, assim como a incorporação do conhecimento tácito. A troca constante de tecnologias invalida de certa forma a rigidez inerente ao conceito de rotina.

Trataremos, portanto, a função que define a tecnologia do próximo período de maneira diferente daquela que foi colocada quando apresentamos o modelo NW.

A equação 6 será:

$$(6) A_{i(t+1)} = \text{Max}[\eta_{it} A_{it}, \mu A_{mt} d_{mt}, \mu A_{nt} d_{nt}],$$

em que $0 < \eta \leq 1$ e $0 < \mu < 1$. η é um coeficiente que mede o grau de exploração da tecnologia atual, sendo 1 o grau de exploração plena da tecnologia. η cresce ao longo do tempo. O coeficiente μ , em outros termos, mede o grau de desconhecimento da nova tecnologia, e é constante para a indústria. Uma vez que uma tecnologia é adotada, a produção será:

$$(1) Q_{it} = \eta_{it} A_{it} K_{it}$$

Assim como os lucros que agora serão:

$$(4) \pi_{it} = (P_t \eta_{it} A_{it} - c - r_{im} - r_{in}),$$

E a rotina investimento será:

$$(5) K_{i(t+1)} = I \left(\frac{P_t \eta_{it} A_{i(t+1)}}{c}, \frac{Q_{it}}{Q_t}, \pi_{it}, \delta \right) \cdot K_{it} + (1 - \delta) K_{it}$$

3 SIMULAÇÃO

Obtivemos os valores médios de diversas variáveis através das simulações do modelo apresentado acima. Foram simulados ambientes empresariais de diferentes tamanhos – 5, 10, 16 e 32 empresas – diante de patentes com durações diferentes – 0, 5, 10, 15 e 20 períodos. Foram gerados resultados para cinco momentos distintos da simulação – 10, 20, 30, 40 e 50 interações. Desta forma, é possível acompanhar os padrões das variáveis relevantes.

Para variáveis e coeficientes desta simulação que estão presentes no modelo original de NW e nas extensões de Winter (1984), utilizamos os mesmos valores presentes nos textos citados. Já para as variáveis e coeficientes que foram propostos neste trabalho, utilizamos valores economicamente razoáveis que não afetassem a escala de grandeza da simulação.

3.1 CONCENTRAÇÃO INDUSTRIAL

A variação do tempo de duração das patentes, como esperado, afeta o desempenho da economia. Para verificar o impacto das patentes na concentração industrial, simulamos uma economia com 32 empresas e extraímos os resultados médios do *market-share* e do volume de capital das quatro maiores firmas em cada quesito. Os Gráficos 1 e 2 mostram estes resultados. Mostramos os resultados após 10, 20, 30, 40 e 50 interações para patentes que duram 0, 5, 10, 15 e 20 interações.

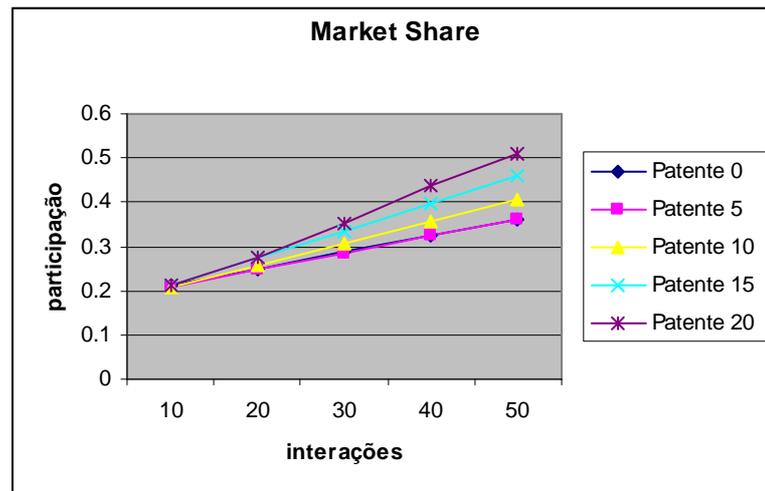


Gráfico 1 – Market Share

Fonte: Elaborado pelos autores

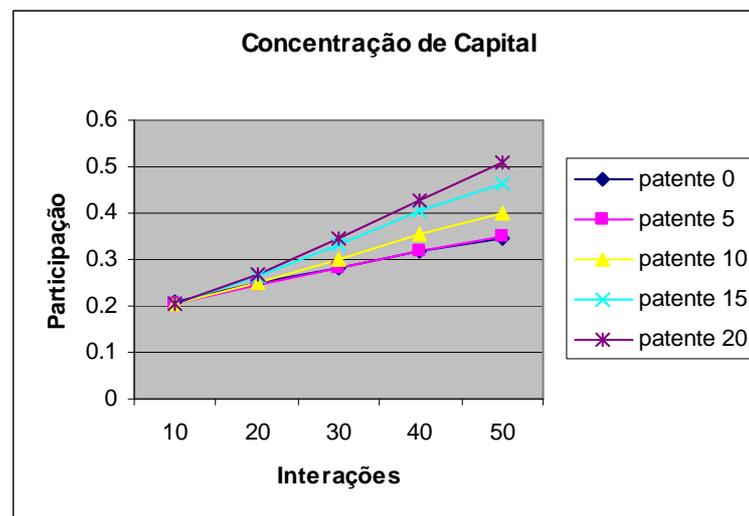


Gráfico 2 – Concentração de Capital

Fonte: Elaborado pelos autores

Os dois padrões são bastante similares e permitem algumas reflexões. Em primeiro lugar, fica claro que o tempo de duração das patentes intensifica o processo de concentração de capital e de produção. O ambiente de seleção evolucionário por si só determina vencedores e ganhadores já que, mesmo sem patentes, 12,5 % das empresas (4/32) dominam mais do que 35% do capital e da produção após 50 interações. A existência de patentes longas apenas acentua esse processo, levando essas mesmas empresas a possuírem até 50% dos recursos produtivos e da produção realizada. A proteção à inovação das grandes empresas limita o potencial de crescimento das demais empresas deixando espaço para que estas se expandam mais. Outro ponto a ser notado nos gráficos acima é a insignificância de patentes que duram apenas 5 anos para a concentração industrial. Ou seja, a proteção de uma inovação por apenas cinco anos não é suficiente para que as maiores empresas do mercado consigam alguma vantagem competitiva.

3.2 TECNOLOGIA

A Tabela 1 apresenta as melhores técnicas na economia, para uma simulação com 32 empresas. Os valores em negrito são as médias e os valores abaixo são os desvios-padrão:

Tabela 1 - Interações com técnicas diferenciadas

Interações					
	10	20	30	40	50
Patente 0	1.3483684	1.4633	1.6347	1.7893	2.0059
	0.04163636 3	0.059376 5	0.058113 6	0.069333 2	0.098700 2
Patente 5	1.3420581	1.4712	1.6351	1.798	1.9918
	0.04081788 9	0.057166 3	0.062246 2	0.065736 8	0.081660 7
Patente 10	1.3468601	1.468	1.6279	1.8005	1.9907
	0.04859342 6	0.056302 5	0.059665 2	0.081805 3	0.081835 8
Patente 15	1.3417978	1.471	1.634	1.8111	1.9998
	0.0421857	0.061568 2	0.074631 3	0.081632 5	0.070040 9
Patente 20	1.3418294	1.4836	1.6385	1.8012	2.0184
	0.04375639	0.060636	0.065000 9	0.066475 9	0.088340 5

Fonte: Elaborado pelos autores

O tempo de duração da patente parece não afetar substancialmente os índices tecnológicos mais elevados da economia. A Tabela 2 contém os valores médios das quatro maiores tecnologias numa simulação com 32 empresas.

Tabela 2 – Simulação com tecnologias avançadas

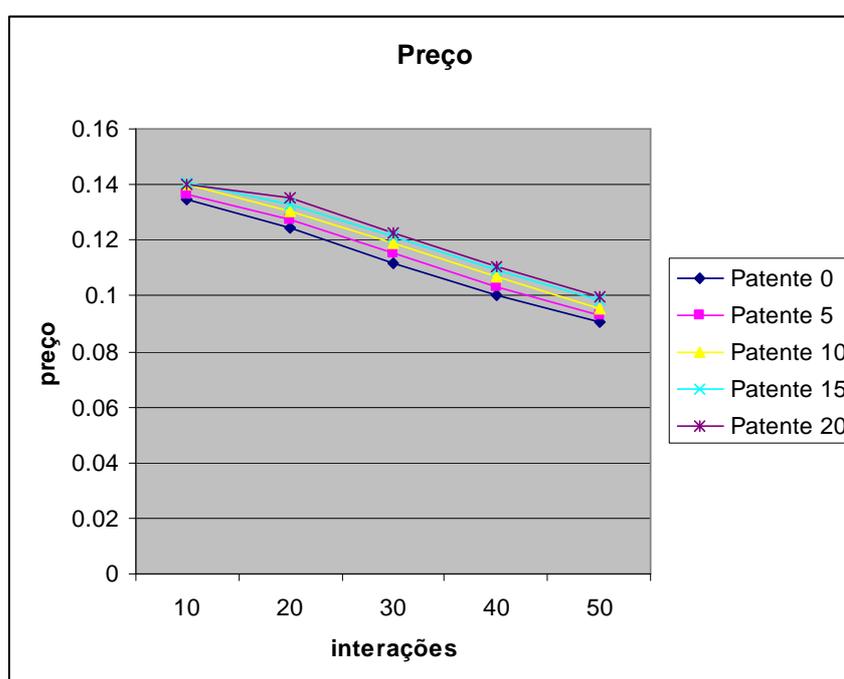
Interação					
	10	20	30	40	50
Patente 0	1.3316	1.4637	1.6008	1.7939	1.9721
	0.03762	0.0501022	0.0621941	0.0778119	0.0674256
Patente 5	1.3212	1.427	1.5864	1.7535	1.9355
	0.0278731	0.0437209	0.0469444	0.0461462	0.0631662
Patente 10	1.3077	1.4173	1.5702	1.7417	1.9262
	0.0252603	0.037334	0.0481761	0.0500862	0.0626106
Patente 15	1.3048	1.4052	1.5655	1.7245	1.9071
	0.0293584	0.0430313	0.0524153	0.0538931	0.0730122
Patente 20	1.3066	1.4051	1.5512	1.7172	1.8996
	0.028483	0.0441803	0.0506155	0.0615027	0.066372

Fonte: Elaborado pelos autores

Ao comparar as Tabelas 1 e 2 percebe-se que, embora longos períodos de dura o de patente não reduzam ou até aumentem levemente a tecnologia mais elevada da simula o, a média das quatro tecnologias mais elevadas   negativamente influenciada pelo tempo de dura o da patente. Relacionada esta percep o com a do item anterior, percebe-se que a concentra o industrial que decorre de períodos longos de patente não   resultado de um nível tecnológico extraordinário das grandes empresas e sim da parca tecnologia das empresas menores.

3.3 PREÇO E QUANTIDADE

O Gráfico 3 apresenta a evolu o do nível de preços da simula o com 32 empresas. Percebe-se que o aumento do período de dura o da patente tem um efeito positivo sobre o preço em todas as etapas da simula o.



Gráfico 3 – Dura o de patentes e preços

Fonte: Elaborado pelos autores

Como a curva de demanda utilizada para esta simula o   constante ao longo do tempo e depende somente do produto, sabemos que o tempo de dura o da patente tem um impacto negativo sobre o produto da economia.

A dura o das patentes não parece afetar o padrão de crescimento da economia, uma vez que as inclina o das curvas são muito próximas. Patentes parecem afetar o nível de preços e, evidentemente, de produto, sem comprometer sua tendência e dinâmica de crescimento ou queda.

3.4 TAMANHO DA INDÚSTRIA

Um dado interessante de ser observado   a rela o entre a quantidade de empresas na simula o e os impactos causados pela patente. Foram realizadas simula o com 5, 10, 16 e 32 empresas. Para cada tamanho de indústria, simulamos duas situa o: sem patentes e patentes

de 20 períodos. A resposta ao impacto no produto e a evolução dessa reação mostram-se bastante relacionadas com o tamanho da indústria.

O gráfico 4 apresenta os resultados – no eixo vertical tem-se a diferença percentual do produto entre uma economia sem patentes (produto maior) e uma com patentes de vinte anos (produto menor):

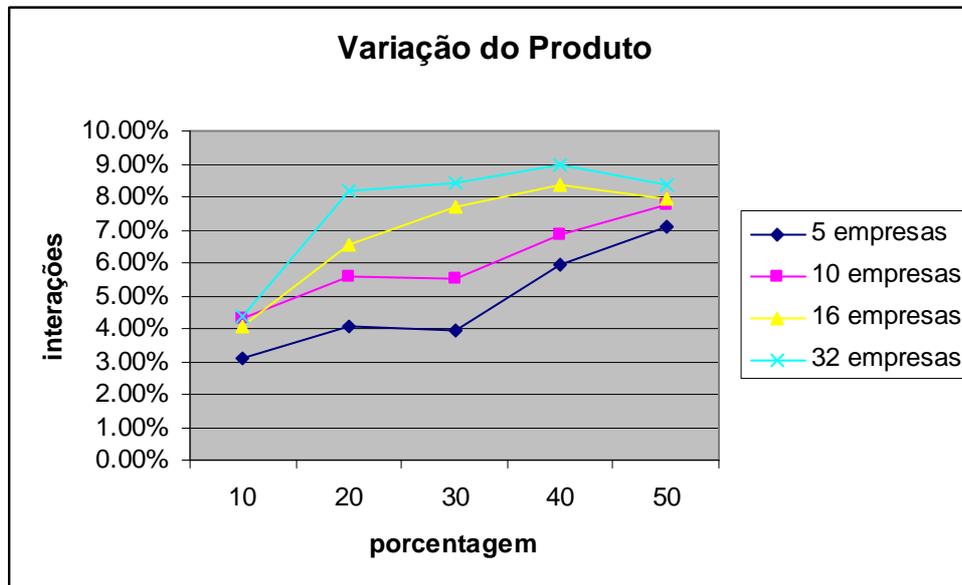


Gráfico 4 – Patentes e tamanho da indústria

Fonte: Elaborado pelos autores

O tamanho da indústria parece torná-la mais sensível às patentes. Uma explicação razoável é a falência. Ambientes empresariais mais competitivos tendem a selecionar com mais rigor rotinas adequadas. Caso a troca tecnológica seja limitada, empresas com rotinas mais antiquadas possuem menos chances de permanecerem na simulação. Ambientes empresariais menos competitivos operam com nível de preço mais elevado, como pode ser visto na Tabela 3, o que permite a permanência de empresas que faliriam em outras situações.

Tabela 3 - Preços resultantes de uma simulação sem patentes

		10 interações	20 interações	30 interações	40 interações	50 interações
5 empresas	média	0.145713176	0.138025555	0.12858312	0.116296002	0.104652978
	desvio-padrão	0.005045414	0.006730738	0.008370865	0.008385502	0.007274346
10 empresas	média	0.135722769	0.128369669	0.117303475	0.105817147	0.095297263
	desvio-padrão	0.003084433	0.005025792	0.005395143	0.005053008	0.004181073
16 empresas	média	0.133300059	0.124457283	0.113641574	0.102561826	0.093431084
	desvio-padrão	0.002873128	0.004167851	0.004524934	0.004125209	0.003485854
32 empresas	média	0.134523212	0.124304436	0.111575389	0.100305408	0.090562645
	desvio-padrão	0.003372303	0.004160869	0.003416831	0.003597942	0.003499286

Fonte: Elaborado pelos autores

Patentes parecem eliminar da simulação empresas perdedoras. Entretanto, os benefícios para as demais empresas da falência alheia parecem não compensar, em termos de produto, os prejuízos sociais de um alto nível de falência.

3.5 FALÊNCIA

O tempo de duração de patentes eleva o número de empresas que deixam o mercado. E este número é proporcionalmente mais elevado quanto maior o número de empresas no mercado, ou seja, o impacto do tempo de duração da patente sobre o número de falências da indústria é tanto maior quanto mais competitivo for o mercado. O Gráfico 5 mostra a diferença percentual do número de empresas restantes entre uma simulação com tempo 0 de patente e uma com tempo 20 de patente. Valores positivos indicam que, após aquele número de interações, existiriam mais empresas no mercado caso o tempo de patente fosse 0, em vez de 20.

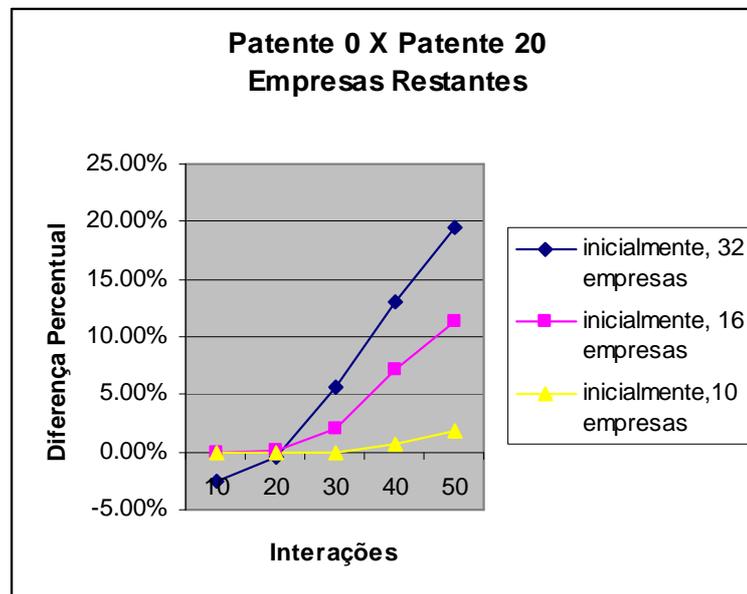


Gráfico 5 – Patentes e falências

Fonte: Elaborado pelos autores

Já o Gráfico 6 apresenta o percentual de empresas restantes na indústria, após 50 interações, para cada tempo de patente testado. Dois pontos interessantes podem ser notados nesse gráfico. Quanto maior o número inicial de empresas, maior é o número relativo de falências. Ou seja, ambientes muito competitivos não são estáveis nesta simulação. E, em segundo lugar, patentes de mais de dez anos tendem a elevar o número de falências na indústria. Patentes parecem gerar um novo mecanismo de concorrência. Em outras palavras, a inclusão de patentes de 20 anos faz com que a competitividade de uma indústria de 16 empresas se aproxime da competitividade de uma indústria com 32 empresas sem patentes. Outro ponto de destaque é que indústrias originalmente pouco competitivas não são particularmente afetadas pela duração das patentes.

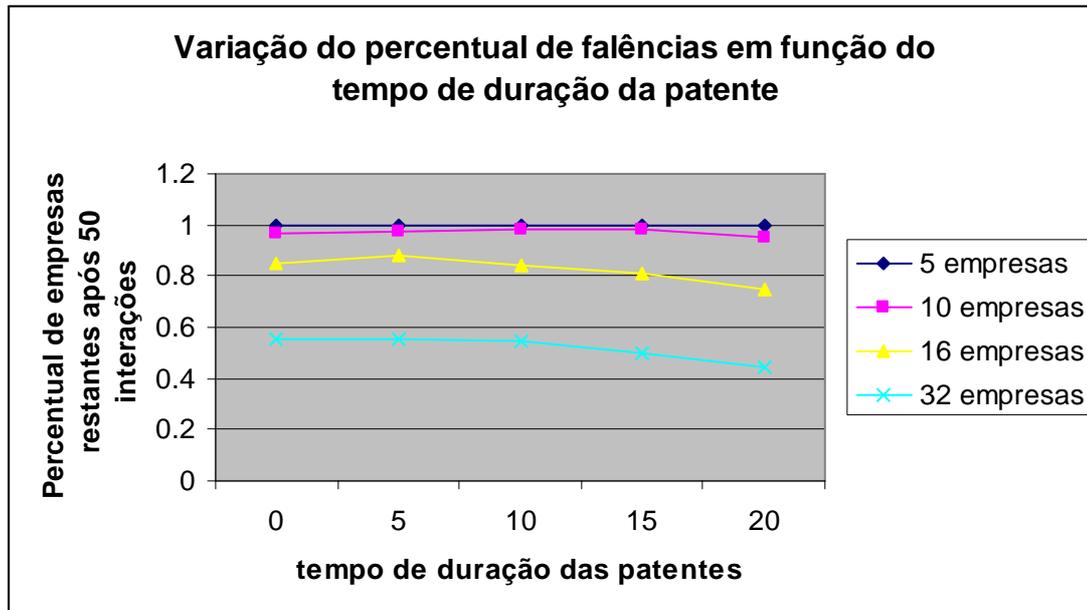


Gráfico 6 – Falências e tempo de patente

Fonte: Elaborado pelos autores

4 CONCLUSÕES E LIMITAÇÕES

Os resultados obtidos pela simulação do modelo merecem uma análise integrada. Primeiramente, verifica-se que o tempo de duração das patentes afeta tanto variáveis agregadas de produção e preços, como características de organização industrial e níveis tecnológicos atingidos.

A limitação da difusão tecnológica gera duas conseqüências aparentemente paradoxais. Por um lado, patentes que duram várias interações parecem aumentar as exigências competitivas da indústria, tendo como resultado índices mais elevados de falência. Por outro lado, temos resultados que verificam a concentração da produção e do capital, sendo mais elevada na existência de patentes. O que se percebe, então, é que a exigência competitiva exerce uma pressão concentradora nas grandes empresas do mercado e uma pressão excludente nas empresas menos competentes do mercado. Como conseqüência, verificamos que, mesmo com níveis técnicos inferiores, as maiores empresas de uma economia com patentes longas possuem maior poder de mercado do que teriam caso não existissem patentes. O período de duração das patentes concentra seu impacto sobre o nível de produtividade das menores empresas.

O debate sobre patentes está fortemente conectado com a internacionalização da produção e da pesquisa. Podemos pensar empresas dominantes nessa economia como companhias estrangeiras em uma indústria de um país em desenvolvimento. Com a difusão tecnológica restrita, vimos que alguns dos efeitos positivos da inovação perdem importância. Por outro lado, ainda existe a possibilidade de difusão de tecnologias classificadas por *know-how* e, portanto, não patenteáveis nesta simulação.

Devemos, entretanto, limitar as observações de nossa análise às especificações do modelo. Trata-se de uma economia na qual o mecanismo concorrência é, de fato, o P&D. Entretanto, as inovações são bastante limitadas em sua pluralidade. Não há grandes golpes ou saltos violentos de produtividade. Trata-se, justamente, de uma indústria na qual as inovações são parecidas umas com as outras. O que nos leva a pensar que, num ambiente como esse, a proteção à propriedade intelectual, patentes, não traz benefícios tão grandes aos produtores. Em

outras palavras, talvez não tenhamos representado o setor da economia que mais se beneficia com a existência de patentes. Cabe, então, constar que este modelo analisa uma estrutura bastante particular de mercado na qual, possivelmente, patentes criam mais desvantagens que vantagens. Nesta direção, podem-se propor caminhos para novas pesquisas. Modelos em que inovações criam novos mercados ou descobrem novos insumos podem trazer resultados interessantes à discussão sobre o papel das patentes. A comparação entre o grau de intensidade tecnológica entre indústrias e os impactos de patentes pode contribuir muito para esta linha de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. *Dinâmica industrial e comutatividade tecnológica*. Rio de Janeiro: BNDES, 2004.

ARROW, K. J. Economic welfare and the allocation of resources for invention. In: CONFERENCE OF THE UNIVERSITIES: THE RATE AND DIRECTION OF INVENTIVE ACTIVITY: ECONOMIC AND SOCIAL FACTORS, 1960, Minnesota. *Proceedings...* New York: NBER, 1962. p. 609-626.

BARBOSA, A. L. F. *Propriedade e quase-propriedade no comércio de tecnologia*. Brasília: CNPq, 1978.

COOMBS, R. Technological opportunities and industrial organization. In: DOSI, G. et al. (Ed.). *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988.

CRUZ, H. N.; TAVARES, M. A. R. As patentes brasileiras de 1830 a 1891. *Estudos Econômicos*, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 205-225, 1986.

DOSI, G. The nature of innovative process. In: DOSI, G. et al. *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988. p. 221-239.

DOSI, G.; ORSENIGO, L. Coordination and transformation: an overview of structures, behaviors and change in evolutionary environments. In: DOSI, G. et al. *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988. p. 13-38.

NELSON, R. R.; WINTER, S. G. *Uma teoria evolucionária da mudança econômica*. Campinas: Unicamp, 1982.

SCHUMPETER, J. A. *Capitalism, socialism and democracy*. New York: Harper & Brothers, 1942.

SCHUMPETER, J. A. *Theory of economic development: an inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle*. 12th ed. New Brunswick: Transaction, 2006.

SILVERBERG, G.; DOSI, G.; ORSENIGO, L. Innovation, diversity and diffusion: a self-organization model. *The Economic Journal*, London, v. 98, n. 393, p. 1032-1054, 1988.

TAYLOR, C. T.; SILBERSTON, Z. A. *The economic impact of the patent system: a study of the British experience*. Cambridge: University Press, 1973.

WINTER, S. G. Schumpeterian competition in alternative technological regimes. *Journal of Economic Behavior and Organization*, Amsterdam, v. 5, n. 3-4, p. 287-320, 1984.

EVOLUTIONARY MODEL FOR PATENTS AND INNOVATION

Abstract

This paper presents an evolutionary model of economic change and technology progress. The model is built within the Schumpeterian competition framework. Imitative and innovative behavior is the key of economic dynamics. The process of Research and Development - R&D and market structure is deeply studied to construct a model with a quite comprehensive dimension. Patents play a crucial role in this analysis: its length and its impact over the economic system will be put together in this investigation so that its costs and benefits will come into sight.

Keywords: Evolutionary economics; Innovation; Patents; Technology.

Data do recebimento do artigo: 26/02/2008

Data do aceite de publicação: 30/04/2008

APÊNDICE

Equações do modelo, glossário de variáveis e valores da simulação.

$$(1) Q_{it} = \eta_{it} A_{it} K_{it}$$

$$(2) Q_t = \Sigma Q_{it}$$

$$(3) D(Q_t) = P_t,$$

$$(4) \pi_{it} = (P_t \eta_{it} A_{it} - c - r_{im} - r_{in}),$$

$$(5) K_{i(t+1)} = I\left(\frac{P_t \eta_{it} A_{i(t+1)}}{c}, \frac{Q_{it}}{Q_t}, \pi_{it}, \delta\right) \cdot K_{it} + (1 - \delta) K_{it}$$

$$I(\rho, s, \pi, 0.03) = \text{Máx}[0, \text{Min}((1.03 - \frac{2-s}{\rho(2-2s)}), f(\pi))]$$

$$f(\pi) = 0.03 + \pi \quad \text{para } \pi \leq 0$$

$$f(\pi) = 0.03 + 2\pi \quad \text{para } \pi > 0$$

$$(6) A_{i(t+1)} = \text{Max}[\eta_{it} A_{it}, \mu A_{mt} d_{mt}, \mu A_{nt} d_{nt}],$$

$$(7) \Pr(d_{imt} = 1) = a_m [(r_{im} K_{it} + 1 + \lambda S)^2 - 1]$$

$$(8) \Pr(d_{int} = 1) = a_n [(r_{in} K_{it} + 1 + \gamma S)^2 - 1]$$

$$(9) X_{it} = X_{i(t-1)} \theta + (1 - \theta) \pi_{it}$$

$$(10) \quad r_{mi(t+1)} = r_{mit} \text{ caso } X_{it} \geq \bar{\pi}_t$$

$$r_{mi(t+1)} = \theta r_{mit} + (1 - \theta) \bar{r}_{mt} + u_m \text{ caso } X_{it} < \bar{\pi}_t$$

$$(11) \quad r_{ni(t+1)} = r_{nit} \text{ caso } X_{it} \geq \bar{\pi}_t$$

$$r_{ni(t+1)} = \theta r_{nit} + (1 - \theta) \bar{r}_{nt} + u_n \text{ caso } X_{it} < \bar{\pi}_t$$

$$(12) K_{it} = 0 \text{ caso } I\left(\frac{P_t A_{i(t+1)}}{c}, \frac{Q_{it}}{Q_t}, \pi_{it}, \delta\right) \cdot K_{it} + (1 - \delta) K_{it} < K_{\min}$$

Ou caso $X_{it} < X_{\min}$

$$(13) \pi'_{it} = (P'_t A_{it} - c - r_{im} - r_{in})$$

$$(14) \pi''_{it} = (P_t A_{it} - c - r_{im} - r_{in} - p)$$

Variável	Significado	Valor inicial na simulação
Q_{it}	Quantidade	0
K_{it}	Capital	10
$D(Q_t)$	Curva de demanda	$67 / Q_t$
P_t	Preço	-
η_{it}	Coefficiente de aprendizado tecnológico	Para $t = 0$, 0.95 Para $t \neq 0$, $0.01(t - t_{adoção}) + 0.95$, tal que $\eta_{it} \leq 1$
A_{it}	Coefficiente tecnológico	$Ln(A_{it}) \sim N(0.16; 0.05)$
c	Custo dos insumos por unidade de capital	0.16
r_{im}	Taxa de gasto em P&D imitativo	$0 < r_{im} < 0.004$
r_{in}	Taxa de gasto em P&D inovativo	$0 < r_{in} < 0.004$
δ	Depreciação	0.03
μ	Coefficiente de ignorância tecnológica	0.95
a_m	-	1.25
a_n	-	0.125
γ	-	0.01
λ	-	0.01
θ	-	0.85
ϕ	-	0.01

Novamente, os valores dos coeficientes foram, em sua maioria, retirados do texto original no qual foram apresentados. Para as variáveis e os coeficientes que surgem neste trabalho, foram escolhidos valores economicamente razoáveis e que não afetassem a escala de grandeza da simulação.