

ANDRÉ LUIZ FERNANDES

UM MODELO EVOLUCIONÁRIO NORTE-SUL

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Desenvolvimento Econômico, Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. José Gabriel Porcile Meirelles

CURITIBA

2004

TERMO DE APROVAÇÃO

ANDRÉ LUIZ FERNANDES

UM MODELO EVOLUCIONÁRIO NORTE-SUL

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. José Gabriel Porcile Meirelles
Departamento de Economia, UFPR

Prof. Dr. José Luiz da Costa Oreiro
Departamento de Economia, UFPR

Prof. Dr. Mário Luiz Possas
Instituto de Economia, UFRJ

Curitiba, 24 de junho de 2004

Para Daniel, meu filho.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho começou a ser gestado no momento em que meu futuro orientador, Gabriel Porcile, me convidou para ajudar na implementação de um modelo de simulação evolucionário com o qual ele vinha trabalhando.

O Gabriel, de forma imprevidente, me apresentou a uma visão de mundo diferente, na qual a realidade não tem a força e a precisão do preto e do branco com os quais escrevo agora mas mostra-se, na verdade, como uma grande variação de tons de cinza (ou, digamos, colorida, para que a metáfora não pareça tão lúgubre).

Devo admitir que terminei a dissertação com muito mais dúvidas do que quando comecei e talvez isto indique que, de algum modo, desvaneceram-se certezas proporcionadas pelo absoluto desconhecimento (o benefício da ignorância) ao menos em relação a alguns pontos estudados aqui.

Esta travessia não poderia ter sido realizada sem a ajuda de outras pessoas - às quais agradeço agora - que tive o prazer de conhecer pelo caminho (ou que passei a conhecer ainda mais) na medida em que dava meus passos em direção à difícil, custosa, necessária, e, por fim, inevitável, conclusão do trabalho.

Ao Hermes Higachi pelas conversas e sugestões.

Ao Ramon Garcia Fernandez pela leitura do projeto de dissertação e pelas preciosas observações sobre a necessidade de explicar mais e melhor ao leitor (e a mim mesmo) os conceitos aqui desenvolvidos.

Ao José Luiz Oreiro pela paciência de ler meu texto por duas vezes (projeto e dissertação) e pelas importantes contribuições que acabaram se refletindo na forma final do modelo.

Aos meus pais e irmãos pelo incentivo constante em minhas empreitadas.

À minha namorada, mulher e (a partir de agora) co-autora por tudo o que ela fez (ou deixou de fazer) para que eu pudesse concluir com êxito esta dissertação.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| <i>Introdução</i> | <i>1</i> |
| <i>1. Economia Evolucionária</i> | <i>3</i> |
| 1.1. Teoria de Crescimento Evolucionária | 3 |
| 1.2. Modelos Formais Evolucionários | 16 |
| <i>2. O Modelo de Nelson e Winter - NW</i> | <i>21</i> |
| 2.1. Definição do modelo de NW | 22 |
| 2.2. Condições de contorno | 25 |
| 2.3. Simulações e resultados | 28 |
| <i>3. O Modelo de Nelson e Winter Aumentado - NWA</i> | <i>31</i> |
| 3.1. O modelo LNW de Andersen | 31 |
| 3.2. Definição do modelo NWA | 35 |
| 3.3. Condições de contorno | 39 |
| 3.4. Simulações e resultados preliminares | 41 |
| <i>Conclusão</i> | <i>67</i> |
| <i>Referências Bibliográficas</i> | <i>70</i> |
| <i>Apêndice 1 – Programa Fonte do Modelo NWA</i> | <i>75</i> |
| <i>Apêndice 2 – Arquivo de Configuração do Modelo NWA</i> | <i>87</i> |
| <i>Apêndice 3 – Resultados de Simulação do Modelo NWA</i> | <i>91</i> |

RESUMO

A partir do modelo de Nelson e Winter de competição Schumpeteriana, no presente trabalho é desenvolvido um modelo evolucionário bissetorial com assimetrias tecnológicas Norte-Sul que possibilita analisar a influência de aspectos institucionais e de distintos regimes tecnológicos sobre os processos de convergência e de divergência entre países. O modelo em questão destaca variáveis da dinâmica microeconômica que estão na raiz dos resultados de convergência tais como a magnitude do esforço da firma em P&D e o estímulo à difusão do conhecimento. Os resultados obtidos através de simulação sugerem uma outra interpretação da idéia de convergência condicional baseada na existência de esforços significativos de aprendizado nas economias menos desenvolvidas. A convergência requer um ambiente institucional favorável à inovação quando o regime de mudança tecnológica é *science-based*. Por outro lado, se o regime é *cumulative technology*, a imitação oferece um caminho promissor para alcançar os países da liderança tecnológica. O trabalho também analisa a robustez dos resultados por meio de simulações de Montecarlo e de diagramas de densidade de probabilidade.

ABSTRACT

Taking as a point of departure the classical model of Schumpeterian competition proposed by Nelson and Winter, this work expands it by including two sectors and a North-South dynamics, with a view to analyzing how institutions and technological regimes affect the processes of convergence and divergence in the international economy. The model highlights some microeconomic variables that play a key role in shaping convergence and divergence, like the amount of resources that firms devote to R&D and their efforts to boost the diffusion of technology. The results suggest that conditional convergence may occur based on strong learning efforts in less developed economies. Convergence requires institutions favorable to innovation when the technological regime is science-based. On the other hand, when the regime is cumulative, imitation could offer a promising avenue for catching-up with the technological leaders. Finally, this work also analyses the strength of the model results using Montecarlo method and probability density graphs.

Introdução

O tema do crescimento econômico, particularmente no que se refere aos padrões de convergência e de divergência de renda per capita entre as economias, tem retomado força na teoria econômica na medida em que inúmeros achados empíricos questionam a idéia de convergência, ao menos em sua versão de convergência absoluta. A divergência se apresenta como um fenômeno estrutural das economias nacionais, o que convida, sob o ponto de vista evolucionário, a uma análise que permita uma visão macroeconômica sobre o problema, fortemente enraizada em uma fundamentação microeconômica.

A proposta deste trabalho é construir um modelo de crescimento econômico evolucionário embasado no programa de pesquisa de Richard Nelson e Sidney Winter que permita contemplar tanto a dinâmica setorial quanto o relacionamento norte-sul, isto é, uma relação entre países fundada na existência de assimetrias tecnológicas e comerciais.

Com efeito, a questão setorial é relevante na medida em que distintos setores podem mostrar taxas diferentes de crescimento da produtividade e de expansão da demanda. Por essa razão, o padrão de especialização (os setores que predominam na estrutura produtiva de cada país) pode ser decisivo em definir as taxas de crescimento de longo prazo. Da mesma forma, as assimetrias tecnológicas entre os países podem se reproduzir ou ampliar no tempo: a cumulatividade das capacidades de inovação permite que os países que estão mais perto da fronteira tecnológica possam manter sua vantagem no tempo, dando lugar a processos de divergência internacional (distanciamento crescente entre o Norte inovador e o Sul menos avançado tecnologicamente).

Esses dois tipos de problema podem ser tratados rigorosamente no marco de modelos evolucionários de simulação.

As contribuições específicas deste trabalho são duas, conforme exposto a seguir.

Por um lado, estende-se o modelo clássico de Nelson e Winter para um contexto norte-sul. Embora considerando-se que já existem modelos norte-sul evolucionários na literatura - como por exemplo o modelo de DOSI e FABIANI (1994) - deve-se destacar que o referido modelo não utiliza como matriz o modelo de Nelson e Winter. Como conseqüência disso, DOSI e FABIANI (1994) não discutem o efeito de

diferentes regimes tecnológicos sobre a divergência e a convergência internacionais. A consideração deste efeito levada a cabo nesta dissertação permite sugerir direções de política que levam em conta as especificidades de cada regime tecnológico. Ao mesmo tempo, utilizar o modelo clássico possibilita obter ganhos de cumulatividade na literatura evolucionária assim como comparar os seus resultados com os obtidos por modelos com estruturas distintas.

Por outro lado, nesta dissertação foram utilizadas técnicas de Montecarlo para se testar a consistência e a robustez dos resultados. O recurso de gráficos de densidade de probabilidade permite mostrar a diversidade de resultados possíveis e suas respectivas probabilidades, um ponto extremamente importante em modelos deste tipo onde a trajetória da economia pode ser diferente em cada rodada de simulação. Esta técnica tem sido utilizada com pouca frequência em modelos evolucionários e considera-se que seu uso é uma opção metodológica importante no presente trabalho.

Esta dissertação está dividida em três capítulos. No primeiro capítulo são abordados aspectos teóricos da teoria de crescimento evolucionária e introduzidos de forma breve os modelos formais evolucionários. No segundo capítulo é apresentado um modelo clássico desta linha teórica que se transformou em um verdadeiro paradigma para a literatura evolucionária: o modelo de NELSON e WINTER (1982, cap. 12). No terceiro e último capítulo é descrita a proposta de um modelo evolucionário para dois setores e dois países e são mostrados resultados preliminares obtidos através de simulação do referido modelo. Por fim é apresentada a conclusão do presente trabalho.

1. Economia Evolucionária

1.1. Teoria de Crescimento Evolucionária

A teoria neoclássica de crescimento, representada pelos trabalhos de SOLOW (1956, 1957), dominou a cena acadêmica do pós-guerra até os anos 1980. SOLOW (1956) mostrava que o crescimento econômico poderia ser explicado a partir de uma função de produção de retornos constantes de escala e rendimentos decrescentes no fator capital, com progresso técnico exógeno. Um de seus resultados clássicos mostrava que haveria a tendência da taxa de crescimento de longo prazo dos países de convergir a um valor de estado estacionário e este trabalho acabou por se tornar um ponto de referência obrigatório para o desenvolvimento da teoria neoclássica de crescimento. No estado estacionário, a taxa de crescimento da renda per capita deveria ser igual à taxa de progresso técnico exógeno. Já em SOLOW (1957), o autor buscou interpretar os dados sobre o crescimento norte-americano na primeira metade do século XX à luz de uma função de produção agregada. Neste trabalho, Solow apresentou evidências de que a acumulação de capital poderia explicar tão somente uma fração do referido crescimento e, além de definir os fundamentos de uma metodologia de análise empírica, chamou atenção para o estudo do progresso técnico como força motriz do crescimento econômico. Os trabalhos supracitados trouxeram conseqüências importantes para o estudo do crescimento dos países, tanto sobre a busca por elucidar a amplitude e o significado do progresso técnico no crescimento econômico, quanto na forma como veio se desenrolar, na prática, este estudo.

A extensão natural das idéias apresentadas no modelo descrito por SOLOW (1956) e que se desenvolveu através da literatura de crescimento neoclássica trazia a mensagem de que o ritmo de crescimento dos países tenderia a se reduzir gradualmente na medida em que os investimentos se dirigissem a atividades cada vez menos produtivas e de que os países mais pobres tenderiam a crescer mais rápido que os mais ricos. Assim, a tendência da renda per capita dos países de convergir para um valor de estado estacionário apresentada por SOLOW (1956)

poderia implicar em uma tendência à convergência da renda per capita dos países a um valor comum desde que os referidos países contassem com parâmetros de preferências, tecnologias e políticas similares.

Embora se pudesse esperar que, dado o alcance e a importância das assertivas colocadas acima, estudos empíricos viriam mostrar, afinal, a aderência desta teoria à realidade dos números e das estatísticas, iniciou-se – e ainda continua - um grande debate sobre a validade e o alcance das conclusões extraídas dos trabalhos de SOLOW (1956, 1957) e da literatura deles derivados. Este debate pode ser exemplificado através de uma rápida excursão por algumas conclusões extraídas de trabalhos de pesquisadores do crescimento de linhas distintas de pensamento econômico.

Seguindo uma linha teórica de corte mais tradicional, ou neoclássica, BARRO e SALA-I-MARTIN (1995) descartam a convergência absoluta¹ e concluem que os achados empíricos sobre convergência condicional são consistentes com o modelo de crescimento neoclássico.

Ao mesmo tempo, um autor de corte heterodoxo como VERSPAGEN (1993, p. 107) conclui em um estudo empírico sobre o período pós Segunda Guerra Mundial que:

1. As taxas de crescimento são diferentes entre países e entre grupos de países. Isto é verdade em nível agregado e em nível setorial.
2. As taxas de mudança tecnológica diferem entre setores.
3. A estrutura de produção difere entre países e no tempo.
4. A taxa de mudança tecnológica macroeconômica está relacionada aos níveis iniciais de produtividade do trabalho.
5. No mundo, como um todo, *falling behind* é mais relevante para os países mais pobres que *catching up*².

¹ Para DOSI (1994, p. 121), convergência absoluta ou convergência global é definida como a convergência de todo o universo de países em direção a níveis de renda crescentemente similares.

² O termo *catch-up* significa a diminuição da diferença entre os níveis de renda dos países mais pobres e os mais ricos (FAGERBERG, 1995). Já *falling behind* se refere ao movimento oposto.

Apesar destas diferentes leituras dos dados empíricos parecerem antagônicas, as mesmas não são completamente excludentes. Ao se considerar que a convergência condicional se refere ao fato de que a taxa de crescimento de cada país tende a se aproximar de um nível estacionário relativo e que este valor de longo prazo pode ser distinto entre países em função de seus fundamentos, não haveria incompatibilidade entre este conceito de convergência e o aumento transitório da desigualdade internacional (DE LA FUENTE, 1996, p. 13). Numa primeira aproximação, as referidas leituras se apresentam como pontos de vista distintos sobre a mesma realidade e a maior diferenciação está na quantidade de tinta e nas cores usadas pelos autores de escolas distintas – ao menos a paisagem se mostra, basicamente, a mesma.

Embora autores como BARRO e SALA-I-MARTIN (1995), AGHION e HOWITT (1998) e ROS (2000) apontem para a validade da convergência condicional, a idéia de progresso técnico exógeno permaneceu provocando desconforto entre a comunidade acadêmica uma vez que não é possível imaginar que o mesmo não tenha fundamentação econômica. Este questionamento pode ser observado mesmo entre os adeptos da teoria tradicional. Como aponta DE LA FUENTE (2000, p. 2),

Dissatisfaction with the received theory has motivated the search for alternatives to the traditional neoclassical model that has driven the recent literature on endogenous growth. At the theoretical level, numerous authors have developed a series of models in which departures from traditional assumptions about the properties of the production technology or the determinants of technical progress generate predictions about the evolution of the international income distribution that stand in sharp contrast with those of neoclassical theory.

A teoria neoclássica passou a contar, então, com modelos de crescimento endógeno. Entretanto, para que isto fosse possível, foi necessário abandonar o pressuposto de rendimentos marginais decrescentes dos fatores. Ainda com o suposto de mercado perfeito, caso haja externalidades, pode-se ter crescimento endógeno - mas não se pode ter investimento em P&D. A competição imperfeita possibilita a remuneração da inovação intencional dos empresários privados e os rendimentos crescentes provêm das externalidades resultantes da inovação que, em última instância, podem acabar por evitar a convergência entre as taxas de crescimento do produto e da população ativa. Dentre as possibilidades vislumbradas

pela teoria do crescimento endógeno estaria a de divergência da renda per capita entre os países.

Em um estudo empírico sobre o crescimento dos países, DE LA FUENTE (2000) reafirma a validade da visão tradicional – em detrimento da teoria do crescimento endógeno - de que a convergência é o denominador comum da trajetória de crescimento dos países e regiões desde que se controle algumas variáveis³ quando da realização da análise empírica. Este controle se mostra particularmente importante ao analisar uma amostra para 98 países, abrangendo tanto desenvolvidos quanto subdesenvolvidos.

O debate sobre convergência e divergência prossegue acalorado e se por um lado as evidências apontam para o fortalecimento da teoria tradicional, esta parece não ter o poder explicativo necessário para desvendar as raízes econômicas dos movimentos que procura mostrar. Por outro lado, as tentativas dos teóricos do crescimento endógeno até o presente momento não se mostraram frutíferas à luz das mesmas evidências empíricas.

Uma linha de pesquisa que vem ganhando força na literatura tenta mostrar que na verdade a figura apresentada pelo crescimento dos países é mais complexa que a simples possibilidade de convergência ou divergência. Segundo esta idéia, cujo mérito estaria em fornecer uma visão mais geral sobre o fenômeno do crescimento econômico que abarcaria tanto a possibilidade de convergência quanto de divergência, a convergência poderia se dar em nível local, em grupos ou “clubes” de países (DOSI, 1994) (DURLAUF; QUAH, 1998) (FAGERBERG; VERSPAGEN, 2001).

Embora se possa vislumbrar pontos de contato a cerca dos macro resultados empíricos que possam trazer as diversas linhas de pesquisa sobre o crescimento, tanto de caráter mais tradicional, quanto mais heterodoxo, a um entendimento comum sobre alguns aspectos mais gerais do crescimento dos países, existe ao menos um ponto fundamental de divergência – particularmente entre a linha

³ No estudo em questão as variáveis controladas são: nível inicial de capital humano, índice de estabilidade política, percentagem de gastos não produtivos em relação ao PNB e distorção de preços relativos de bens de capital. Esse tipo de convergência é chamado de “convergência condicional”, pois depende do controle em alguns parâmetros que definem o *steady state*.

evolucionária e a linha mais tradicional – que se assenta sobre a busca das causas últimas deste crescimento. Nas palavras de FAGERBERG (1995, p. 281),

... a convergence between orthodox and non-orthodox views on the importance of technology for economic growth has to some extent taken place. Increasingly, innovation and diffusion of technology are now acknowledged as the major factors in growth processes, not only by Schumpeterians and other heterodox economists, but by many neoclassicals as well. However, important differences remain between the competing views, both with respect to how technology, firms and other agents are conceived and what the policy implications are.

Para DOSI (1994, p. 127), “... it seems to us that progress towards a better understanding of the ‘deeper sources’ of growth is hindered by an obstinate adherence to microfoundations and to the attempt by many to incorporate learning within the familiar framework of optimal allocation by an unboundedly rational representative agent.”

Além disto, uma visão de crescimento que não contemple a análise mais detalhada dos aspectos estruturais da economia pode obscurecer fatores relevantes para o entendimento da própria dinâmica do crescimento pois, como afirmam DOSI, PAVITT e SOETE (1990, p. 11) :

In so far as technology gaps and their changes are a fundamental force in shaping international competitiveness, their impact on domestic income, by inducing and/or allowing a relatively high rates of growth via the foreign trade multiplier, will be significant. However, the 'virtuous circle' between technological levels, foreign competitiveness and domestic growth is not entirely automatic and endogenous to the processes of economic development. (...) country-specific and sector-specific innovative or imitative capabilities can be isolated as one of the single most important factors which originate these 'virtuous circles' and contribute to explaining the patterns of international convergence or divergence in terms of trade performance, per capita incomes and rates of growth.

O tratamento que se pretende dar neste trabalho ao estudo do crescimento econômico e, particularmente, ao relacionamento norte-sul, fará uso de alguns dos fatores diferenciais da teoria evolucionária. Esta teoria permite a união de uma visão essencialmente dinâmica do crescimento, através da análise de elementos como o progresso técnico, a transformação estrutural, a incerteza e a não-ergodicidade, com a possibilidade de percorrer variados níveis de agregação, desde o país até a firma, passando pelo nível setorial.

Um ponto fundamental de distinção entre a teoria tradicional e a teoria evolucionária está no papel atribuído à firma. Para a teoria tradicional apenas as firmas que **maximizam** o lucro - mesmo que o façam sem saber – sobrevivem, o que permite que as mesmas possam ser reduzidas a um único agente representativo. Já para a teoria evolucionária as firmas **buscam** o lucro e o fazem através de comportamentos diversificados. Esta diversidade é resultado da inovação e proporciona a oportunidade de evolução desta população ao apresentar novas possibilidades aos mecanismos de seleção, dentre os quais se encontra o mercado⁴.

De forma a tornar mais clara a argumentação acima, se faz necessária uma breve descrição das idéias evolucionárias, que pode ser vista a seguir.

O lançamento do livro “An Evolutionary Theory of Economic Change” por Richard Nelson e Sidney Winter em 1982 estabeleceu um marco teórico no estudo da economia com a tentativa de formulação de uma teoria econômica baseada em argumentos provenientes da teoria da evolução das espécies e em seus desdobramentos no campo da biologia moderna. Embora idéias evolucionárias em economia remontem aos trabalhos de Marx e Malthus e, ao longo da história, tenham sido abordadas em maior ou menor grau por autores como Veblen, von Hayek e, claro, Schumpeter, Nelson e Winter foram buscar idéias que se encontravam separadas nos diversos escaninhos da teoria econômica, da teoria das organizações, da sociologia e da psicologia social de modo a concatená-las sob a forma de um corpo coerente e articulado.

Curiosamente, este inter-relacionamento entre idéias econômicas e biológicas parece ser bem mais longo e intrincado do que o conceito atual de teoria econômica evolucionária pode sugerir. Embora pareça a princípio que o fluxo de idéias evolucionárias se dá a partir da biologia para a economia, a história mostra que ocorreu na verdade uma influência mútua entre economia e biologia. Em um interessante texto sobre as raízes da economia evolucionária, KWAŚNICKI (2003a, p. 5) afirma que

⁴ Segundo DOSI (2001) o mercado é apenas um dos possíveis mecanismos de interação dinâmica e seleção. Outro mecanismo poderia ser, por exemplo, um processo político como a corrupção.

There are very convincing evidences that inventing his theory Darwin has taken inspiration from the work of the Great Scots: David Hume, Adam Ferguson and Adam Smith. The Great Scots postulated the vision of civil society, which differs and is independent of the state. In the Scots understanding civil society consists of fully individual and noncompulsory relations while the state is based on public and political relations (*res publica*). The Great Scots assumed that the governing force of development are customs, routines, opinions and rules worked out during long historical process of cultural development and belonging to a tradition of a given society.

No próprio seio da teoria econômica, as idéias evolucionárias acabaram por tomar corpo, ou se diluir, em distintas escolas de pensamento econômico. Apesar de atingirem um amplo espectro de colorações teóricas (e políticas), para DOSI e WINTER (2000, p. 3) as teorias econômicas evolucionárias compartilham o que eles chamam de “imperativo metodológico” da preponderância da dinâmica, ou, “dynamics first”:

(...) the explanation for why something exists, or why a variable takes the value it does, ought to rest on a process account of how it became what it is. Loosely speaking, that amounts to the theoretical imperative: provide the process story either by formally writing down some dynamical system, or telling a good qualitative historical reconstruction (or, much better both). Or, putting it in terms of negative prescriptions: be extremely wary of any interpretation of what is observed that runs just in terms of ex-post equilibrium rationalizations (“it has to be like that, given rationality”). (DOSI; WINTER, 2000, p. 3)

DOSI e WINTER (2000, p. 4) propõem que a definição de um programa de pesquisa evolucionário deve estar apoiada nas idéias de que (i) as teorias devem ser micro fundadas; (ii) a busca pelo realismo é uma virtude, quando não uma necessidade; (iii) os agentes têm, na melhor das hipóteses, um entendimento imperfeito sobre o ambiente em que vivem; (iv) o aprendizado imperfeito e dependente da sua história implica em heterogeneidade persistente entre os agentes; (v) o conhecimento é sempre passível de ser expandido; (vi) ao mesmo tempo que a adaptação imperfeita e as descobertas geram diversidade, as interações coletivas, dentro e fora do mercado, atuam como mecanismos de seleção; (vii) os fenômenos agregados são o resultado de micro interações fora de equilíbrio e de aprendizado heterogêneo; (viii) organizações e instituições são o resultado parcial da ação intencional dos agentes como também são parcialmente resultantes das interações coletivas e, (ix) as regularidades encontradas em níveis

altos de análise, que se manifestam através de instituições, regras e formas organizacionais, se relacionam de forma complexa através de outros níveis de análise e de escalas de tempo, com os níveis mais baixos da análise.

No presente trabalho buscaremos seguir a linha teórica evolucionária neo-schumpeteriana cujas raízes remontam aos escritos de Joseph Alois Schumpeter e que na atualidade se reflete nos trabalhos de autores como Richard Nelson, Sidney Winter, Giovanni Dosi e Esben Sloth Andersen, entre outros.

A teoria econômica evolucionária neo-schumpeteriana, doravante teoria evolucionária, se coloca em contraste com a teoria neoclássica na medida em que a partir de sua metáfora biológica vem contrapor todo um arcabouço de idéias bem estabelecidas na economia com base na metáfora da física. Mais do que contrapor, os evolucionários se propõem a explicar, de forma distinta da teoria neoclássica, a dinâmica das variáveis macroeconômicas do crescimento com base na performance microeconômica da firma, cujo comportamento é função da interação entre agentes internos e externos à mesma e do ambiente. De acordo com esta teoria, a visão neoclássica de comportamento maximizador da firma e de mercado concorrencial em equilíbrio seriam, na melhor das hipóteses, possibilidades teóricas remotas e improváveis⁵.

Um elemento fundamental do crescimento econômico na teoria evolucionária é o progresso técnico que, em nível microeconômico, se apresenta de forma explícita e endógena, em oposição às tradicionais abordagens que consideram a tecnologia como dada ou como exógena à firma⁶. Na teoria evolucionária o progresso técnico

⁵ Na verdade, DOSI e NELSON (1994, p. 158) destacam a importância de se reconhecer que a maioria dos economistas entende muito bem o quanto é dúbia, em qualquer contexto complexo, a teoria da escolha racional que presume que os atores sejam oniscientes. Porém, segundo estes autores uma outra racionalização - argumento em que a maioria dos economistas realmente acredita - seria a de que os atores eliminam comportamentos que se encontram fora do padrão.

⁶ A própria teoria neoclássica passou a contar com modelos de crescimento endógeno mas, embora sob alguns aspectos a teoria neoclássica pareça convergir para um ponto comum à teoria evolucionária, um fundamento da teoria neoclássica permanece, mesmo em sua roupagem mais nova: a racionalidade maximizadora.

resulta, em última instância, da modificação do equivalente institucional das habilidades humanas: as rotinas.

A rotina ou, de outra forma, a unidade de armazenamento de conhecimento da firma, quando posta à prova por algum fator com o qual ela não se mostra capaz de lidar enseja a busca por novas maneiras de trabalhar o problema até que, caso a busca seja frutífera, se estabeleça uma nova rotina que, em relação ao problema em questão, agora se mostra satisfatória para resolvê-lo: eis o progresso.

Mais especificamente, embora rotina e inovação pareçam ter significados antagônicos, para a teoria evolucionária existem várias situações em que as rotinas desencadeiam ou contribuem para a inovação. Um exemplo disto seria quando se percebe uma anomalia na execução de uma tarefa usual da linha de produção. A repetição desta anomalia pode levar à percepção de possíveis causas relacionadas à mesma quando existe uma situação rotineira que serve de padrão de funcionamento da linha de produção. Por outro lado, as rotinas podem ser compostas ou recombinações de forma a produzirem uma inovação e, neste caso as rotinas existentes sobre as quais se possui um bom entendimento são os melhores componentes para as novas combinações. Finalmente, a própria atividade de inovação é cercada de rotinas, refletidas na tomada de decisões através de heurísticas⁷ (NELSON e WINTER 1982, p. 131)⁸.

Para os evolucionários, as rotinas desempenham o papel de armazenagem do conhecimento da instituição na medida em que a maior parte do mesmo não se encontra em manuais e muitas vezes sequer é passível de ser repassado de um agente a outro. Trata-se de conhecimento tácito que resulta das interações dos agentes ligados de alguma forma à instituição e que, com o tempo, se não for

⁷ Heurísticas, segundo NELSON e WINTER (1982, p. 133), são princípios utilizados pela alta gerência na suposição de que eles podem encurtar a busca de soluções de problemas de sobrevivência e de lucratividade da firma. Alguns desses princípios poderiam ser, por exemplo, “desenvolver uma estratégia” ou “descobrir os pontos fortes e os pontos fracos em relação aos competidores”. Também poderíamos acrescentar a esta lista a busca por “maximizar o lucro”.

⁸ É interessante notar que na discussão teórica sobre rotinas, em NELSON e WINTER (1982), os autores não especificam detalhadamente a relação rotina, imitação e inovação. Esta relação só se evidencia quando da apresentação de seus modelos de simulação.

utilizado, pode se perder. Esta idéia tem paralelo com as habilidades humanas e um exemplo disto seria a habilidade de um atleta treinado em alguma modalidade esportiva. Um jogador de futebol, por exemplo, é capaz de se lançar ao ar para efetuar uma cabeçada na bola muito antes que ela esteja a seu alcance. Para tanto, este jogador se utiliza de sua habilidade de saber onde seu corpo se encontrará quando a bola estiver cruzando à sua frente de forma que ele possa alterar a trajetória da mesma e marcar o gol. Entretanto, esta habilidade de prever o comportamento da bola no ar prescinde de qualquer cálculo físico sobre deslocamento de corpos, atrito, rotação ou aceleração. Na verdade, um cálculo matemático baseado no conhecimento científico que este atleta tenha sobre a teoria física envolvida em seu esporte poderia mesmo fazer com que ele passasse ao largo da bola no momento da jogada. Tampouco ajudaria a um técnico utilizar esta mesma física do movimento da bola para ensinar aos atletas a arte de fazer gols de cabeça. Certamente a física poderia explicar porque o atleta chega até a bola mesmo desconhecendo física. De acordo com este raciocínio, que poderia estar em concordância com a teoria ortodoxa, o atleta decidiria e combinaria um conjunto de variáveis como se soubesse física.

Entretanto, uma diferença entre as abordagens neoclássica e evolucionária está exatamente na interpretação do fenômeno e não na consideração de que decisões econômicas envolvem habilidades comparáveis a habilidades esportivas. Para Nelson e Winter, do ponto de vista ortodoxo a habilidade mostrada por um ator se caracteriza pela escolha e pela maximização. A escolha envolve deliberação e a maximização implica na adoção da melhor solução factível - o que impõe a existência de um padrão independente dos atores envolvidos. Já para os evolucionários habilidade implica na supressão da escolha, com sua conseqüente automaticidade: a rotina é uma alternativa à maximização. Além disso, para os evolucionários a habilidade se mostra em comparação aos demais indivíduos, sejam menos habilidosos ou inábeis, e não em relação a um padrão de excelência externo aos atores. Esta diferença de interpretação traz como conseqüência uma ênfase evolucionária no processo de aprendizagem da habilidade, nas condições para o seu exercício e na possibilidade de erros grosseiros ao se selecionar a opção errada (NELSON; WINTER, 1982, p. 94).

Da mesma forma que o atleta desenvolve suas habilidades em determinado esporte, rotinas se desenvolvem na firma de forma que ela se torna capaz de produzir, desemcumbindo-se de todas as tarefas necessárias ao cumprimento de seu objetivo, desde a compra dos insumos até a venda do produto final. Também neste caso é necessário que a rotina de produção se mantenha em uso pois, caso sua linha seja descontinuada por algum tempo, haverá a necessidade de se “re-aprender” a produzir o referido produto. Além disso, o “aprendizado” da firma, como do atleta, é condicionado pela sua própria história. Aqui encontramos outro elemento constituinte do pensamento evolucionário: *path-dependence*⁹.

Como RIZZELLO (1997, p. 100) aponta:

Path dependency was first found in natural history, in the analysis of the evolution of the species, as a characteristic trait which affects future development in a relevant way. In other words, this concept implies that every successive act in the development of an individual, an organization, or an institution is strongly influenced by, and dependent from, the path (experience and evolution) previously covered.

Note-se que não existe a pressuposição de que a rotina de produção leve inexoravelmente a resultados ótimos. A adoção ou não de uma rotina baseia-se na idéia de *satisficing* de Simon. Para SIMON (1957, p. 204), a chave para a simplificação do processo de escolha de forma a compatibilizá-lo com a capacidade computacional humana limitada está na substituição do objetivo de maximização pelo objetivo de *satisficing*, ou, de outra forma, em encontrar um curso de ação que seja "bom o suficiente". Nas palavras do próprio autor, "... an organism that satisfices has no need of estimates of joint probability distributions, or of complete and consistent preference orderings of all possible alternatives of action" (SIMON, 1957, p. 205).

Quando a firma não atinge seu nível de *satisficing*, ela se engaja na busca por novas rotinas até obter um resultado satisfatório. Na moderna firma industrial esta busca representa uma variedade de processos, preponderantemente intencionais,

⁹ Segundo PAUL DAVID (1993), um processo *path-dependent* é não-ergódico: os sistemas que possuem esta propriedade não podem ignorar os efeitos dos eventos passados e não possuem uma distribuição de probabilidade contínua e invariante em todo espaço de estados que os limite.

que se caracterizam pela sua irreversibilidade, incerteza e contingência (NELSON; WINTER, 1982, p. 171). Além disso, esta busca ocorre em um ambiente de seleção que abrange a definição de lucro para a firma, o modo como as preferências do consumidor e o marco regulatório influenciam esta lucratividade, o investimento e os processos de imitação envolvidos (NELSON; WINTER, 1982, p. 266). A partir da busca e da seleção de novas rotinas podem resultar inovação e/ou imitação¹⁰ no âmbito da firma.

Como afirmam DOSI e NELSON (1994, p. 159), a teoria econômica evolucionária se combina confortavelmente com as análises provenientes de outras áreas do conhecimento social que sugerem a ocorrência geral de comportamentos guiados por regras sob a forma de rotinas relativamente invariantes cuja origem remonta à história dos agentes, seu conhecimento preexistente e, mais que isto, seu sistema de valores e seus preconceitos. Precisamente porque não há nada que garanta, geralmente, que estas rotinas são ótimas, a noção da existência de oportunidades para a descoberta de rotinas melhores está sempre presente.

Do mesmo modo que não há garantia de que as rotinas são ótimas, tampouco há garantia de que sempre serão encontradas rotinas melhores e aqui nos deparamos com outro elemento fundamental da teoria evolucionária: a incerteza. Segundo DOSI¹¹, citado por VERSPAGEN (1993, p. 65), a inovação envolve um elemento fundamental de incerteza, o qual não é simplesmente um lapso de toda a informação relevante sobre a ocorrência de eventos conhecidos mas, mais fundamentalmente, engloba também a existência de problemas tecno-econômicos cujos procedimentos para solução são desconhecidos e a impossibilidade de traçar precisamente as conseqüências das ações.

¹⁰ Uma metáfora para a inovação e a imitação poderia ser construída através da idéia de escalar uma montanha. Ao proceder à escalada, um montanhista pode decidir seguir por uma trilha conhecida (imitação) ou abrir uma nova trilha (inovação). Não há garantias de que ele vá conseguir chegar ao cume por um ou por outro caminho, entretanto, ao se utilizar da trilha conhecida, ele tem a certeza de que é possível atingir seu objetivo.

¹¹ DOSI, G. The Nature of the Innovative Process. In: **Technical Change and Economic Theory**. London, Pinter: 1988, p. 221-138.

Estas idéias, vistas até aqui de uma maneira bastante sucinta, formam a base do pensamento evolucionário em relação à firma. Em nível microeconômico o progresso técnico se dá através de melhoramentos incrementais derivados de uma busca por aumento ou recombinação do conjunto de técnicas de produção conhecido. Em âmbito macroeconômico se observam as grandes revoluções tecnológicas dentro das quais os referidos melhoramentos se encontram inseridos: as mudanças de paradigmas tecnológicos. Um paradigma tecnológico pode ser definido como um modelo e padrão de solução de problemas tecnológicos selecionados, baseados em princípios selecionados das ciências naturais e em tecnologias selecionadas (DOSI, 1984, p. 14). O paradigma tecnológico se manifesta quando todo um conjunto de firmas começa a aplicar um novo princípio básico no mercado e, em grande medida, ele é parcialmente exógeno às mesmas – embora dependa de decisões tomadas em seu interior (VERSPAGEN, 1993, p.59).

Como afirmam CIMOLI e DOSI (1995, p. 245),

The notion of technological paradigms is based on a view of technology grounded on the following three fundamental ideas.

First, (...) technology cannot be reduced to the standard view of a set of well-defined blueprints. Rather, it primarily concerns problem-solving activities involving - to varying degrees - also tacit forms of knowledge embodied in individuals and organizational procedures.

Second, paradigms entail specific heuristic and visions on "how to do things" and how to improve them, often shared by the community of practitioners in each particular activity (...)

Third, paradigms generally also define basic models of artifacts and systems, which over time are progressively modified and improved. These basic artifacts can also be described in terms of some fundamental technological and economic characteristics. (...)

A figura geral que vai se formando é de uma economia na qual o progresso técnico ocorre em grandes e relativamente escassos saltos que podem ser vislumbrados em nível agregado. Dentro destes ocorre um processo sistemático de melhoramentos incrementais que, embora sejam resultado de ações individuais das firmas, têm um impacto significativo sobre a difusão do conhecimento e sobre o nível de produtividade agregada da indústria.

A leitura do paradigma tecnológico, do ponto de vista do conjunto de firmas de um setor ou de uma indústria, pode ser efetuada através do conceito de regime

tecnológico. Para MARSILI e VERSPAGEN (2001, p. 3), este conceito seria uma forma de estrutura intelectual que permite interpretar a variedade de processos de inovação observada entre os setores industriais. Deste modo, os regimes tecnológicos estabeleceriam uma interligação entre os diversos aspectos do processo de inovação e organizariam as diferenças entre as indústrias em poucas categorias invariantes

Para NELSON e WINTER (1982, p. 258), um regime tecnológico se refere a uma fronteira de possibilidades tecnológicas passíveis de serem atingidas, definida dentro de dimensões econômicas relevantes e limitada por restrições de ordem física e biológica, entre outras. Numa visão mais cognitiva, o regime tecnológico se refere àquilo que os técnicos acreditam ser possível fazer ou que, ao menos, acreditam valer à pena tentar fazer.

NELSON e WINTER (1982, p. 283) definem dois regimes tecnológicos dos quais faremos uso na presente dissertação: *science-based* e *cumulative technology*. No regime *science-based* a fonte de inovação para a firma são os avanços em pesquisa básica que ocorrem fora da indústria como, por exemplo, na universidade. Sob este regime, a inovação que a firma obtém hoje é independente daquilo que ela possa ter feito no passado e seu esforço em P&D deve estar dirigido para se manter na fronteira de um conjunto de possibilidades tecnológicas definido fora da indústria. No regime *cumulative technology* a fonte de inovação é o aprendizado incremental obtido no seio da própria produção, ou *learning-by-doing*, e não proveniente de fora da indústria. Neste caso, a inovação que a firma faz hoje depende dos resultados por ela obtidos no passado.

1.2. Modelos Formais Evolucionários

A formalização da teoria evolucionária avançou muito desde a obra seminal de NELSON e WINTER (1982) que descreve, em seus capítulos 9 e 12, dois modelos evolucionários que representam marcos importantes do desenvolvimento desta abordagem teórica¹². Em NELSON e WINTER (1982, cap. 9) encontra-se

¹² Para uma revisão dos modelos evolucionários de dinâmica industrial, ver KWAŚNICKI (2003b).

condensado o primeiro modelo evolucionário de crescimento, originalmente desenvolvido em NELSON e WINTER (1974) e em NELSON, WINTER e SCHUETTE (1976), no qual se estabelece a contraparte evolucionária ao pensamento neoclássico representado pelo trabalho de SOLOW (1957). Já em NELSON e WINTER (1982, cap. 12) está descrito o modelo mais desenvolvido e documentado destes autores, o qual será objeto de uma análise mais detalhada ao longo desta dissertação.

Vista do alto, ou do nível macro, a economia parece apresentar algum tipo de coordenação¹³ que, como mostraram NELSON e WINTER (1982), prescinde de um comportamento racional maximizador em nível micro para embasá-lo. Para estes autores, “Neoclassical growth theory is aimed at macro phenomena, and its micro details are instrumental to its macro purposes. Evolutionary theory treats the micro processes as fundamental and treats the macro aggregates as aggregates.” (NELSON; WINTER, 1982, p. 232) Estas idéias vão se refletir nos modelos que buscam formalizar a teoria vista até aqui e em particular no uso de técnicas de simulação para a implementação dos mesmos, uma das contribuições pioneiras de Nelson e Winter à teoria evolucionária no desenvolvimento de modelos econômicos.

Os modelos de simulação suscitam alguma desconfiança nos economistas que colocam a seguinte questão: o que se poderia aprender com a simulação que já não se sabia sem ela? A este respeito, ANDERSEN (1996, p. 114) chama a atenção para o fato de que “... we have the well-known fact that it is often quite difficult to discover the consequences of a correct set of propositions...”. Aqui estariam colocadas vantagens que vão um passo além da formalização. A descrição formal de um conjunto de proposições pode servir para tornar mais claro o quão

¹³ Em relação a coordenação, LANE (1993, p. 89) afirma que “Many systems, in chemistry and biology as well as in human society, appear to have the capability of achieving, over time, a more and more complex organization. The process through which this organization is achieved, emergent hierarchical organization, typically displays two characteristic features. First, the organization is hierarchical. That is, the systems are composed of a number of different levels, each level consisting of entities that interact with another. (...) Second, the systems appear to produce their own order. The actions of lower-level entities are channelled - in effect, coordinated – by higher-level structures that themselves arise from the lower-level entities’ interactions.”

desarticuladas as proposições se encontram mas um teste mais profundo seria obrigar este conjunto desarticulado de idéias a funcionar sob a forma de um programa de computador. Também, a simulação é um instrumento auxiliar importante ao se trabalhar com sistemas complexos onde a capacidade humana de computação e de cálculo se mostram insuficientes.

A tentativa de expressar processos (pobrememente) entendidos em uma forma implementável em um computador digital pode produzir casos-padrão, algoritmos, estruturas de dados e linguagens de programação¹⁴ que, ao final, redundam em aumento de conhecimento sobre os referidos processos e sobre a própria ciência econômica (ANDERSEN, 1996, P. 114). A argumentação em favor da simulação também pode ser extraída da idéia de “Mundos Artificiais”. LANE (1993, p. 93) nos oferece três razões para o uso de ferramentas de simulação: (i) mundos artificiais são projetados para serem sistemas inovadores ou abertos e suas propriedades emergentes são meta estáveis¹⁵ - não estados assintóticos ou de equilíbrio, (ii) propriedades emergentes são necessariamente funções complicadas da história dos atributos das entidades de nível micro, de cujas interações as referidas propriedades são formadas e (iii) parece plausível a hipótese de que a capacidade de um sistema de apresentar uma organização hierárquica emergente esteja relacionada à sua complexidade, tanto com respeito aos atributos e arranjos de seus componentes quanto ao seu padrão de interação.

Para HOUNIE et al. (1999, p. 18), os modelos de simulação (i) captam com alto grau de detalhe a diversidade dos agentes microeconômicos e a diversidade setorial da tecnologia e da demanda, (ii) têm maior potencial de interação com resultados provenientes da história econômica e com estudos de caso, (iii) abrem uma porta

¹⁴ A respeito de programas de computador, cabe destacar que um dos frutos da idéia de aplicação da simulação à teoria evolucionária foi a criação do sistema de simulação LSD (*Laboratory for Simulation Development*), desenvolvido por Marco Valente como parte de sua tese de doutorado. Mais informações sobre o LSD e sua aplicação à análise evolucionária podem ser encontrados em VALENTE e ANDERSEN (2003).

¹⁵ Segundo DOSI e WINTER (2000, p. 5), meta estável significa que, embora a propriedade emergente persista em uma escala de tempo superior ao seu processo gerador, ela desaparecerá ao final com probabilidade um.

para os conhecimentos acumulados em outras áreas, (iv) oferecem um caminho natural para tornar mais rigorosos os modelos agregados de crescimento e (v) são especialmente aptos para estudar os efeitos das políticas econômicas e industriais, graças ao maior realismo de seus supostos microeconômicos e à sua maior flexibilidade.

De forma geral, os modelos de simulação referidos acima são cadeias de Markov - processos estocásticos definidos pelo estado das variáveis e pela forma como este estado se altera¹⁶. Sua implementação pode ser feita através de algoritmos programados em uma linguagem de computador específica, ou não, para a atividade de simulação.

A expressão de teoria econômica sob a forma matemática, e mais, computacional, exige um esforço de abstração. Isto tanto é verdade quanto mais complexos são os conceitos a serem modelados – o que é o caso da teoria da firma evolucionária. Em relação a isto, NELSON e WINTER (1982, p. 136) chamam a atenção para o fato de que

(...) even the sophisticated problem-solving efforts of an organization fall into quasi-routine patterns, whose general outlines can be anticipated on the basis of experience with previous problem-solving efforts of that organization. But the patterning of the problem-solving activity is reflected only vaguely in the immediate outcomes of that activity and even less clearly in the gross changes in firm behavior that these problem solutions may trigger. From the viewpoint of an external observer who has no access to the sophisticated workings within the organization, the results are hard to predict and on that ground are best regarded as stochastic

Para ANDERSEN (1996, p. 101), Nelson e Winter promoveram uma síntese evolucionária ao integrar idéias sobre os padrões de comportamento e sua transmissão, criação de novos padrões de comportamento e diferentes tipos de mecanismos de seleção. Segundo o referido autor, o trabalho conjunto de Nelson e Winter combinou as idéias de Simon sobre regras e *satisficing*, o trabalho do próprio

¹⁶ O estado de um sistema representa todo o conhecimento necessário para descrevê-lo em um determinado instante de tempo. Como exemplo, um sistema químico pode ser especificado pelos valores de temperatura, pressão e volume. Em um processo de Markov apenas o último estado ocupado pelo processo é relevante para a determinação de seu comportamento futuro (HOWARD, 1971, p. 1-3).

Nelson e de outros autores “schumpeterianos” sobre invenção e inovação e os trabalhos de Alchian e de Winter sobre seleção natural.

De fato, a colaboração entre Nelson e Winter rendeu uma série de modelos de simulação com enfoques distintos mas que mantiveram determinadas características que permitem tratá-los como parte de uma verdadeira família de modelos. A respeito disto, ANDERSEN (1996, p. 103) destaca que a estratégia de modelagem assumida pelos referidos autores acabou por impor uma concepção sobre o processo evolucionário baseada em uma perspectiva populacional e em criação e seleção de variedade, dado um padrão econômico. A perspectiva populacional se refere à incorporação de um certo grau de variedade de processos e/ou produtos ao modelo, ao mesmo tempo em que se admite que as variações podem ser transferidas entre firmas diferentes e que o espaço de busca das mesmas é similar. Já a criação e a seleção de variedade ocorrem dentro de um determinado paradigma ao invés de considerar uma mudança radical.

2. O Modelo de Nelson e Winter - NW

Nelson e Winter (NW) desenvolveram uma grande família de modelos evolucionários de simulação¹⁷ dentre os quais o apresentado no capítulo 12, p. 302, em NELSON e WINTER (1982). Além de ser representativo da corrente teórica evolucionária dos autores supracitados, o modelo referido também se encontra bem documentado e permite visualizar com maior clareza como se pode expressar os conceitos vistos até aqui de uma maneira mais formal. Trata-se de um modelo de competição schumpeteriana cuja estrutura segue abaixo. Como algumas definições do modelo não são plenamente esclarecidas pelos autores, justifica-se uma apresentação mais demorada do mesmo.

A competição schumpeteriana é caracterizada por um processo competitivo essencialmente dinâmico no qual firmas buscam encontrar técnicas alternativas àquelas em uso de forma a permitir o aumento da lucratividade que determinará a sua expansão. Seguindo a tradição das idéias evolucionárias, a definição deste processo de competição envolve a consideração de que o conjunto de possibilidades de escolha à disposição das firmas não é conhecido da mesma forma como são desconhecidas as possíveis conseqüências desta escolha. Também, as firmas ao se depararem com o mesmo sinal de mercado, respondem de maneira diversa.

Na competição schumpeteriana há ganhadores e perdedores e este processo de contínuo desequilíbrio torna possível a diversidade ao mesmo tempo em que promove a seleção entre as firmas que fazem escolhas que acabam por se mostrar boas e aquelas que tomaram decisões cujas conseqüências se mostraram ruins.

O processo se desenrola em um ambiente de mercado competitivo onde as firmas são tomadoras de preço (*price-takers*). Cada firma opera através da melhor técnica que conhece, ao nível máximo permitido pelo seu estoque de capital, para a produção de um produto homogêneo. Todas as técnicas se caracterizam por retornos constantes de escala e coeficientes fixos.

A indústria tem uma curva de demanda decrescente, fatores de oferta perfeitamente elásticos e fatores-preço constantes ao longo do período em análise.

2.1. Definição do modelo de NW

O estado de cada firma é definido pelo seu estoque de capital (K_{it}) e pela produtividade da técnica que a mesma está aplicando (A_{it}). O produto da firma i no tempo t é calculado de acordo com a equação (2.1.1) abaixo.

$$(2.1.1) Q_{it} = A_{it} K_{it}$$

O núcleo do modelo consiste em descrever a maneira como cada firma evolui ao longo do tempo através da modificação tanto da produtividade da técnica aplicada pela mesma quanto do seu estoque de capital.

A modificação da produtividade da técnica ocorre através da atividade de P&D em um processo de dois estágios.

Primeiramente, a partir do valor, zero ou um, obtido para as variáveis independentes e aleatórias d_{imt} e d_{int} se configuram o fracasso ou sucesso da firma na atividade de imitação ou de inovação, respectivamente (equações 2.1.2 e 2.1.3).

$$(2.1.2) \text{Prob}(d_{imt} = 1) = a_m r_{im} K_{it}$$

$$(2.1.3) \text{Prob}(d_{int} = 1) = a_n r_{in} K_{it}$$

Onde r_{im} é o gasto com imitação, r_{in} o gasto com inovação e a_m e a_n são parâmetros definidos de forma que a probabilidade de uma imitação ou de uma inovação seja igual a 0,5 para a indústria como um todo em um dado período¹⁸.

No caso da firma ser bem sucedida em sua atividade de imitação, ela tem a opção de “observar” e copiar a melhor prática da indústria.

Para uma inovação bem sucedida, a firma percebe uma amostra sobre uma função de distribuição de oportunidades tecnológicas, $F(A; t, A_{it})$.

¹⁷ Para uma revisão dos diversos modelos de simulação evolucionária desenvolvidos por Nelson e Winter, ver ANDERSEN (2003, p. 5).

¹⁸ O cálculo dos parâmetros pode ser apreciado na seção seguinte.

O modelo contempla a possibilidade de análise de dois regimes de mudança tecnológica os quais Nelson e Winter denominam *science-based* e *cumulative technology*.

No regime *science-based* o sucesso na inovação proporciona à firma o acesso a uma tecnologia externa à indústria como, por exemplo, a tecnologia proveniente da pesquisa básica realizada nas universidades. Para este caso, o resultado da inovação (\bar{A}_{it}) assume um valor aleatório proveniente de uma distribuição normal cuja média aumenta com o tempo, ou mais especificamente, $\log(\bar{A}_{it})$ tem distribuição normal $N(\lambda(t), \sigma^2)$ com $\lambda(t) = 0,16 + 0,01t$ e $\sigma = 0,05$. Na definição de $\lambda(t)$, o valor de 0,16 se refere à produtividade latente.

No regime *cumulative technology*, os autores julgam que os resultados do sucesso em inovação são função dos valores anteriores de produtividade das firmas, de tal forma que \bar{A}_{it} é resultante de uma distribuição normal cuja média é o valor da produtividade da firma no período anterior e o desvio-padrão é o mesmo do caso anterior.

Para uma firma que obtém sucesso ao imitar e inovar, seu nível de produtividade passa a ser o descrito na equação (2.1.4) abaixo.

$$(2.1.4) \quad A_i(t+1) = \text{Max}(A_{it}, d_{imt} \hat{A}_t, d_{int} \bar{A}_{it})$$

Onde $\hat{A}_t = \text{Max}_i(A_{it})$ é o melhor nível de produtividade da indústria no período t e \bar{A}_{it} é a variável aleatória resultante da inovação, descrita anteriormente.

Já a alteração do estoque de capital se dá em função da combinação entre o lucro obtido pela firma e o seu *market-share*.

O lucro sobre o capital da firma (2.1.5) é dado pelo preço do produto multiplicado pelo produto por unidade de capital (produtividade) menos os custos fixos de produção (c) e custos por unidade de capital de imitação e de inovação.

$$(2.1.5) \quad \pi_{it} = P_t A_{it} - c - r_{im} - r_{in}$$

A expansão ou contração para o período seguinte é determinada de acordo com a equação (2.1.6) abaixo, onde $(P_t A_{it} / c)$ representa a razão da receita sobre o custo de produção ou *markup* (ρ), Q_{it} / Q_t é o *market-share* da firma (s) e δ é a taxa de

depreciação física. A taxa de depreciação física é a única forma de redução do capital da firma.

$$(2.1.6) \quad K_{i(t+1)} = I\left(\frac{P_t A_{it}}{c}, \frac{Q_{it}}{Q_t}, \pi_{it}\right) K_{it} + (1 - \delta) K_{it}$$

A função de investimento $I(\bullet)$ tem a restrição de não negatividade e está especificada para este modelo conforme a equação abaixo¹⁹ (2.1.7).

$$(2.1.7) \quad I(\rho, s, \pi) = \text{Max}\left[0, \text{Min}\left[\left(1.03 - \frac{2-s}{\rho(2-2s)}\right), f(\pi)\right]\right]$$

$$f(\pi) = \begin{cases} .03 + \pi & \pi \leq 0 \\ .03 + 2\pi & \pi > 0 \text{ e } \text{BANK} = 1 \\ .03 + 3.5\pi & \pi > 0 \text{ e } \text{BANK} = 2.5 \end{cases}$$

Assume-se que $\lim_{s \rightarrow 0} I(1, s, 0) = 0$, ou seja, a firma que apresente preço igual ao custo unitário e lucro zero (devido a gasto zero com P&D) terá investimento líquido igual a zero.

Firmas com grande *market-share* reconhecem que sua expansão pode espoliar seu próprio mercado, de tal forma que, na medida em que o mesmo aumenta, maior o *markup* necessário para induzir a expansão proporcional desejada. Este mecanismo acaba por impor uma restrição à concentração da indústria.

Descrita a forma como evoluem o capital e a produtividade de cada firma, resta verificar como se dá a interação entre as firmas no mercado, ou os “agregados” do modelo.

As variáveis agregadas que vão determinar a dinâmica macroeconômica do modelo são o produto total, a demanda total e o preço de mercado.

O produto total da indústria é a soma dos produtos individuais das firmas conforme a equação (2.1.8) abaixo.

$$(2.1.8) \quad Q_t = \sum Q_{it}$$

¹⁹ Sobre a variável BANK, deve-se destacar que sua presença no modelo se deve à intenção dos autores de trabalharem com dois regimes distintos de financiamento para investimento da firma: sob um regime a firma pode emprestar do sistema bancário 2,5 vezes seu lucro líquido e sob o outro regime o montante de empréstimos é limitado a um valor igual ao lucro da firma.

A demanda total $D(\bullet)$ é constante e igual a 67.

O preço de mercado é determinado pelo produto da indústria, dada uma função demanda-preço (2.1.9).

$$(2.1.9) P_t = D(Q_t) = 67 / Q_t$$

O processo de simulação do modelo descrito pressupõe a definição de uma série de condições de contorno que vão permitir a Nelson e Winter extrair conclusões sobre estrutura de mercado, preço e esforço em imitação e inovação das firmas.

Os autores dedicaram um grande cuidado na definição destas condições até porque as mesmas acabam por influenciar os resultados provenientes do modelo. Seguindo este mesmo caminho, foi feita uma tentativa de percorrer os meandros do trabalho seminal de NW para verificar a forma como são determinadas as suas condições de contorno.

2.2. Condições de contorno

São definidos cinco conjuntos de condições iniciais relativos a uma indústria contendo duas, quatro, oito, dezesseis e trinta e duas firmas, de forma a possibilitar a observação da influência da estrutura inicial de mercado sobre a sua própria evolução, sobre a performance das firmas em P&D e sobre o preço de mercado.

Os experimentos são realizados de forma a contemplar 100 períodos após o período inicial e os parâmetros escolhidos representam a evolução da indústria ao longo de 25 anos, sendo cada período relativo a um trimestre.

A definição das condições iniciais e de contorno da simulação do modelo de NW envolve considerações sobre como tentar estabelecer um ambiente relativamente neutro, independente da estrutura de mercado inicialmente considerada e das políticas de investimento em P&D de cada uma das firmas. Para tanto, os autores determinam diversos conjuntos de estoque de capital e níveis de gastos com inovação e com imitação em função da configuração de mercado a ser estudada.

Para cada conjunto de condições iniciais, todas as firmas possuem o mesmo tamanho inicialmente (K_{it}) e o mesmo nível de produtividade ($A_{it} = 0,16$), igual ao nível de produtividade latente (0,16).

O estoque de capital inicial definido para cada configuração de mercado pressupõe que o investimento desejado líquido total seja igual a zero.

Como a taxa de depreciação (δ) adotada é de 0,03 (três por cento), a partir da equação (2.1.7) da seção anterior, temos:

$$(2.2.1) I_{des} = \left(1,03 - \frac{2-s}{\rho(2-2s)} \right) = 0,03$$

Ou, de outra forma,

$$(2.2.2) \frac{2-s}{\rho(2-2s)} = 1.$$

Isolando-se ρ em (2.2.2), tem-se:

$$(2.2.3) \rho = \frac{2-s}{2-2s}.$$

Como $s_{it} = Q_{it} / Q_t$, e considerando que inicialmente tanto a produtividade como o estoque de capital de cada firma é igual, temos que:

$$(2.2.4) s_{i0} = \frac{Q_{i0}}{nQ_{i0}} = \frac{1}{n}, \text{ onde } n \text{ é o número de firmas.}$$

Também, a partir de $\rho_{it} = P_t A_{it} / c$, teremos:

$$(2.2.5) \rho_{0t} = \frac{P_0 A_{i0}}{c} = \frac{DA_{i0}}{Q_0 c} = \frac{DA_{i0}}{nA_{i0} K_{i0} c} = \frac{D}{ncK_{i0}}$$

De (2.2.3), (2.2.4) e (2.2.5), segue-se que

$$\frac{D}{ncK_{i0}} = \frac{2 - \frac{1}{n}}{2 - \frac{2}{n}} = \frac{2n-1}{2n-2}.$$

Isolando o capital, teremos:

$$(2.2.6) K_{i0} = \frac{D(2n-2)}{nc(2n-1)}.$$

A expressão acima indica que o valor do estoque de capital inicial para cada configuração de mercado analisada é função da demanda ($D=67$), do custo fixo ($c=0,16$) e do número de firmas do mercado.

A partir de K_{i0} pode-se obter o preço inicial (P_0) para cada configuração de mercado:

$$(2.2.7) P_0 = \frac{D}{nA_{i0}K_{i0}} = \frac{D}{nA_{i0} \frac{D(2n-2)}{nc(2n-1)}} = \frac{c(2n-1)}{A_{i0}(2n-2)}$$

Com os valores de K_{i0} e de P_0 , podem ser calculados os valores relativos ao gasto com inovações.

Os autores adotam, inicialmente, uma razão P&D/vendas de “aproximadamente” 0,12 (NELSON; WINTER, 1982, p. 290). Desta forma, pode-se calcular o gasto com inovação (r_{in}) como $r_{in}/(P_t A_{it}) = 0,12$, o que leva a:

$$(2.2.8) r_{in} = 0,12P_0A_{i0} = 0,12 \frac{c}{A_{i0}} \frac{(2n-1)}{(2n-2)} A_{i0} = 0,12c \frac{(2n-1)}{(2n-2)}$$

O gasto com imitação (r_{im}) é suposto inicialmente como sendo vinte vezes menor que o gasto com inovação (r_{in}).

Em cada configuração de indústria analisada, metade das firmas gasta com P&D em inovação e imitação e metade somente em inovação. A probabilidade de um sucesso em inovação ou imitação é a mesma sob todas as condições iniciais e foi definida em relação a toda a indústria como, em média, dois sucessos por ano (ou 0,5 por trimestre).

Desta forma, para inovação (metade das firmas são inovadoras), temos $Pr ob(d_{int} = 1) = 0,5 = n/2 * a_n r_{in} K_{it}$, ou seja,

$$(2.2.9) a_n = \frac{1}{nr_{in}K_{it}}.$$

Já para imitação, ficamos com $Pr ob(d_{imt} = 1) = 0,5 = na_m r_{im} K_{it}$ e, assim, teremos:

$$(2.2.10) a_m = \frac{0,5}{nr_{im}K_{it}}.$$

O cálculo de a_n e a_m com o uso das equações (2.2.9) e (2.2.10) leva aos valores $a_n = 0,1244$ e $a_m = 1,2438$, arredondados respectivamente para 0,125 e 1,25 - daí o motivo da relação P&D/vendas ser de “aproximadamente” 0,12.

2.3. Simulações e resultados

A partir do modelo e das condições de contorno descritas nas seções anteriores, Nelson e Winter conduziram uma série de experimentos cujo objetivo era testar o inter-relacionamento entre estrutura de mercado, preço e esforço em imitação e inovação das firmas.

Foram efetuados ao todo três conjuntos de experimentos que contemplaram condições iniciais distintas, embora a forma de definição das condições seja a mesma descrita na seção anterior.

No primeiro conjunto de experimentos foram utilizadas as condições iniciais já descritas. No segundo, foram feitas simulações com 4 e com 16 firmas de igual tamanho para cada teste. A razão capital-produto anual utilizada foi de 1,6 e as duas condições para o crescimento da produtividade latente foram 2% e 6% ao ano (crescimento lento e crescimento rápido, respectivamente). Já no terceiro conjunto de experimentos, a taxa de crescimento da produtividade latente usada foi a mesma do caso anterior mas a razão P&D inovativo/vendas utilizada foi de 6% e a probabilidade de imitar a melhor prática no caso em que a imitação era difícil era o dobro do valor em relação ao caso de imitação fácil.

No primeiro conjunto de experimentos os autores escolheram deliberadamente parâmetros que tornavam não lucrativo, em média, o esforço em inovação. Os resultados obtidos através dos valores médios do último período dentre cinco rodadas de simulação indicam que estruturas de mercado mais concentradas apresentam maior estabilidade em relação às estruturas menos concentradas. Além disso, outras conclusões puderam ser extraídas dos resultados: (i) quanto maior a concentração, maior a produtividade média da indústria (NELSON; WINTER, 1982, p. 292); (ii) neste modelo uma estrutura mais competitiva leva a uma performance de produtividade mais pobre em relação ao caso no qual a indústria é mais concentrada (ibid., p. 295); (iii) existe uma diferença muito maior entre a “melhor prática” e a “prática média” no caso em que o capital da indústria é fragmentado em relação ao caso onde ele é concentrado (id.); e, (iv) a taxa de lucro em excesso é maior quando a indústria é inicialmente concentrada (ibid., p. 296). A razão para isto decorre do

fato de que o poder de mercado associado a grandes *market shares* leva a uma diminuição do investimento e a maiores preços e margens de lucro.

Através do segundo experimento, cujo objetivo era verificar a influência do ritmo do crescimento da produtividade latente, da variância do sucesso em P&D em torno da produtividade latente, da dificuldade de imitação e da agressividade das políticas de investimento sobre a concentração de mercado, os autores concluíram que (i) quanto mais rápida a expansão das oportunidades tecnológicas ao longo do tempo, maior a propensão à concentração da indústria (NELSON; WINTER, 1982, p. 316); (ii) a facilidade para a imitação parece ser um fator que influencia a tendência da indústria a crescer concentrada ao longo do tempo - quanto mais difícil for a imitação de uma inovação, por mais tempo estará colocada a vantagem ao inovador por seu sucesso em P&D (ibid., p.317); (iii) pode-se esperar que a concentração cresce rapidamente nos casos nos quais as firmas com altos níveis de produtividade e grande lucratividade impõe sua vantagem sobre as firmas em desvantagem pela expansão de seu estoque de capital (id.) e, além disso, (iv) os resultados desta rodada de simulação apontam novamente que a configuração com menos firmas é mais estável (id.).

No terceiro experimento, foram avaliados os efeitos da concentração inicial da indústria sobre a sobrevivência das firmas inovadoras e concluiu-se que (i) há vantagens para a grande firma: quanto maior a firma, maior a sua habilidade em se apropriar dos retornos de seus esforços de P&D bem sucedidos. Além disso, quanto maior o gasto em P&D da grande firma, mais suave e mais exequível o avanço da produtividade (NELSON; WINTER, 1982, p. 349); (ii) a estrutura de mercado importa por si mesma (id.); (iii) se o restante da indústria é pequeno em tamanho total ou consiste em sua maioria de pequenas firmas, maior a extensão na qual uma determinada firma pode se apropriar dos retornos de sua própria inovação (id.); ; (iv) a estrutura de mercado e o comportamento podem abrigar ou levar ao declínio firmas inovadoras quando a estratégia de imitar é mais lucrativa (ibid., p. 350); (v) não apenas uma estrutura mais concentrada pode prover um melhor abrigo para a P&D em relação a uma estrutura mais fragmentada mas, também, a produção e o avanço técnico podem ser mais eficientes no caso de maior concentração (id.); (vi) em uma indústria *science-based* existe um *trade-off*, relativo à maior concentração,

entre maiores *markups* e um menor *gap* entre a prática média e a melhor prática e uma P&D mais eficiente – mas não há evidência de uma maior taxa de crescimento da produtividade (id.) e (vii) em uma indústria cuja tecnologia seja cumulativa, um ambiente competitivo mais protegido, associado a maiores *markups*, leva a um crescimento mais rápido da produtividade (id.).

O modelo de NW é o modelo evolucionário mais conhecido, discutido, testado, citado e criticado na literatura econômica. Apesar de todas as suas deficiências, ele acabou por se tornar um verdadeiro paradigma para a construção de modelos desta escola de pensamento e consegue expressar, em meio a uma relativa simplicidade, muitos dos conceitos da teoria evolucionária.

3. O Modelo de Nelson e Winter Aumentado - NWA

Com base nas idéias discutidas nos capítulos anteriores e tomando como ponto de partida a estrutura de simulação evolucionária desenvolvida por Nelson e Winter, se pretende neste trabalho ampliar o modelo de NW de forma a contemplar a dinâmica norte-sul e setorial.

Esta ampliação pressupõe a adoção de algumas modificações no modelo original de forma a compatibilizá-lo com o objetivo de construção de um modelo de crescimento a partir de um modelo de dinâmica industrial. Estas modificações são baseadas no modelo LNW descrito em ANDERSEN (2001).

No referido trabalho, o autor busca estabelecer o que seriam os blocos construtivos fundamentais dos modelos de Nelson e Winter e propõe sua generalização, definindo uma estrutura de modelagem que torna possível a expansão do modelo original em direções diversas.

3.1. O modelo LNW de Andersen

A título de generalização do modelo de Nelson e Winter, ANDERSEN (2001) propõe como mudança fundamental a alteração da função de produção, originalmente baseada no fator capital, para uma função baseada no fator trabalho.

Esta modificação, de certo modo radical, do modelo original parte da necessidade evidenciada por ANDERSEN (2001) de se contornar o problema do uso macroeconômico de uma função de produção de Leontief²⁰ e a conseqüente limitação do crescimento via restrição do capital sobre o trabalho e vice-versa.

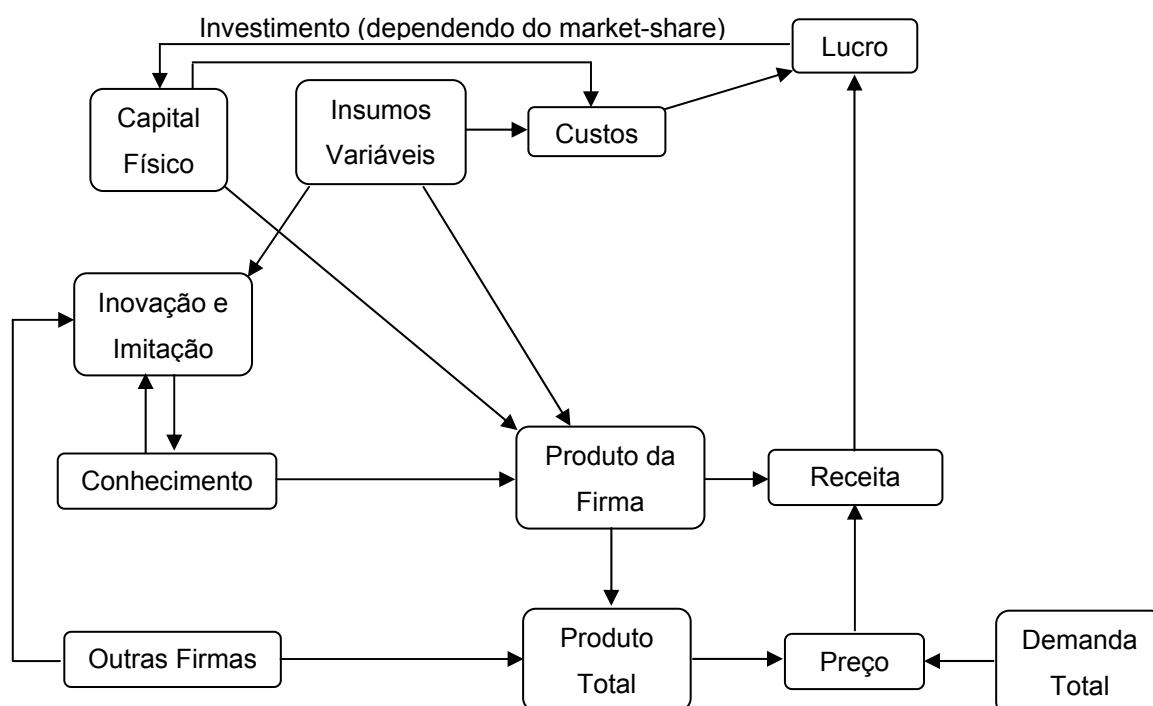
Além disso, a necessidade apontada acima vem ao encontro de outra, específica a esta dissertação, que é a construção de um modelo de crescimento. Neste caso a modificação da função de produção se justifica com base nos próprios dados empíricos sobre o crescimento que apontam para o aumento da produtividade do

²⁰ Para uma discussão sobre o Paradoxo de Leontief e os modelos de Nelson e Winter, ver ANDERSEN (2001).

trabalho como tendo papel preponderante sobre a produtividade do capital, o que coloca o trabalho no centro da discussão neste tipo de modelo.

ANDERSEN (2001, p. 6) apresenta um diagrama (DIAGRAMA 1) que descreve a estrutura do modelo de dinâmica industrial padrão de Nelson e Winter.

DIAGRAMA 1 – MODELO DE NELSON E WINTER DE DINÂMICA INDUSTRIAL



FONTE: ANDERSEN (2001, p. 6).

NOTA: Tradução própria.

A dinâmica do modelo de Nelson e Winter é determinada por três processos: seleção, inovação/imitação e acumulação de capacidade. O processo de seleção resulta do fato de que as firmas são confrontadas com um mesmo preço, embora possam ter custos unitários diferentes. Além disso, as diferenças nas taxas de lucro é o que permite recompensar ou penalizar as firmas no processo competitivo. O processo de inovação/imitação é responsável pela variância da produtividade das firmas e, em conjunto com o processo de seleção, implica em uma tendência do modelo a produzir monopólio. Já o processo de acumulação de capacidade pressupõe um mecanismo para refrear esta tendência ao monopólio (ANDERSEN

2001, p. 6) e em seu núcleo se encontra o capital físico que é o fator de produção fixo no curto prazo e que reflete o processo de tomada de decisão da firma.

A generalização do modelo de NW apresentada por ANDERSEN (2001) propõe que o capital seja substituído pelo trabalho como variável de estado no novo modelo.

A função de produção da firma assume a forma da equação (3.1.1) abaixo, na qual Q_{jt} é a produção da firma j no tempo t , A_{jt} é a produtividade do trabalho e $L_{jt}^{prod} = (1 - r_j)L_{jt}$ são os trabalhadores envolvidos no processo de produção.

$$(3.1.1) \quad Q_{jt} = A_{jt}L_{jt}^{prod} = A_{jt}(1 - r_j)L_{jt}$$

O parâmetro r_j se refere a uma das rotinas fixas da firma, ou heurística, que representa a regra que define o nível de esforço de P&D a ser desempenhado. Desta forma, os trabalhadores envolvidos em pesquisa e desenvolvimento são representados por $L_{jt}^{res} = r_jL_{jt}$.

A oferta da indústria é o somatório da oferta de todas as suas n firmas.

$$(3.1.2) \quad Q_t = \sum_{j=1}^{n_t} Q_{jt}$$

A demanda pela produção final é dada pelo somatório de toda a renda obtida pelo trabalho, onde o salário é definido como sendo igual à unidade ($w \equiv 1$).

$$(3.1.3) \quad D_t = \sum_{j=1}^{n_t} wL_{jt} = L$$

O preço de mercado, considerada a elasticidade da demanda unitária como no modelo NW original, é dado pela equação (3.1.4).

$$(3.1.4) \quad P_t = \frac{D_t}{Q_t} = \frac{L}{Q_t}$$

Uma vez que os salários são iguais à unidade ($w \equiv 1$), os custos totais da firma são dados por $L_{jt} = L_{jt}^{prod} + L_{jt}^{res}$ e a taxa de lucro²¹ da firma pode ser obtida através da equação (3.1.5).

²¹ ANDERSEN (2001, p. 13) define uma equação de lucro e não taxa de lucro. Porém, para que seja possível compatibilizar a equação (3.1.5) com a equação (3.1.9) de forma que esta última reflita a acumulação de trabalho e permita contemplar a variação desta acumulação dada pela variação no

$$(3.1.5) \pi_{jt} = \frac{P_t Q_{jt} - L_{jt}}{L_{jt}}$$

A pesquisa e desenvolvimento são modelados como um processo de dois estágios mas, diferentemente do modelo original de NW, neste modelo primeiramente a firma obtém, ou não, um sucesso em P&D e a seguir se define qual o método de pesquisa (inovação ou imitação, por exemplo) originou o sucesso referido.

Assim, a probabilidade de sucesso ou fracasso em P&D é dada pela variável estocástica $Z_{jt} \in \{0,1\}$, onde $Z_{jt} = 1$ significa sucesso e $Z_{jt} = 0$, fracasso.

Os trabalhadores engajados em pesquisa na firma, L_{jt}^{res} , têm uma produtividade fixa, medida como o número médio de sucessos por período por pesquisador dado por $1/\lambda$. O resultado total da pesquisa desenvolvida pela firma é modelado por um processo de Poisson cujo tempo médio de espera para um sucesso é igual a λ multiplicado pelo número de pesquisadores.

$$(3.1.6) \text{Prob}(Z_{jt} = 1) = \lambda r_j L_{jt}$$

O resultado da pesquisa, baseado no conhecimento cumulativo, é dado por:

$$(3.1.7) A_{jt}^{res} = \begin{cases} 0, & \text{se } Z_{jt} = 0 \\ e^{normal(\ln(A_{jt}), \sigma)}, & \text{se } Z_{jt} = 1. \end{cases}$$

A nova produtividade da firma é dada pela comparação entre a produtividade atual e a produtividade obtida através de P&D.

$$(3.1.8) A_{j,t+1} = \max(A_{jt}, A_{jt}^{res})$$

A firma gasta toda a sua receita para o pagamento dos salários no próximo período de forma que se a mesma obtém lucro, efetuará contratações, se tiver prejuízo, demitirá. Caso a firma não tenha lucro ou prejuízo, ela manterá sua força de trabalho. Assim, a acumulação do trabalho pode ser definida através da equação (3.1.9).

$$(3.1.9) L_{j,t+1} = (1 + \pi_{jt}) L_{jt}$$

lucro obtido pela firma, torna-se necessário o uso da taxa de lucro, como definida pela equação (3.1.5).

A função de investimento implícita na equação (3.1.9) é extremamente simplificada em comparação com a sua equivalente no modelo de NW e, ao contrário desta última, não apresenta nenhum tipo de mecanismo para refrear a acumulação da firma. Esta forte tendência à acumulação e, portanto, ao monopólio não encontra contrapartida nos dados empíricos e tem recebido um tratamento mais ou menos “ad hoc” por parte dos modelos evolucionários em sua tentativa de minimizar o referido efeito.

Diferentemente de NW, no presente modelo ANDERSEN (2001, p. 13) propõe que se estabeleça um mecanismo de fissão das grandes firmas baseado em conflitos internos às mesmas e, na prática, que seja função de alguma variável relativa ao poder de mercado conquistado pela firma.

O modelo LNW será utilizado, em linhas gerais, como base do modelo proposto neste trabalho. A contribuição específica deste modelo é incluir dois aspectos relevantes para a discussão atual sobre convergência e divergência: (i) o papel dos aspectos tecnológicos em nível internacional, o que é modelado incorporando dois países no modelo, um país Norte e um país Sul e, (ii) a influência da dimensão setorial do aprendizado e da inovação, o que é modelado supondo uma economia formada por dois setores de diferentes dinâmicas tecnológicas.

3.2. Definição do modelo NWA

A ampliação do modelo de NW pressupõe a definição de dois países – Norte e Sul - e dois setores em cada país – 1 e 2. A dinâmica microeconômica seguirá o modelo de NW de dinâmica industrial e a dinâmica macroeconômica sofrerá o acréscimo de variáveis que permitam estabelecer a relação entre os setores e a dinâmica norte-sul.

A forma básica do modelo proposto neste trabalho segue a tradição de modelos de Nelson e Winter com duas alterações importantes em relação ao modelo padrão, derivadas da incorporação das idéias de ANDERSEN (2001). As alterações dizem respeito à utilização da variável trabalho em lugar da variável capital na função de produção e à modificação da função de P&D de tal modo que a firma primeiramente

verifica se obteve sucesso em P&D e, posteriormente, vem a saber se o sucesso é devido a imitação ou inovação.

Em contraste com o modelo original de Nelson e Winter, neste modelo as variáveis de estado são o trabalho L_{psf} e o conhecimento A_{psf} , onde os índices f, s, e p correspondem à firma f (1..n) do setor s (1 ou 2) e do país p (N ou S).

Todos os empregados de todas as firmas L_{psf} podem desempenhar tanto tarefas de produção como tarefas ligadas à pesquisa e recebem a mesma taxa de salário. A divisão entre as atividades de pesquisa e de produção é feita através de um parâmetro fixo r_{psf} de tal modo que o trabalho empregado na produção corresponde a $L_{psf}^{prod} = (1 - r_{psf}) * L_{psf}$ e o trabalho ligado à pesquisa corresponde a $L_{psf}^{pesq} = r_{psf} * L_{psf}$.

A produção de cada firma é dada pelo produto do trabalho ligado à produção pela produtividade, ambos com a defasagem de um período.

$$(3.2.1) Q_{psf}(t) = (1 - r_{psf}) * L_{psf}(t-1) * A_{psf}(t-1)$$

A oferta de cada país e setor é dada pelo somatório da oferta de cada uma de suas firmas.

$$(3.2.2) TQ_{ps}(t) = \sum_{f=1}^n Q_{psf}(t)$$

A demanda total em cada país é igual ao salário nominal multiplicado pelo total de trabalhadores empregados no país, ou seja, a soma do emprego em todas as firmas, nos dois setores, do país em questão.

O salário nominal (w) é definido como sendo igual à unidade.

A renda em cada setor ($TL_{ps}(t)$) é igual ao somatório do salário nominal multiplicado pelo total de trabalhadores de cada firma do setor.

$$(3.2.3) TL_{ps}(t) = \sum_{f=1}^n wL_{psf}(t-1), \quad \text{onde } w \equiv 1.$$

A Demanda Mundial corresponde à soma das rendas setoriais.

$$(3.2.4) DM(t) = TL_{N1}(t) + TL_{N2}(t) + TL_{S1}(t) + TL_{S2}(t)$$

O preço de mercado em cada um dos setores é definido conforme a equação (3.2.5) abaixo na qual se supõe que a demanda mundial (DM) será repartida igualmente entre os setores 1 e 2.

$$(3.2.5) P_s(t) = \frac{0,5 * DM(t)}{TQ_{Ns}(t) + TQ_{Ss}(t)}$$

O consumo de cada setor é dado pela equação (3.2.6) abaixo. Considera-se que metade da renda nominal do país no período anterior é consumida em cada um dos setores de sua economia.

$$(3.2.6) C_{ps}(t) = \frac{0,5 * YY_p(t-1)}{P_s(t)}$$

A taxa de lucro de cada firma (3.2.7) é igual ao preço corrente multiplicado pelo produto, subtraído o custo do trabalho sobre o custo do trabalho.

$$(3.2.7) Lucro_{psf}(t) = \frac{P_s(t) * Q_{psf}(t) - L_{psf}(t-1)}{L_{psf}(t-1)}$$

As produtividades máxima e média de cada país e setor são dadas pelas equações (3.2.8) e (3.2.9) abaixo.

$$(3.2.8) A_MAX_{ps}(t) = \max(A_{psf}(t))$$

$$(3.2.9) AMEDIA_{ps}(t) = media(A_{psf}(t))$$

A probabilidade de sucesso em P&D é modelada como um processo estocástico de dois estágios. Sucesso ou falha em P&D são modelados através da variável estocástica $Z_{psft} \in \{0,1\}$, onde $Z_{psft} = 1$ significa sucesso e $Z_{psft} = 0$ significa fracasso.

Os trabalhadores engajados em pesquisa na firma, L_{psft}^{pesq} , têm uma produtividade fixa, medida como o número médio de sucessos por período por pesquisador dado por $1/\lambda$. O resultado total da P&D desenvolvida pela firma é modelado por um processo de Poisson cujo tempo médio de espera para um sucesso é igual a λ multiplicado pelo número de pesquisadores. Deste modo:

$$(3.2.10) Prob(Z_{psft} = 1) = \lambda r_{psf} L_{psf}(t).$$

A probabilidade de que o sucesso em P&D seja fruto de um método específico de pesquisa (inovação ou imitação) é diretamente proporcional ao parâmetro fixo θ que reflete o grau de dedicação dos pesquisadores a cada um dos supracitados métodos²² (propensão a inovar).

²² O grau de dedicação aos métodos de pesquisa engloba as condições institucionais em que a firma se encontra imersa e os incentivos e barreiras que as mesmas impõem à imitação e à inovação.

Caso o sucesso em P&D tenha sido resultado de uma inovação, o aumento da produtividade obtido é função do tipo de busca realizado (*science-based* ou *cumulative technology*):

$$\left. \begin{array}{l} \text{Se } TipoBusca == 1 \text{ (science-based)} \\ AIN_{psf}(t) = \exp(\text{norm}(\log(1,02) + (\text{double})t * 0,01, \text{sigma_in})) \\ \text{Senão (cumulative)} \\ AIN_{psf}(t) = \text{norm}(A_{psf}(t-1), \text{sigma_in}) \end{array} \right\}$$

Por outro lado, se o sucesso em P&D se deve à imitação, a nova produtividade da firma é a máxima produtividade de todas as firmas do setor no período anterior.

Se não há processo de difusão internacional de tecnologia ($\varepsilon = 0$), a nova produtividade da firma é dada pela equação abaixo.

$$AIM_{psf}(t) = A_MAX_{ps}(t-1)$$

Caso exista um processo de difusão internacional de tecnologia ($\varepsilon = 1$), a nova produtividade da firma é descrita como:

$$AIM_{psf}(t) = \max(A_MAX_{Ns}(t-1), A_MAX_{Ss}(t-1)).$$

Aqui a imitação não se restringe apenas às firmas de um país mas a todas as firmas do setor, nos dois países.

A nova produtividade de cada firma é dada pelo valor máximo entre a produtividade da mesma no período anterior e a produtividade proveniente dos processos de inovação e de imitação (3.2.11).

$$(3.2.11) \quad A_{psf}(t) = \max(A_{psf}(t-1), AIN_{psf}(t), AIM_{psf}(t))$$

A contratação de trabalhadores (equação 3.2.13) é função unicamente do lucro de cada firma e seu cálculo pode ser desdobrado nas equações (3.2.12 e 3.2.13) abaixo²³.

$$(3.2.12) \quad Investimento_{psf}(t) = Lucro_{psf}(t)$$

$$(3.2.13) \quad L_{psf}(t) = L_{psf}(t-1) * (1 + Investimento_{psf}(t))$$

²³ Não há lucro agregado pois neste modelo há reinvestimento total.

A renda nominal de cada país é dada pela soma do produto de cada um de seus setores multiplicada pelo respectivo preço.

$$(3.2.14) \quad YY_p(t) = P_1(t) * TQ_{p1}(t) + P_2(t) * TQ_{p2}(t)$$

As importações de cada setor são dadas pela diferença entre o consumo e a produção de cada setor.

$$(3.2.15) \quad M_{ps}(t) = C_{ps}(t) - P_s(t) * TQ_{ps}(t)$$

Por razões de simplicidade, e porque o trabalho focaliza os efeitos da dinâmica tecnológica sobre convergência/divergência, assume-se que a taxa de câmbio é fixa e igual à unidade.

3.3. Condições de contorno

Na definição das condições de contorno utilizadas neste conjunto de simulações houve a preocupação tão somente de estabelecer um ambiente que proporcionasse o exame do comportamento do modelo em face a modificações no parâmetro de ênfase em imitação e inovação e em relação a combinações de regimes de mudança tecnológica. Os parâmetros utilizados neste conjunto preliminar não espelham, necessariamente, valores empíricos.

Por construção, o modelo proporciona um ambiente competitivo que não favorece nenhuma das firmas e nenhum dos setores da economia. Todas as firmas possuem número de trabalhadores igual a 20 e cada setor da economia conta com 5 firmas. Desta forma, os países possuem inicialmente uma força de trabalho de 200 trabalhadores e, conseqüentemente, este “mundo artificial”, ao todo, possui 400 trabalhadores.

Como todos os parâmetros de cada firma são iguais, a equação da demanda mundial para o primeiro período de simulação (t=1) pode ser simplificada para a equação (3.3.1) abaixo, onde n corresponde ao número de firmas de cada setor.

$$(3.3.1) \quad DM(1) = 4 * TL(1) = 4 * n * L(0)$$

Da mesma forma, o preço inicial para cada setor é dado pela equação (3.3.2).

$$(3.3.2) \quad P(1) = \frac{0,5 * 4 * n * L(0)}{2 * \sum Q(1)} = \frac{n * L(0)}{n * Q(1)} = \frac{L(0)}{Q(1)}$$

Assim, o lucro para o primeiro período de simulação para cada firma é igual a:

$$(3.3.3) \text{ Lucro}(1) = \frac{P(1) * Q(1) - L(0)}{L(0)} .$$

Substituindo-se (3.3.2) em (3.3.3), temos:

$$(3.3.4) \text{ Lucro}(1) = \frac{P(1) * Q(1) - L(0)}{L(0)} = \frac{(L(0)/Q(1)) * Q(1) - L(0)}{L(0)} = 0 .$$

O lucro do período inicial de simulação para todas as firmas é igual a zero de tal forma que, num primeiro momento, todas as firmas têm o mesmo número de trabalhadores e o modelo apresenta condições iniciais rigorosamente iguais para as mesmas.

Um segundo aspecto que merece atenção neste modelo é o bloco de operações que define a P&D da firma.

O sucesso em P&D é modelado como um processo de Poisson. Foram adotados os valores de $\lambda = 0,1$ e $r_{psf} = 0,2$ e, para o período inicial de simulação, $L_{psf}(0) = 20$ de tal forma que o tempo médio de espera do processo é igual a $\lambda r_{psf} L_{psf}(0) = 0,4$. Em um processo de Poisson com média $\mu = 0,4$ a probabilidade de ocorrência de um evento pode ser obtida pela equação (3.3.5) abaixo.

$$(3.3.5) \text{ Prob}(x=1)^{24} = e^{-0,4} 0,4 = 0,27 .$$

Assim, espera-se inicialmente que a probabilidade de que ocorra um sucesso em P&D seja de aproximadamente 27% para cada uma das firmas.

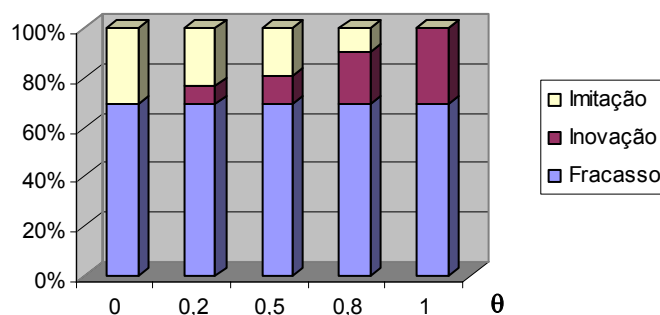
Na medida em que as firmas obtêm sucesso em P&D e conseguem aumentar sua quantidade de trabalhadores, maior é o valor da média do processo de Poisson e maiores as suas chances de obter sucesso em P&D.

Uma vez determinado o sucesso em P&D resta saber se este sucesso é proveniente de um esforço em inovação ou em imitação realizado pela firma. Para isto o modelo utiliza o parâmetro θ que pode ser fixado entre zero e um e exprime o grau de comprometimento da equipe de pesquisadores com imitação e inovação. Quanto mais próximo de zero for o valor de θ , maior a ênfase da firma em imitação

²⁴ A probabilidade de ocorrência de n eventos em um processo de Poisson é: $\text{Prob}(x = n) \cong \frac{e^{-\mu} \mu^n}{n!}$.

e, da mesma maneira, quanto mais próximo de um for o valor de θ , maior a ênfase em inovação. A partir de um valor fixado para o referido parâmetro, busca-se em uma distribuição aleatória uniforme um valor entre zero e um que, em conjunto com o valor de θ , identifica a origem do sucesso em P&D.

GRÁFICO 1 - P&D EM FUNÇÃO DA PROPENSÃO A INOVAR (θ)



FONTE: O autor

Combinados os dois estágios do bloco de P&D do modelo, têm-se para os valores iniciais da simulação uma gama de possibilidades de resultados de P&D que pode ser apreciada no GRÁFICO 1, acima. Este gráfico mostra a média de sucessos e de fracassos em P&D para um conjunto de 100 simulações com sementes aleatórias diferentes para valores de θ iguais a 0; 0,2; 0,5; 0,8 e 1.

A seguir apresentam-se os resultados da simulação com o objetivo de analisar a resposta do modelo em termos da convergência e da divergência internacional.

3.4. Simulações e resultados preliminares

Os resultados apresentados a seguir referem-se à execução de seis conjuntos de simulações (MC1 a MC6) cujo objetivo foi verificar em que condições ocorrem a convergência e a divergência de renda²⁵ entre os países.

²⁵ Como se supõe uma oferta infinitamente elástica de trabalho nos dois países e não há supostos específicos sobre crescimento populacional ou sobre migração internacional, não se discute o PIB per

As variáveis relativas a renda nominal do norte (YYN) e renda nominal do sul (YYs), doravante renda do norte e renda do sul, têm o mesmo comportamento da renda real do norte e da renda real do sul, respectivamente²⁶. Isso permite focar a análise da evolução da economia no comportamento da renda nominal.

Todos os resultados descritos a seguir foram obtidos mediante o uso da técnica de Montecarlo, através da realização de 1000 (mil) rodadas de simulação para cada condição analisada nas quais se variou somente a semente do gerador pseudo-aleatório do sistema LSD. Nestes conjuntos de simulações a primeira simulação (de número zero) utilizou a semente aleatória zero e as subseqüentes utilizaram sementes acrescidas de uma unidade, cada uma. Cada rodada de simulação foi efetuada para 100 (cem) períodos de tempo e os pontos mostrados nos GRÁFICOS 8, 10, 13, 16, 19 e 23 abaixo representam o valor médio obtido em cada conjunto de mil simulações para a renda de cada um dos países no centésimo período. O valor exato de cada ponto e seu respectivo desvio-padrão se encontram tabulados no APÊNDICE 3.

O objetivo deste conjunto de simulações foi verificar a capacidade do modelo de gerar tendências de convergência e de divergência na renda dos países e, para tanto, buscou-se variar o valor do parâmetro θ , que representa a intensidade com que as firmas se dedicam à inovação ou à imitação. Um valor de θ igual a zero implica em uma política de P&D voltada para a imitação ao passo que quanto maiores os valores de θ , maior a possibilidade da firma obter uma inovação.

A variação da intensidade de inovação em relação à imitação foi estudada considerando-se dois regimes de mudança tecnológica, quais sejam: *science-based* e *cumulative technology*.

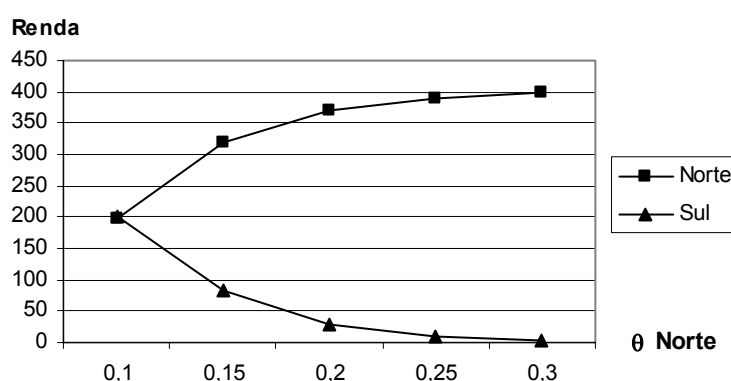
Além disso, foram considerados dois contextos de difusão internacional de tecnologia: inexistência e existência. A inexistência de difusão internacional de tecnologia ($\varepsilon = 0$) supõe um processo de imitação que se restringe a firmas do

capita na análise deste modelo. Ao se supor a inexistência de migração internacional pode-se esperar uma alteração de escala das curvas vistas a seguir mas o comportamento do modelo não se altera.

próprio setor e país. Já sua existência ($\varepsilon = 1$) implica num processo de imitação que abrange todas as firmas de um setor, independentemente do país.

No primeiro conjunto de simulações (MC1) os dois setores, 1 e 2, possuem firmas cujo padrão de mudança tecnológica é *science-based* em um contexto de inexistência de difusão de tecnologia ($\varepsilon = 0$). O parâmetro relativo à ênfase em inovação ou imitação (θ) foi fixado em 0,1 para o Sul e foi variado entre 0,1 e 0,3 para o Norte. Em média, não há uma tendência do modelo de gerar concentração de renda em um determinado país, dadas condições iguais para todas as firmas de todos os setores da economia. A tendência à concentração da renda no Norte é marcante na medida em que aumenta o diferencial da ênfase na inovação pelas firmas do norte (GRÁFICO 2). Note-se que nas condições em questão um diferencial de 0,2 para o valor de θ entre o Norte e o Sul implicou na concentração de toda a renda no Norte.

GRÁFICO 2 - MC1 -RENDA DO NORTE E DO SUL EM FUNÇÃO DE θ NORTE - SCIENCE-BASED



FONTE: O autor

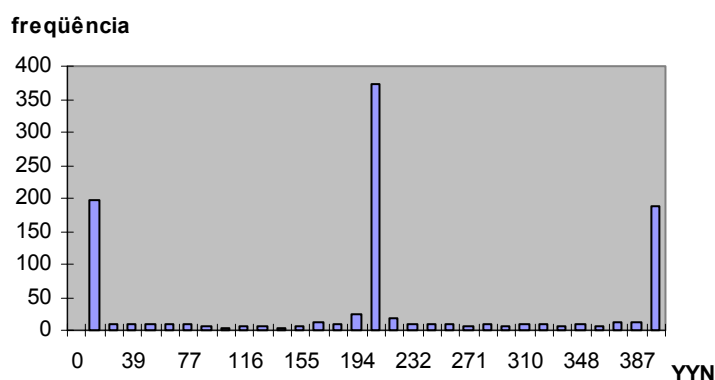
NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE variando entre 0,1 e 0,3
 $\varepsilon = 0$

Um ponto de interesse neste gráfico é o ponto em que θ Norte é igual a 0,1 (e portanto igual a θ Sul) onde se observam valores de renda nominal semelhantes

²⁶ Isto decorre do fato de que a renda real em cada um dos países (YRN e YRS) é igual à sua renda nominal sobre um índice de preços, que é comum aos dois países e igual a $P' = 0,5P_1 + 0,5P_2$. Assim, como $YRN = YYN/P'$ e $YRS = YYS/P'$, temos que $YRN/YRS = YYN/YYS$.

para os dois países. Este ponto representa os valores médios para renda do norte (YYN) e para renda do sul (YYs) no centésimo período de simulação obtidos através da execução de 1000 (mil) simulações. Os valores exatos das médias são 198,9069 para o norte e 201,0931 para o sul e uma verificação mais apurada sobre a possível convergência de renda entre os países no ponto em questão pode ser feita através da análise da dispersão dos valores finais de renda do norte (GRÁFICO 3) abaixo. Neste gráfico pode-se notar uma tendência ao aparecimento de soluções de canto (e divergência) além da solução caracterizada pelos valores médios supracitados, em que ocorre a convergência de renda entre os países.

GRÁFICO 3 - DISPERSÃO DA RENDA DO NORTE -
SCIENCE-BASED



FONTE: O autor

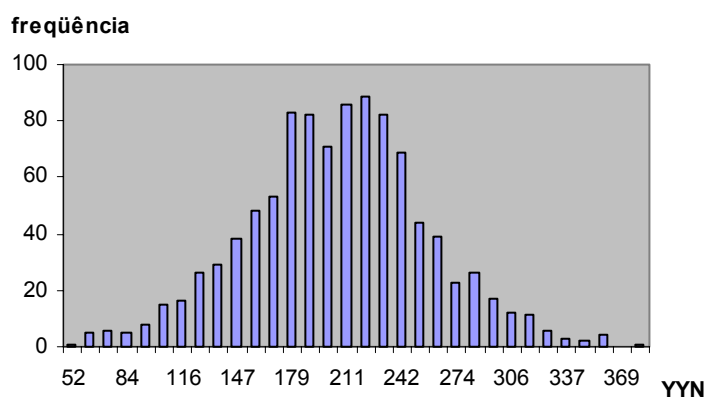
NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE= 0,1
 $\varepsilon = 0$

De fato, os resultados deste conjunto de simulações indicam que a renda do norte (YYN) será aproximadamente zero, 200 e maior que 387 em 20%, 37% e 19% dos casos, respectivamente. Este tipo de solução, descrita em ARTHUR (1994, p.13), denota a operação dos mecanismos de retornos crescentes presentes no modelo, que fazem com que a maior ou menor sorte no processo estocástico de inovação gere processos cumulativos que eventualmente conduzem à divergência entre firmas inicialmente idênticas.

Ao se considerar a possibilidade de difusão internacional de tecnologia ($\varepsilon = 1$) somente para o ponto em destaque (θ Norte= θ Sul=0,1) verifica-se, através do GRÁFICO 4 abaixo, uma tendência à convergência no modelo e o desaparecimento

das soluções de canto (divergentes), já que a difusão evita a plena operação dos mecanismos cumulativos de concentração da estrutura de mercado.

GRÁFICO 4 - DISPERSÃO DA RENDA DO NORTE -
SCIENCE-BASED



FONTE: O autor

NOTA: $\theta \text{ SUL}=0,1$ e $\theta \text{ NORTE}= 0,1$
 $\varepsilon = 1$

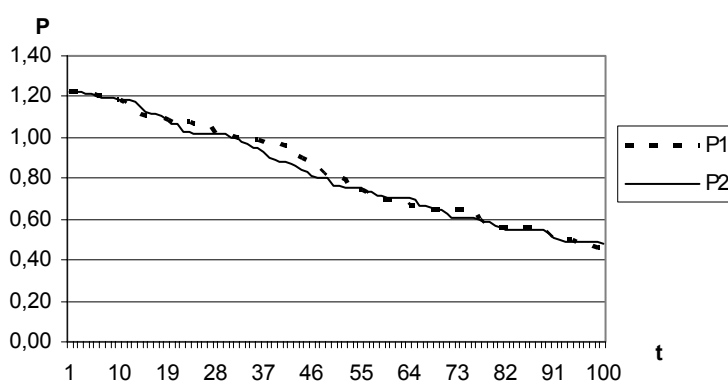
O modelo de Nelson e Winter apresenta alguns resultados típicos que podem servir de indicativos sobre o comportamento esperado de um modelo derivado:

The model defines a stochastic dynamic system in which, over time, productivity levels tend to rise and unit production costs tend to fall as better technologies are found. As a result of these dynamic forces, price tends to fall and industry output tends to rise over time. Relatively profitable firms expand and unprofitable ones contract, and those that do innovative R&D may thrive or decline. In turn, their fate influences the flow of innovations (NELSON; WINTER, 1982, p. 287).

A partir deste primeiro conjunto de simulações, em que foram mantidas as condições iniciais iguais para o norte e o sul ($\theta \text{ Norte}=\theta \text{ Sul}=0,1$) e inexistência de difusão internacional de tecnologia ($\varepsilon = 0$), selecionou-se a simulação de semente aleatória zero para se verificar o comportamento das variáveis em nível setorial e das firmas de cada setor. Esta solução faz parte do caso em que o modelo gera uma tendência à convergência de renda entre os países. Os gráficos 5 a 9 a seguir correspondem também a esta simulação de semente aleatória zero.

Os preços dos setores 1 e 2 apresentaram o comportamento descendente esperado, não mostrando nenhuma tendência a diferenciação desta variável entre os setores 1 e 2, como se pode observar no GRÁFICO 5 abaixo.

GRÁFICO 5 - PREÇO DOS SETORES 1 E 2 - *SCIENCE-BASED*



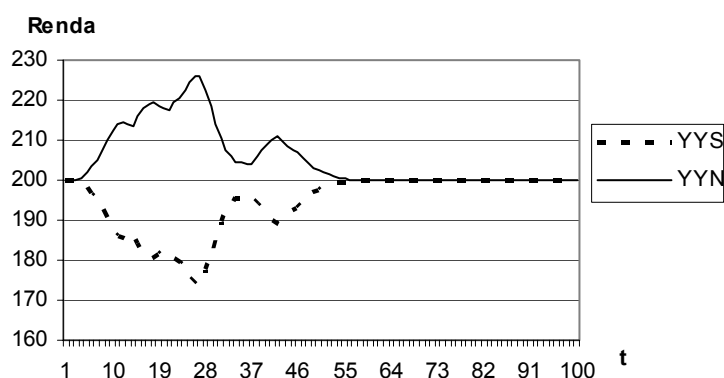
FONTE: O autor

NOTA: $\theta \text{ SUL} = 0,1$ e $\theta \text{ NORTE} = 0,1$
 $\varepsilon = 0$

Este comportamento semelhante entre os preços dos dois setores pode ser atribuído às condições iniciais iguais a que foram submetidas as firmas de ambos os setores bem como à forma simplista com que o modelo trata a divisão da renda entre os setores e os países.

Um resultado interessante obtido através desta primeira simulação é a tendência inicial do modelo de apresentar uma concentração da renda no Norte (GRÁFICO 6) até o período 26 da simulação com a subsequente tendência à convergência nos períodos seguintes - logicamente o fato de se dar a concentração no Norte é puro acaso. Tal resultado indica que existe uma componente transitória no modelo que dá lugar ao regime permanente a partir da segunda metade do período em análise.

GRÁFICO 6 - RENDA DO NORTE E DO SUL - *SCIENCE-BASED*

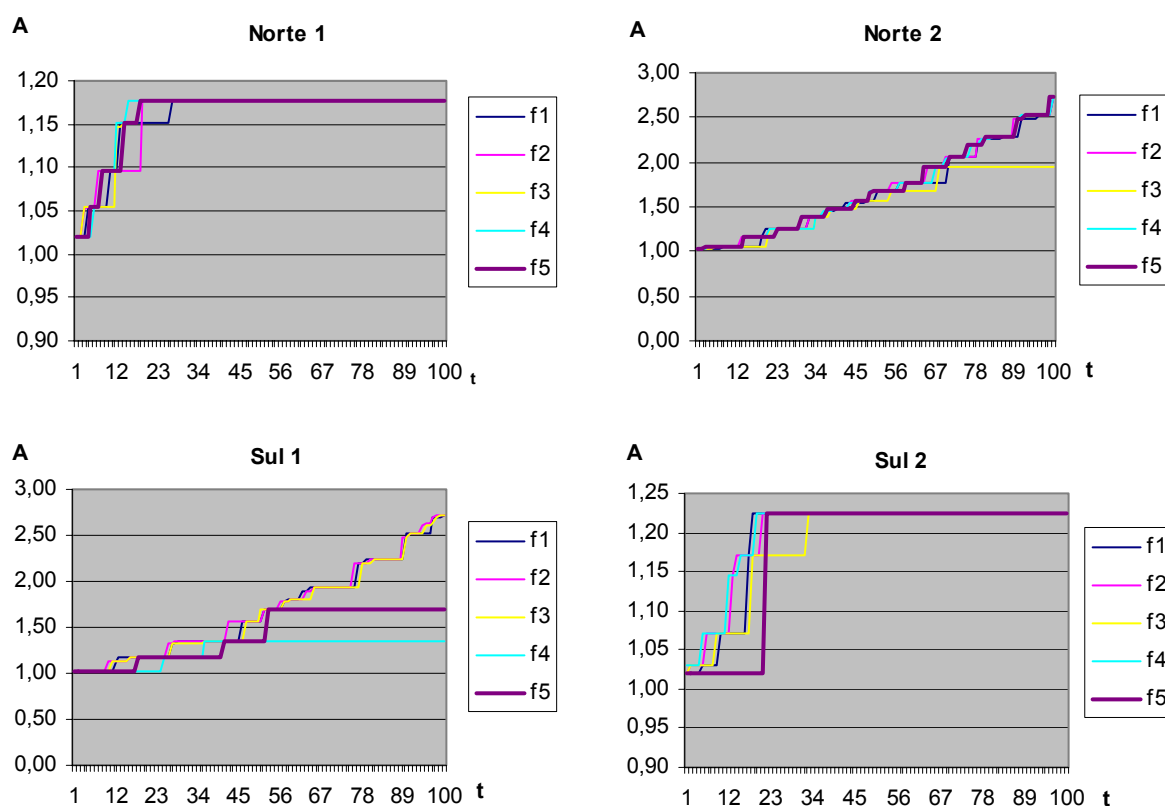


FONTE: O autor

NOTA: $\theta_{\text{SUL}}=0,1$ e $\theta_{\text{NORTE}}=0,1$
 $\varepsilon = 0$

Porém, mesmo esta convergência da renda entre o norte e o sul que se verifica nesta realização da simulação não ocorre de forma bem comportada como poderiam sugerir estas variáveis agregadas.

Como mostrado no GRÁFICO 7 abaixo, embora se possa verificar uma busca inicial geral pelo aumento da produtividade através de P&D entre todas as firmas, nos setores Norte 1 e Sul 2 pode-se notar uma tendência à estagnação da produtividade decorrente da incapacidade das firmas destes setores de sustentarem um esforço em P&D que compensasse a queda de preço em seus respectivos mercados.

GRÁFICO 7 - PRODUTIVIDADE DAS FIRMAS DOS SETORES - *SCIENCE-BASED*

FONTE: O autor

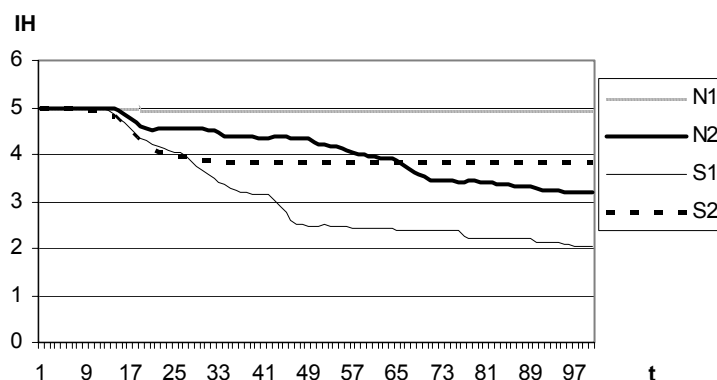
NOTA: $\theta \text{ SUL}=0,1$ e $\theta \text{ NORTE}= 0,1$
 $\varepsilon = 0$

Com o preço de seus produtos se reduzindo, as firmas dos setores Norte 1 e Sul 2 acabaram obtendo sucessivos prejuízos e se viram reduzidas a um tamanho meramente residual.

O GRÁFICO 8 traz o comportamento do índice de concentração (Inverse Herfindal Index) para os dois setores dos dois países do modelo. Embora deva-se considerar que a característica do investimento deste tipo de modelo implique em uma tendência acentuada à concentração, ainda mais que não se incluiu no mesmo um mecanismo para conter esta tendência, a maneira como foram definidas as interações entre os setores e países, mediante a divisão simples da renda, acabou por funcionar como um mecanismo de prevenção à concentração extrema em virtude de seu efeito sobre os termos de troca. Setores com menor progresso técnico

têm seus termos de troca melhorados devido à menor queda no preço de seu produto.

GRÁFICO 8 - EVOLUÇÃO DA CONCENTRAÇÃO NOS SETORES - *SCIENCE-BASED*



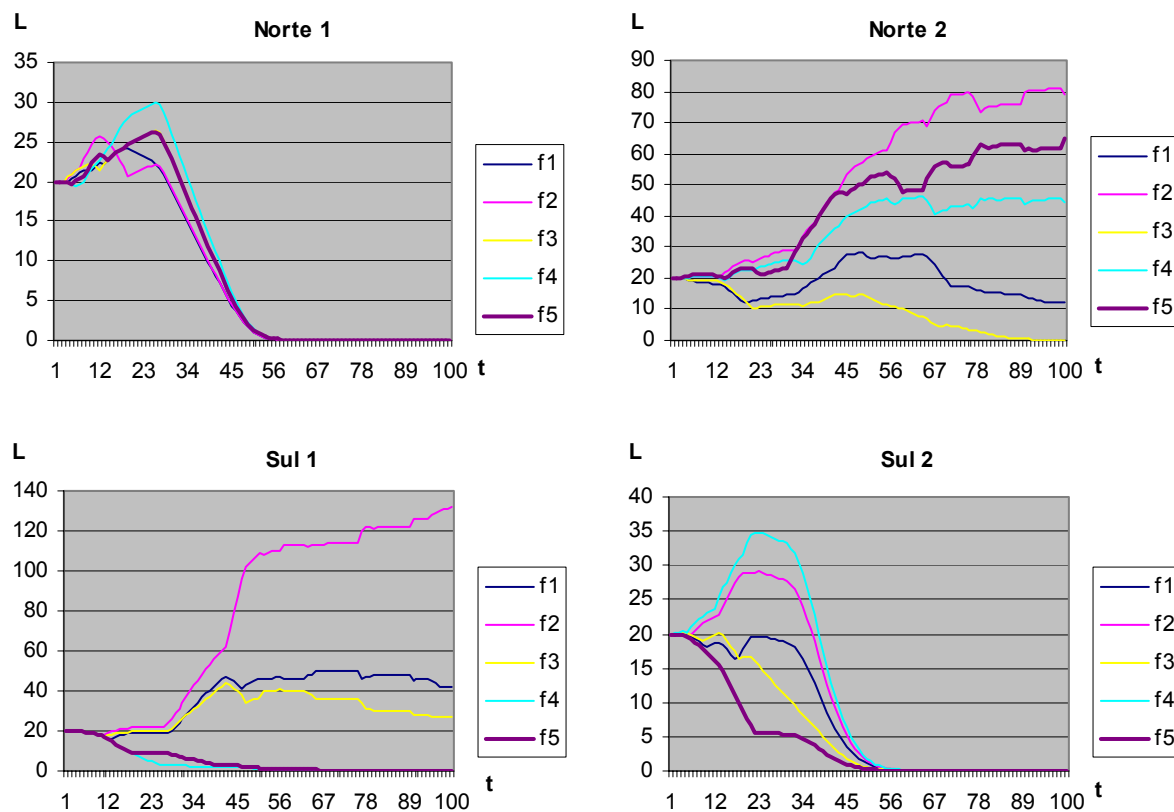
FONTE: O autor

NOTA: $\theta \text{ SUL}=0,1$ e $\theta \text{ NORTE}= 0,1$
 $\varepsilon = 0$

A configuração do trabalho entre as firmas (GRÁFICO 9) conta a história de uma luta feroz pela sobrevivência, denotada pela busca pelo aumento da produtividade que resulta em acumulação pelas firmas bem sucedidas e declínio das firmas que fracassam. Pode-se verificar que nos dois setores onde restaram as firmas sobreviventes, ocorreu alguma concentração. Este cenário completa a descrição anterior e vem mostrar que a tendência à menor concentração nos setores Norte 1 e Sul 2 não é nada mais, nada menos, que o abraço do afogado, no qual todas as firmas dos referidos setores acabam por ir à bancarrota.

Por outro lado, nos setores Norte 2 e Sul 1 restaram as firmas bem sucedidas, o setor Norte 2 menos concentrado, como atesta o próprio índice de concentração, e o setor Sul 1 apresentando uma forte tendência ao monopólio. Não há em princípio nenhuma razão teórica para esta diferença nas concentrações entre os setores. Além de desaparecerem as firmas de um setor de cada país, este fenômeno se deu em setores distintos, o que mostra que o Norte se especializou no setor 2 e o sul se especializou no setor 1. A especialização é resultado da existência de retornos crescentes em cada setor e, embora seja um resultado necessário, não é possível prever *ex-ante* qual país se especializará em qual setor.

GRÁFICO 9 - EVOLUÇÃO DO TRABALHO NAS FIRMAS DOS DOIS SETORES - SCIENCE-BASED



FONTE: O autor

NOTA: $\theta \text{ SUL}=0,1$ e $\theta \text{ NORTE}= 0,1$
 $\varepsilon = 0$

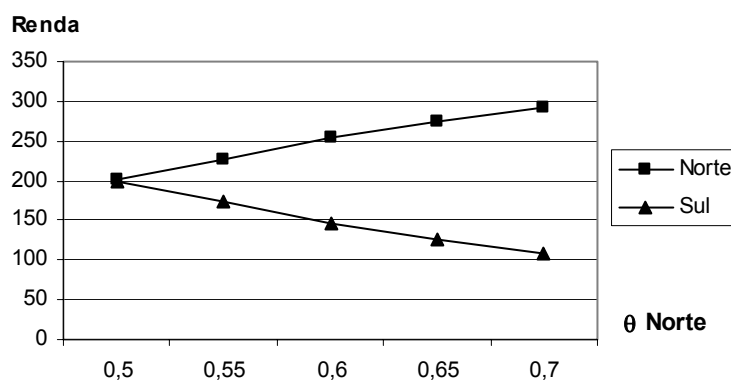
A análise feita até aqui mostrou que o modelo é capaz de gerar resultados não-viesados de renda dos países e que, mesmo ao se considerar condições iniciais rigorosamente iguais para todas as firmas de todos os setores da economia, reproduz-se no mesmo a rica dinâmica da competição schumpeteriana.

Observa-se que o modelo combina especialização com convergência internacional. A especialização explica-se pelos retornos crescentes e a convergência pelo fato de que os dois setores são similares em termos da dinâmica da demanda e do progresso técnico.

No segundo conjunto de simulações (MC2) foram mantidas as configurações anteriores de regime de mudança tecnológica mas fixou-se o parâmetro que indica a

propensão a inovar das firmas do Sul em 0,5 e variou-se a o referido parâmetro para as firmas do Norte de 0,5 até 0,7.

GRÁFICO 10 - MC2 -RENDA DO NORTE E DO SUL EM FUNÇÃO DE θ NORTE - SCIENCE-BASED



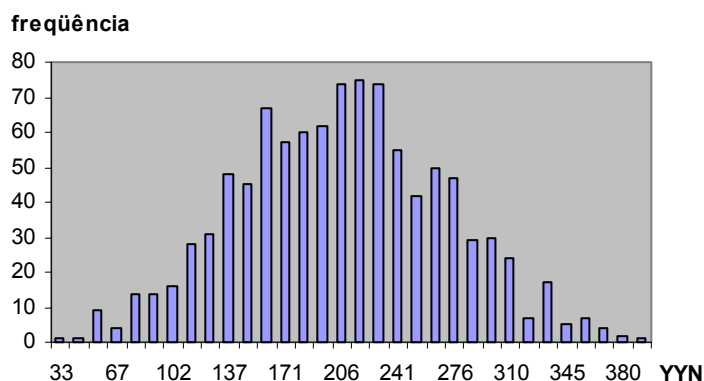
FONTE: O autor

NOTA: θ SUL=0,5 e θ NORTE variando entre 0,5 e 0,7

Nota-se aqui (GRÁFICO 10) que para um mesmo diferencial de propensão a inovar do Norte em relação ao Sul do caso anterior a tendência marcante à concentração da renda no Norte já não ocorre, ao menos no período de tempo em análise. O simples fato das firmas do sul dedicarem uma parcela maior de seu esforço à inovação fez com que acabasse por diminuir a diferença de renda final entre os dois países.

Uma verificação mais detalhada do ponto em que existe uma aparente convergência da renda dos países (θ Sul= θ Norte=0,5) mostra que desapareceu a tendência ao surgimento de soluções de canto mostrada no conjunto de simulações anterior (MC1), embora a dispersão dos resultados de renda dos países seja alta (GRÁFICO 11).

GRÁFICO 11 - DISPERSÃO DA RENDA DO NORTE -
SCIENCE-BASED

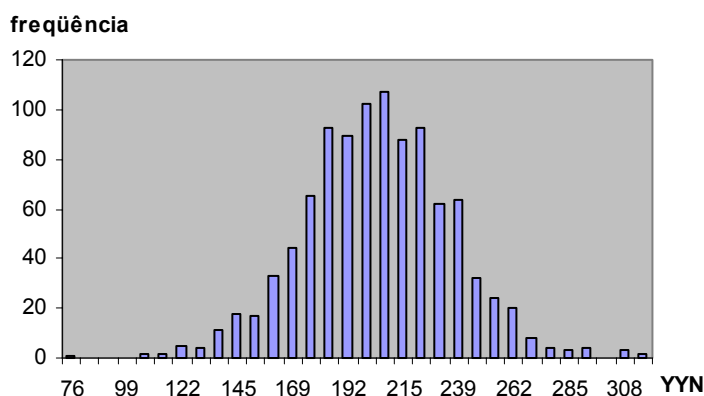


FONTE: O autor

NOTA: $\theta \text{ SUL}=0,5$ e $\theta \text{ NORTE}= 0,5$
 $\varepsilon = 0$

Ao se considerar a existência de difusão internacional de tecnologia também em relação ao ponto de aparente convergência de renda entre o Norte e o Sul ($\theta \text{ Sul}=\theta \text{ Norte}=0,5$), verifica-se que diminui a dispersão dos resultados e acentua-se a tendência à convergência de renda dos países para o caso em questão (GRÁFICO 12).

GRÁFICO 12 - DISPERSÃO DA RENDA DO NORTE -
SCIENCE-BASED



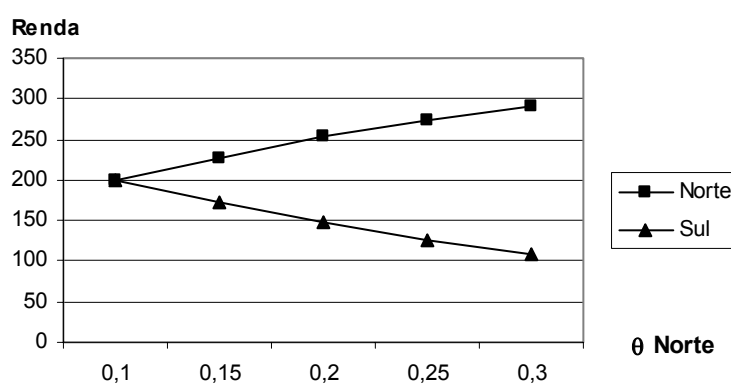
FONTE: O autor

NOTA: $\theta \text{ SUL}=0,5$ e $\theta \text{ NORTE}= 0,5$
 $\varepsilon = 1$

Para o exercício seguinte (MC3), buscou-se repetir o experimento MC1 com a modificação do regime de mudança tecnológica para *cumulative technology*.

Novamente aqui (GRÁFICO 13) evidencia-se a concentração da renda no Norte na medida em que aumenta a ênfase em inovação pelas firmas do Norte. Porém, dada a característica cumulativa do aumento de produtividade das firmas em análise, a concentração para valores baixos de θ não é tão evidente quanto no caso em que se estudou o regime *science-based*.

GRÁFICO 13 - MC3 -RENDA DO NORTE E DO SUL EM FUNÇÃO DE θ NORTE - CUMULATIVE

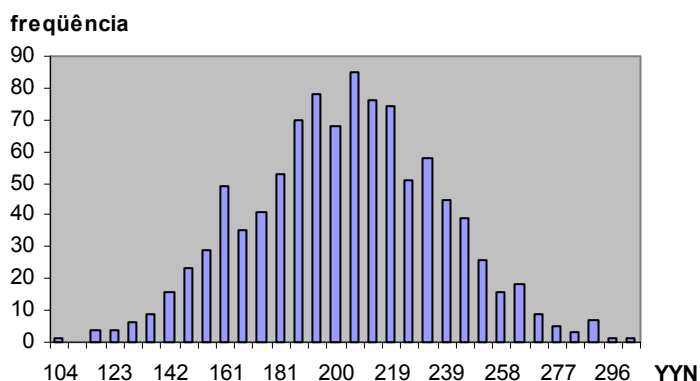


FONTE: O autor

NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE variando entre 0,1 e 0,3

Uma verificação do ponto de possível convergência de renda entre os países ($\theta_{Sul}=\theta_{Norte}=0,1$) mostra que o regime *cumulative technology* apresenta uma conformação de dispersão de renda (GRÁFICO 14) que permite concluir por uma tendência de convergência, mesmo ao se considerar a ausência de difusão internacional de tecnologia ($\varepsilon = 0$).

GRÁFICO 14 - DISPERSÃO DA RENDA DO NORTE -
CUMULATIVE

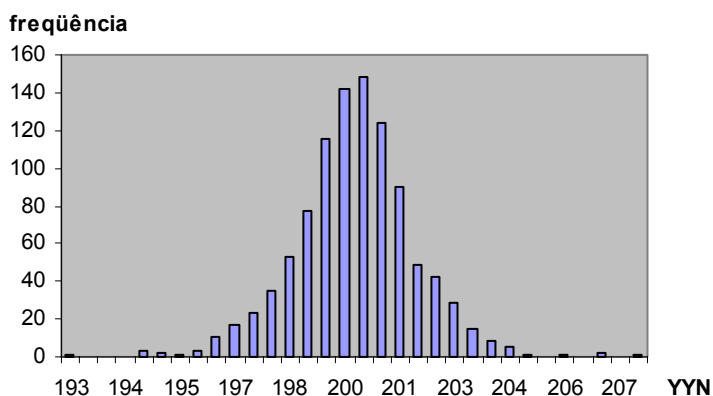


FONTE: O autor

NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE= 0,1
 $\varepsilon = 0$

Ao se considerar a possibilidade de difusão internacional de tecnologia ($\varepsilon = 1$) para o referido ponto (GRÁFICO 15), acentua-se a tendência à convergência vista para o caso em que $\varepsilon = 0$, com a diminuição da dispersão dos valores de renda do Norte em torno da média e a conseqüente distribuição eqüitativa de renda entre o Norte e o Sul.

GRÁFICO 15 - DISPERSÃO DA RENDA DO NORTE -
CUMULATIVE

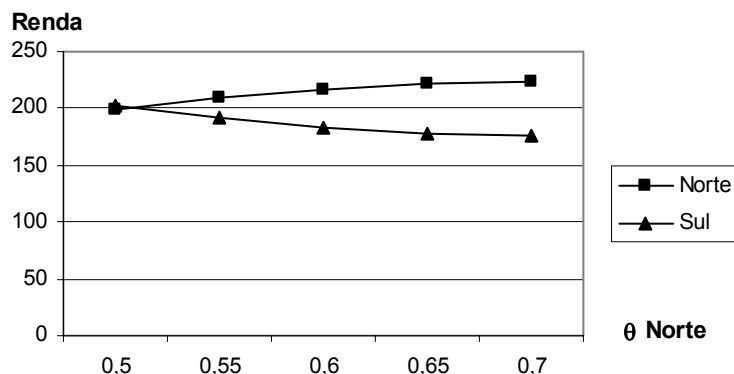


FONTE: O autor

NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE= 0,1
 $\varepsilon = 1$

Um resultado similar pode ser encontrado ao se iniciar a variação do valor de θ de um patamar mais elevado como efetuado no conjunto de simulações MC4. Porém, neste caso o diferencial de renda final entre Norte e Sul é substancialmente menor em relação aos valores obtidos nos casos anteriores (GRÁFICO 16).

GRÁFICO 16 - MC4 - RENDA DO NORTE E DO SUL EM FUNÇÃO DE θ NORTE - CUMULATIVE

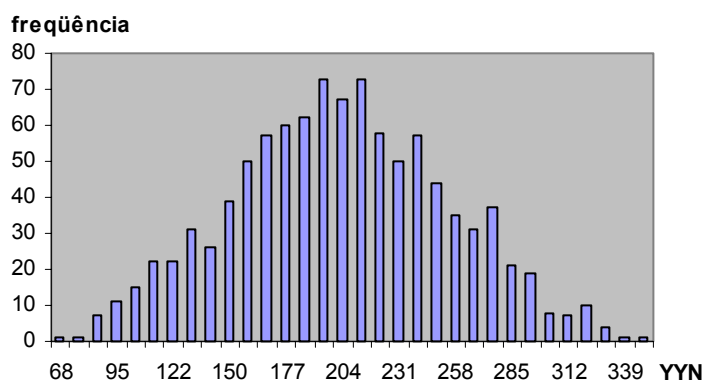


FONTE: O autor

NOTA: θ SUL=0,5 e θ NORTE variando entre 0,5 e 0,7

Na análise do ponto de possível convergência de rendas entre os países (θ Sul= θ Norte=0,5) verifica-se novamente uma tendência à convergência (GRÁFICO 17) para o caso em que não se tem difusão internacional de tecnologia ($\varepsilon = 0$).

GRÁFICO 17 - DISPERSÃO DA RENDA DO NORTE - CUMULATIVE

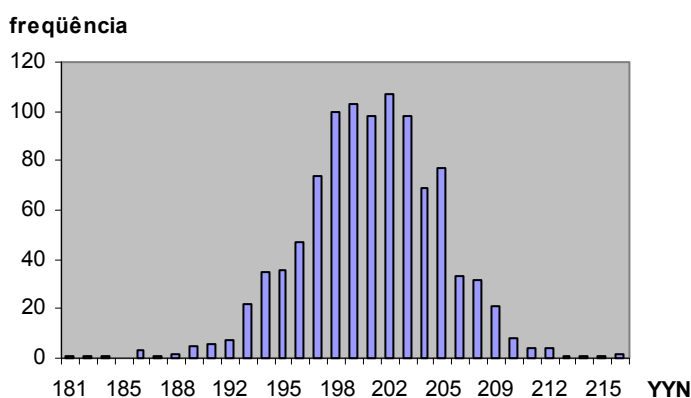


FONTE: O autor

NOTA: θ SUL=0,5 e θ NORTE= 0,5
 $\varepsilon = 0$

Na medida em que se considera a difusão internacional de tecnologia ($\varepsilon = 1$) também para o ponto $\theta_{\text{Sul}} = \theta_{\text{Norte}} = 0,5$, apresenta-se uma tendência mais marcante à convergência da renda dos países denotada pela menor dispersão dos dados em torno da média (GRÁFICO 18).

GRÁFICO 18 - DISPERSÃO DA RENDA DO NORTE - CUMULATIVE



FONTE: O autor

NOTA: $\theta_{\text{SUL}} = 0,5$ e $\theta_{\text{NORTE}} = 0,5$
 $\varepsilon = 1$

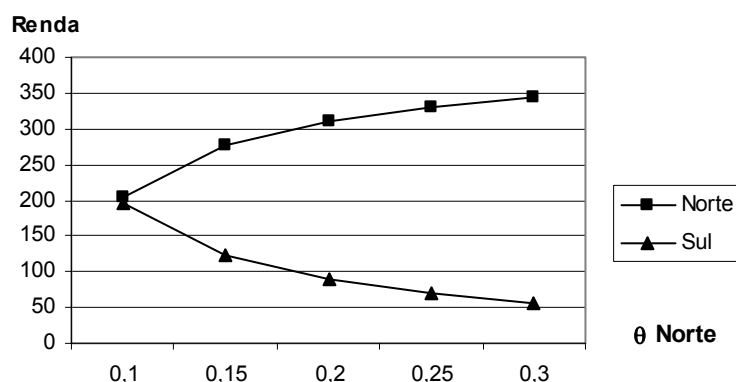
Nos conjuntos de simulações apresentados anteriormente (MC1 a MC4) buscou-se avaliar o comportamento do modelo em relação à convergência ou divergência de renda entre os países considerando-se regimes de mudança tecnológica iguais para os dois setores. Para os pontos em que se apresentava a possibilidade de convergência da renda dos países, foram traçados os gráficos de dispersão de renda de forma a verificar se a convergência das médias de renda dos países representava uma efetiva tendência de convergência na renda dos mesmos.

Nos conjuntos de simulações apresentados a seguir (MC5 e MC6) foram consideradas economias formadas por dois setores de regimes de mudança tecnológica distintos. No conjunto MC5 foi feita a suposição de inexistência de difusão internacional de tecnologia ($\varepsilon = 0$) e no MC6 foi suposta a difusão internacional de tecnologia ($\varepsilon = 1$).

No conjunto de simulações MC5 se definiu o Setor 1 como composto de firmas cujo padrão de mudança tecnológica se aproxima do regime *science-based* e o

Setor 2 com o regime *cumulative technology*. Novamente efetuou-se a variação dos valores de ênfase das firmas do Norte em inovação, entre 0,1 e 0,3, mantendo-se o referido parâmetro fixo para as firmas do Sul em 0,1 (GRÁFICO 19). Não há difusão internacional de tecnologia, ou seja, supõe-se $\varepsilon = 0$.

GRÁFICO 19 - MC5 -RENDA DO NORTE E DO SUL EM FUNÇÃO DE θ NORTE: SETOR 1 - *SCIENCE-BASED* E SETOR 2 - *CUMULATIVE* SEM DIFUSÃO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA

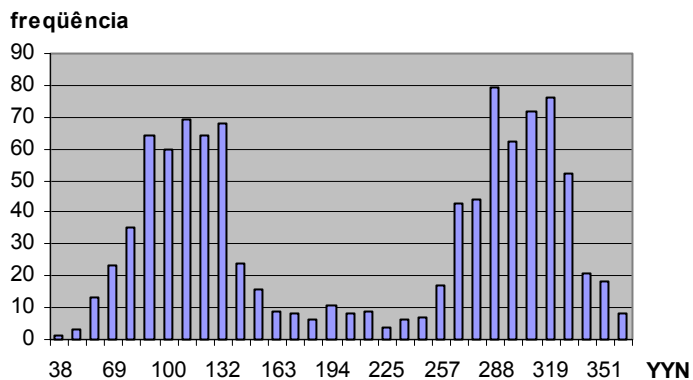


FONTE: O autor

NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE variando entre 0,1 e 0,3

Este caso se apresenta como um padrão intermediário entre os experimentos realizados para os regimes *science-based* (MC1) e *cumulative technology* (MC3). O padrão de dispersão da renda do Norte (GRÁFICO 20) mostra que a aparente convergência denotada pela igualdade das médias das rendas dos dois países no ponto em que θ Sul e θ Norte são iguais a 0,1 representa na verdade um caso de divergência. O padrão de dispersão de renda se apresenta como um caso híbrido em relação aos padrões vistos nos casos MC1 e MC3.

GRÁFICO 20 - DISPERSÃO DA RENDA DO NORTE -
SETOR 1 - *SCIENCE-BASED* E SETOR 2 -
CUMULATIVE SEM DIFUSÃO
INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA



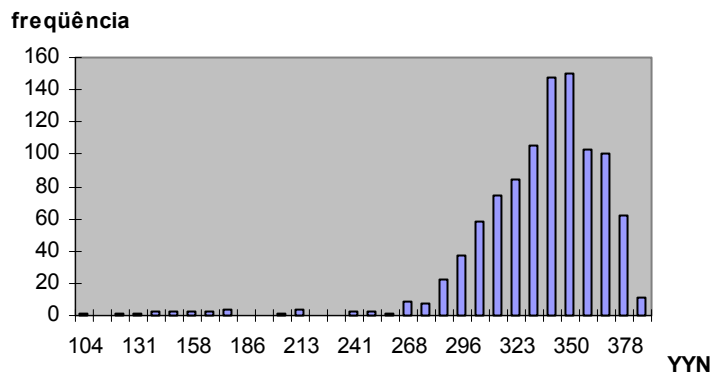
FONTE: O autor

NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE=0,1

A partir deste conjunto MC5 de simulações foram extraídos alguns resultados para os valores de θ iguais a 0,1 para as firmas do Sul e 0,25 para as firmas do Norte.

A renda do Norte apresenta um padrão de dispersão em torno da média de 330,39 descrito pelo GRÁFICO 21 abaixo. Percebe-se que mesmo em um caso francamente favorável à inovação no Norte, embora seja evidente a tendência à concentração da renda neste país, ocorrem resultados em que a renda acaba por se concentrar até mesmo no Sul, o que se pode verificar pelos valores inferiores a 200 no referido gráfico.

GRÁFICO 21 - DISPERSÃO DA RENDA DO NORTE -
 SETOR 1 - *SCIENCE-BASED* E SETOR 2 -
CUMULATIVE SEM DIFUSÃO
 INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA



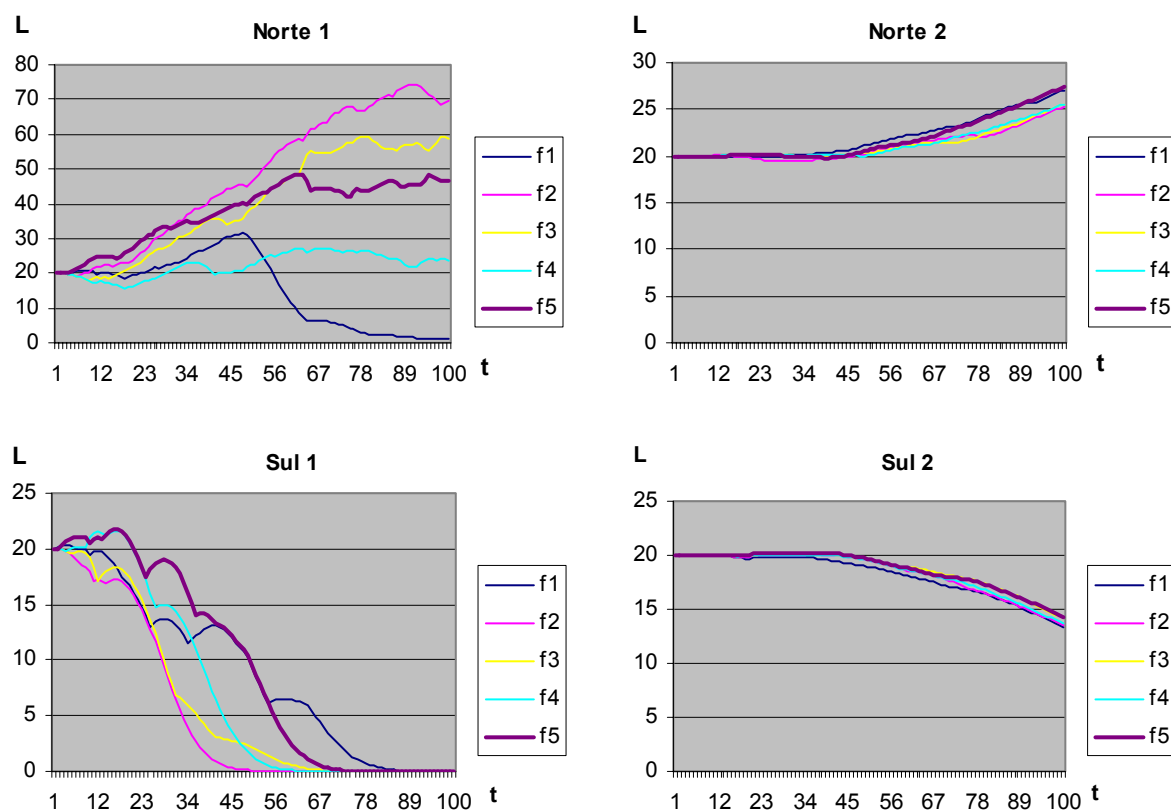
FONTES: O autor

NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE=0,25

Extraído-se o resultado apresentado pela simulação 343 (semente aleatória que representa o caso médio do conjunto de simulações), pode-se verificar a dinâmica interna aos setores (GRÁFICO 22).

A partir do GRÁFICO 22 observa-se no setor 1, cujo regime é *science-based*, um maior potencial de concentração da renda no Norte, com a posterior liquidação do referido setor no Sul, nos momentos finais da simulação. Uma tendência semelhante se mostra no setor 2, porém a concentração da renda no Norte só se evidencia a partir da segunda metade do período em análise.

GRÁFICO 22 - EVOLUÇÃO DO TRABALHO NAS FIRMAS DOS DOIS SETORES - SETOR 1 - *SCIENCE-BASED* E SETOR 2 - *CUMULATIVE* SEM DIFUSÃO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA



FONTE: O autor

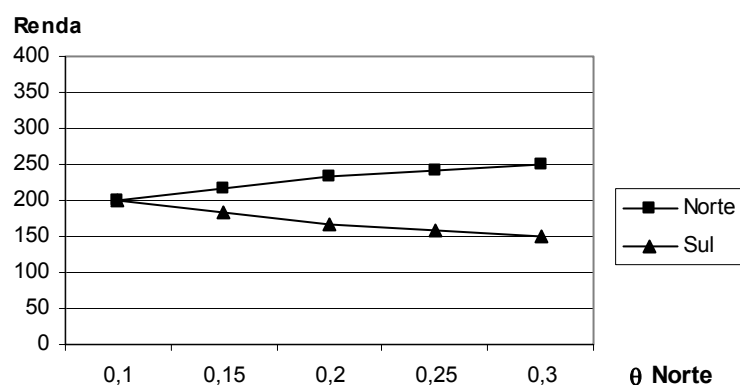
NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE=0,25

Por fim, no conjunto de simulações MC6 foi definido um Setor 1 composto de firmas de regime *science-based* e um Setor 2 com o regime *cumulative technology*. Novamente efetuou-se a variação dos valores de ênfase das firmas do Norte em inovação, entre 0,1 e 0,3, mantendo-se θ Sul igual a 0,1. Em MC6 foi suposta a difusão internacional de tecnologia ($\varepsilon = 1$) em todos os pontos do experimento. A comparação dos resultados obtidos em MC6 com os resultados de MC5 permite avaliar a influência da existência ou não de difusão internacional de tecnologia nos padrões de convergência e de divergência de renda entre os países.

O padrão de variação da renda dos países na medida em que aumenta a diferença de ênfase entre inovação dos mesmos repete a mesma tendência vista em MC5 (GRÁFICO 23). Na medida em que se θ Norte aumenta em relação a θ Sul,

aumenta o diferencial de renda entre o Norte e o Sul. Porém, neste caso (MC6) o efeito do aumento de θ Norte na renda dos países é muito menos expressivo que o observado em MC5.

GRÁFICO 23 - MC6 -RENDA DO NORTE E DO SUL EM FUNÇÃO DE θ NORTE: SETOR 1 - *SCIENCE-BASED* E SETOR 2 - *CUMULATIVE* COM DIFUSÃO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA

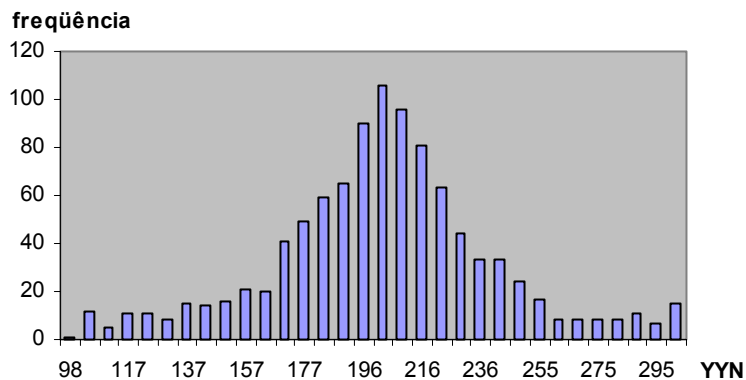


FONTE: O autor

NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE variando entre 0,1 e 0,3
 $\varepsilon=1$

Observa-se também uma diferença na dispersão da renda do Norte no ponto em que θ Sul e θ Norte são iguais a 0,1 (GRÁFICO 24) em relação ao caso anterior (MC5). Neste caso (MC6) a renda do Norte se apresenta concentrada em torno da média, o que permite concluir que o referido ponto é efetivamente um ponto de convergência de renda entre os países.

GRÁFICO 24 - DISPERSÃO DA RENDA DO NORTE -
SETOR 1 - *SCIENCE-BASED* E SETOR 2 -
CUMULATIVE COM DIFUSÃO
INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA

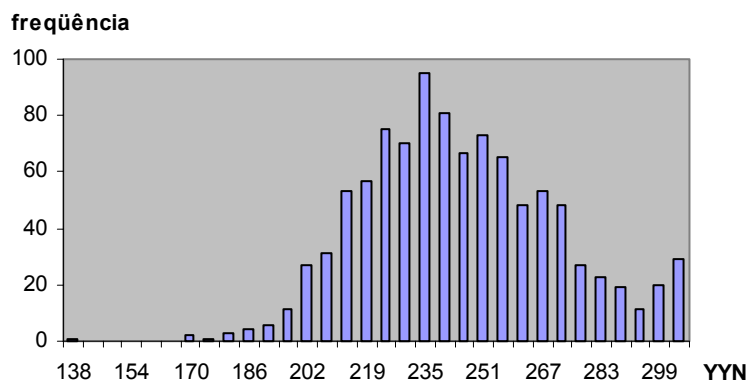


FONTE: O autor

NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE=0,1
 $\varepsilon=1$

Uma análise do ponto em que θ Sul é igual a 0,1 e θ Norte é igual a 0,25 mostra que novamente se apresenta uma dispersão da renda do Norte em torno da média de (GRÁFICO 25). Em contraste com o mesmo ponto do caso MC5, a média de renda do Norte neste caso é substancialmente menor, o que evidencia o efeito da difusão internacional de tecnologia na diminuição do *gap* de renda entre os países.

GRÁFICO 25 - DISPERSÃO DA RENDA DO NORTE -
SETOR 1 - *SCIENCE-BASED* E SETOR 2 -
CUMULATIVE COM DIFUSÃO
INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA

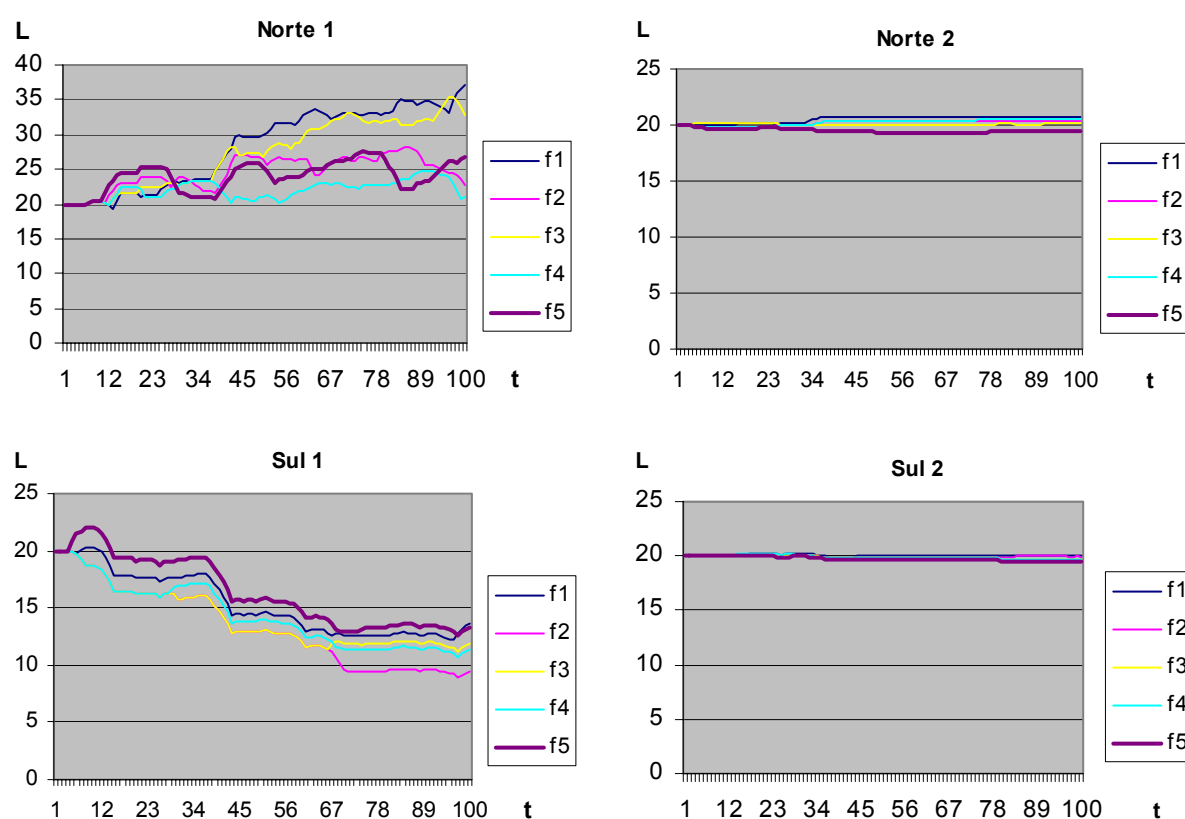


FONTE: O autor

NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE=0,25
 $\varepsilon=1$

Tomando-se a simulação de semente aleatória 271 (uma das simulações que apresentam valores médios de renda semelhantes aos valores médios de renda obtidos no conjunto de mil simulações) pode-se visualizar a dinâmica do trabalho nas diversas firmas da economia quando se supõe a difusão internacional de tecnologia (GRÁFICO 26).

GRÁFICO 26 - EVOLUÇÃO DO TRABALHO NAS FIRMAS DOS DOIS SETORES - SETOR 1 - *SCIENCE-BASED* E SETOR 2 - *CUMULATIVE* COM DIFUSÃO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA



FONTE: O autor

NOTA: θ SUL=0,1 e θ NORTE=0,25
 $\varepsilon=1$

Observa-se neste caso que a difusão internacional de tecnologia diminuiu a concentração das firmas em ambos os setores e produziu um resultado que aponta para o setor 1 (*science-based*) como sendo a fonte de divergência de renda entre os países.

Os resultados obtidos através deste conjunto preliminar de simulações permitem concluir que o modelo apresenta resultados consistentes com os fatos estilizados micro e macro que caracterizam o processo de convergência e divergência econômica.

Na TABELA 1 encontra-se uma síntese dos resultados das simulações para os pontos de possível convergência de renda entre o Norte e o Sul. Evidencia-se na mesma a tendência do setor *science-based* de produzir divergência nos referidos pontos quando se supõe a inexistência de difusão internacional de tecnologia. Nos experimentos em que o setor *science-based* não produz divergência, aumenta a dispersão dos valores de renda em torno da média.

TABELA 1 - POSSÍVEIS PONTOS DE CONVERGÊNCIA DE RENDA ENTRE O NORTE E O SUL

| ε | REGIME TECNOLÓGICO | | $\theta_{SUL}=\theta_{NORTE}$ | DESVIO-PADRÃO | CONVERGÊNCIA |
|---------------|--------------------|---------|-------------------------------|---------------|--------------|
| | SETOR 1 | SETOR 2 | | | |
| 0 | SB | SB | 0,1 | 134,64* | +/- |
| 0 | SB | SB | 0,5 | 64,22 | + |
| 0 | C | C | 0,1 | 33,30 | ++ |
| 0 | C | C | 0,5 | 51,85 | + |
| 0 | SB | C | 0,1 | 97,55* | - |
| 1 | SB | SB | 0,1 | 52,22 | + |
| 1 | SB | SB | 0,5 | 31,40 | ++ |
| 1 | C | C | 0,1 | 1,59 | +++ |
| 1 | C | C | 0,5 | 4,47 | +++ |
| 1 | SB | C | 0,1 | 37,65 | ++ |

FONTE: O autor

NOTA: SB - Science-based

C - Cumulative Technology

$\varepsilon=0$.- sem difusão internacional de tecnologia

$\varepsilon=1$ - com difusão internacional de tecnologia

Convergência: (-) indica divergência e (+) indica convergência

* Presença de soluções de canto

As simulações apresentadas mostram uma visão do crescimento cujo motor é o progresso técnico focado na firma evolucionária. A evolução desta economia se

baseia em mecanismos de seleção de mercado combinados com mecanismos de geração de diversidade e de difusão de conhecimento. Convivem aqui firmas distintas que apresentam graus diversos de produtividade e que, em sua busca pelo lucro, dependem do seu conhecimento acumulado e da sua história e estão submetidas à incerteza em relação aos resultados de suas ações.

O modelo tem deficiências derivadas de sua filiação aos modelos de Nelson e Winter como a descrição da inovação baseada em processo e não em produto e a pouca atenção aos mecanismos de demanda. Também o modelo não aborda temas financeiros ou comerciais de fixação de lucro pelo mark-up. Finalmente, existem carências derivadas de sua própria construção, cujo foco esteve na simplicidade e expansibilidade. Nesta conta se pode colocar o grau elevado de concentração em virtude da carência de mecanismos de atenuação, mecanismos estes que se encontram presentes tanto nos modelos de NELSON e WINTER (1982) quanto na proposta de ANDERSEN (2001).

Mas, ao mesmo tempo, o modelo tem algumas vantagens para a análise de questões de convergência e de divergência internacional. Trata-se de um modelo simples que permite expansão e aumento de complexidade e é passível de gerar o resultado de convergência condicional a partir da dinâmica de inovação e de difusão tecnológica sobre bases evolucionárias. A convergência neste caso é condicional às variáveis tecnológicas e às decisões de investir em tecnologia, e não condicional à taxa de poupança ou à taxa de crescimento da população. Deve-se ressaltar também que, em contraste com a teoria tradicional, a convergência aqui não requer rendimentos decrescentes no fator capital.

Além disto, este modelo poderia ser a base para a construção de outros modelos que, através da incorporação de grupos de países e do controle de parâmetros, permitiria gerar uma dinâmica de convergência e de divergência baseada na idéia de convergência de clubes.

O modelo apresenta resultados compatíveis com a teoria evolucionária e descreve, ainda que de modo estilizado, o efeito do padrão de especialização nas taxas de crescimento de longo prazo dos países e o efeito do distanciamento crescente entre o Norte inovador e o Sul menos avançado tecnologicamente. A mensagem deste modelo é que para se tentar evitar o aparecimento de uma

tendência à divergência resultante da presença de setores *science-based*, mesmo ao se supor a difusão internacional de tecnologia, deve-se enfatizar a necessidade de se zelar pelas condições necessárias à inovação dos referidos setores também no Sul sem o que – feliz ou infelizmente – restará a estes países contar apenas com a sorte.

Conclusão

O debate sobre crescimento ressurgiu com grande intensidade a partir dos anos 1980 e trouxe como resultado uma reavaliação das conclusões de SOLOW (1956 e 1957) em relação à idéia de convergência da taxa de crescimento da renda per capita dos países a valores estacionários e da importância do progresso técnico para explicar a dinâmica deste crescimento.

Na esteira destes trabalhos surgiram algumas posições convergentes tanto dentro da literatura de inspiração neoclássica quanto em sua contraparte mais heterodoxa. Há uma crescente concordância em relação ao argumento da convergência das taxas de crescimento dos países a valores de *steady-state* e em relação à hipótese, derivada das idéias de Solow, da convergência dos níveis de renda dos países a valores comuns, desde que os países apresentem condições como capital humano, variáveis tecnológicas e políticas semelhantes. Esta é a chamada convergência condicional.

Também em relação ao progresso técnico admite-se a sua importância na determinação das taxas de crescimento dos países mas, neste caso, a posição assumida por Solow e pela escola neoclássica mais tradicional de tratá-lo de forma exógena passou a ser questionada pelos próprios adeptos da teoria neoclássica que acabaram por desenvolver a teoria do crescimento endógeno. Ao tornar endógeno o progresso técnico, esta escola neoclássica trouxe para o seio da teoria conceitos de rendimentos crescentes e de mercado imperfeito, anteriormente estranhos à mesma, mas manteve a idéia que por hora demarca a divisa entre a teoria neoclássica e as demais escolas de inspiração heterodoxa, particularmente a evolucionária: a racionalidade maximizadora dos agentes.

O suposto da racionalidade maximizadora acaba por resultar no agente representativo neoclássico que contraria frontalmente a visão evolucionária de que o progresso técnico se desenvolve principalmente na firma e que pressupõe a geração de diversidade a qual, em conjunto com mecanismos de seleção, produz a evolução (e o crescimento). Assim, para os adeptos da teoria evolucionária, a teoria tradicional não atinge o cerne da questão do crescimento ao não indicar e não analisar as

verdadeiras causas do progresso técnico e seus efeitos sobre a heterogeneidade das firmas.

A construção do modelo Nelson e Winter Ampliado (NWA) desenvolvida neste trabalho parte de uma revisão do modelo de NELSON e WINTER (1982, cap. 12) o qual contempla uma ampla variedade de conceitos-chave da teoria evolucionária e proporcionou, além da definição de um verdadeiro roteiro para a criação de modelos desta linha de pensamento, o desenvolvimento de uma grande gama de modelos, inclusive de crescimento.

A partir de uma releitura dos blocos construtivos fundamentais do modelo de Nelson e Winter realizada por ANDERSEN (2001), o modelo NWA incorpora dois elementos no modelo original. Por um lado ele é um modelo bissetorial e, por outro, é um modelo que permite supor uma economia internacional composta de países de diferentes níveis de desenvolvimento tecnológico.

A combinação desses fatores possibilita analisar a influência de aspectos institucionais e de distintos regimes tecnológicos sobre o funcionamento das firmas e da economia e sobre os processos de convergência e de divergência.

O modelo desenvolvido neste trabalho mostra alguns aspectos da dinâmica microeconômica que estão na raiz dos resultados de convergência e de divergência entre as nações, tais como a magnitude do esforço das firmas em P&D e o estímulo à difusão do conhecimento.

Os resultados obtidos através da simulação do modelo NWA com o uso de técnicas de Montecarlo permitem concluir que o modelo apresenta resultados consistentes com os fatos estilizados micro e macro que caracterizam o processo de convergência e divergência econômica.

Ele possibilita obter o resultado de convergência condicional a partir da dinâmica de inovação e de difusão tecnológica sobre bases evolucionárias.

Convergência condicional, neste caso, reflete a existência de esforços de inovação e de imitação no Sul, a influência do regime tecnológico em cada setor e a possibilidade ou não de difusão internacional de tecnologia. Assim, a convergência é condicional às variáveis tecnológicas e às decisões de investir em tecnologia, e não condicional à taxa de poupança ou à taxa de crescimento da população. Também, a

convergência no modelo evolucionário não requer rendimentos decrescentes no fator capital.

A divergência, por outro lado, emerge quando a difusão de tecnologia é incipiente, o regime tecnológico é *science-based* e o Sul não investe em inovação.

Ao se considerar que os resultados apresentados pelo modelo espelham, mesmo que de uma maneira estilizada, caminhos possíveis e prováveis de dinâmicas de crescimento de países cuja característica marcante em análise é a assimetria das capacidades tecnológicas, o trabalho aponta para a necessidade de fortalecer os esforços de inovação e de difusão de tecnologia em ambos os tipos de regimes tecnológicos. Ao mesmo tempo ele também sugere que, quando o regime tecnológico é *science-based*, a imitação não é suficiente para evitar a divergência. Neste caso é necessário que o Sul aloque os seus recursos também para a inovação.

Referências Bibliográficas

AGHION, P.; HOWITT, P. **Endogenous growth theory**. Cambridge: MIT Press, 1998.

ANDERSEN, E. S. **Evolutionary economics: post-Schumpeterian contributions**. London: Pinter, 1996.

ANDERSEN, E. S. **Toward a Multiactivity Generalisation of the Nelson-Winter Model**. Nelson and Winter Conference, maio, 2001. Disponível em: <<http://www.business.auc.dk/druid/conferences/nw/paper1/andersen.pdf>> Acesso em: 14 janeiro 2003.

ARTHUR, W. B.; **Increasing returns and path dependence in the economy**. The University of Michigan Press, 1994.

BARRO, R. J.; SALA-I-MARTIN, X. **Economic Growth**. New York: McGraw-Hill, 1995.

CIMOLI, M.; DOSI, G. Technological paradigms, patterns of learning and development: an introductory roadmap. **Journal of Evolutionary Economics**. n. 5, p. 243-268, 1995.

DAVID, P. A. Path-dependence and Predictability in Dynamic Systems with LocalNetwork Externalities: A Paradigm for Historical Economics. In: **Technology and the Wealth of Nations: The Dynamics of Constructed Advantage**. London: Pinter, 1993.

DE LA FUENTE, A. **Notas sobre la economía del crecimiento I: algunos modelos básicos**. Instituto de Análisis Económico (CSIC). PT 45.95. 1995.

DE LA FUENTE, A. **Notas sobre la economía del crecimiento II: convergencia?** Instituto de Análisis Económico (CSIC). V. 1, 2. PT 51.96. 1996.

DE LA FUENTE, A. **Convergence across countries and regions: theory and empirics.** Instituto de Análisis Económico (CSIC). WP 447.00. Jan. 2000.

DOSI, G. **Technical Change and Industrial Transformation.** Provas sem correção. London: The Macmillan Press Ltd, 1984.

DOSI, G. Comentário de Giovanni Dosi sobre o texto Evolutionary Economics --The State of the Science de J. Peter Murmann. In: Conference on Evolutionary Economics, Johns Hopkins University, 2001. Disponível em: <<http://www.jhu.edu/~iaesbe/telepharma1dosi.html>> Acesso em: 22 setembro 2003.

DOSI, G.; FABIANI, S. Convergence and Divergence in the Long-term Growth of Open Economies. In: SOETE, L.; SILVERBERG, G. **The Economics of growth and technical change**, EE, 1994.

DOSI, G.; NELSON, R. R. An introduction to evolutionary theories in economics. **Journal of Evolutionary Economics**, n. 4, p. 153-172,1994.

DOSI, G.; PAVITT, K.; SOETE, L. **The Economics of Technical Change and International Trade.** London: Harvester Wheatsheaf, 1990.

DOSI, G.; WINTER, S. **Interpreting Economic Change: Evolution, Structures and Games.** Jul 2000. Disponível em: <<http://sssup1.sssup.it/~LEM/WPLem/files/2000-08.pdf>> Acesso em: 12 junho 2003.

DURLAUF, S. N.; QUAH, D. T. **The New Empirics of Economic Growth.** Working Paper 98-01-012. Santa Fe: Santa Fe Institute, 1998.

FAGERBERG, J. III **Catching up and falling behind in economic development: Convergence or divergence? The impact of technology on "why growth rates differ".** Journal of Evolutionary Economics. n. 5, p. 269-284, 1995.

FAGERBERG, J.; VERSPAGEN, B. **Technology-Gaps, Innovation-Diffusion and Transformation: an Evolutionary Interpretation.** ECIS. Second draft. Jun 2001. Disponível em: <<http://www.druid.dk/conferences/nw/paper1/fagerberg.pdf>> Acesso em: 26 fevereiro 2004.

HOUNIE, A. et al. La CEPAL y las nuevas teorías del crecimiento. Separata de: **Revista de la CEPAL**, Santiago, n.68, p. 7-33, 1999.

HOWARD, R. A. **Dynamic Probabilistic Systems.** Volume 1: Markov Models. New York: John Wiley & Sons, 1971.

KWAŚNICKI, W. Roots of Evolutionary Economics. Disponível em: <<http://prawo.uni.wroc.pl/~kwasnicki/todownload/evolutionary%20economics.pdf>> Acesso em: 23 outubro 2003a.

KWAŚNICKI, W. Comparative analysis of selected neo-schumpeterian models of industrial dynamics. Disponível em: <<http://www.druid.dk/conferences/nw/abstracts1/kwasnicki.pdf>> Acesso em: 23 outubro 2003b.

LANE, D. A. Artificial worlds and economics, part I. **Journal of Evolutionary Economics**, n. 3, p. 89-107, 1993.

MARSILI, O.; VERSPAGEN, B. Technological Regimes and Innovation: Looking for Regularities in Dutch Manufacturing. ECIS, 2001. Disponível em: <<http://www.druid.dk/conferences/nw/paper1/MarsiliVerspagen.pdf>> Acesso em: 18 fevereiro 2004.

NELSON, R. Research on Productivity Growth and Productivity Differences: Dead Ends and New Departures. **Journal of Economic Literature**, v. XIX, p. 1029-1064, 1981.

NELSON, R. R.; WINTER S. G. Neoclassical vs. Evolutionary Theories of Economic Growth: Critique and Prospectus. **The Economic Journal**. v. 84, n° 336, p. 887-905, 1974.

NELSON, R. R.; WINTER S. G. **An Evolutionary Theory of Economic Change**. Cambridge Mass.: Harvard University Press, 1982.

NELSON, R. R.; WINTER S. G.; SCHUETTE, H. L. Technical Change in an Evolutionary Model. **Quarterly Journal of Economics**, v. XC, n° 1, p. 91-118, 1976.

RIZZELLO, S. The Microfoundations of Path Dependency. In: **Evolutionary Economics and Path Dependence**. New York, Elgar: 1997 p. 98-117.

ROS, J. **Development Theory and the Economics of Growth**. University of Michigan Press, 2000.

SIMON, H. A. **Models of Man**. New York: John Wiley & Sons, 1957.

SOLOW, R. M. A Contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics*, v. 70, p. 65-94, 1956. In: SEN, A. **Economía del crecimiento**. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1989, p. 151-182.

SOLOW, R. M. Technical change and the aggregate production function. *Review of Economics and Statistics*, v. 39, p. 312-320, 1957. In: SEN, A. **Economía del crecimiento**. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1989, p. 385-401.

VALENTE, M.; ANDERSEN, E.S. **A Hands-on Approach to Evolutionary Simulation: Nelson and Winter Models in the Laboratory for Simulation Development.** Disponível em: <<http://www.business.auc.dk/evolution/esapapers/esa99/NelwinSim.pdf>> Acesso em: 14 janeiro 2003.

VERSPAGEN, B. **Uneven Growth Between Interdependent Economies: Evolutionary View on Technology Gaps, Trade and Growth.** Adershot: Avebury Ashgate, 1993.

Apêndice 1 – Programa Fonte do Modelo NWA

```
#include "fun_head.h"

MODELBEGIN

/***** PRODUÇÃO *****/

EQUATION("QN1")
/*
Produção de cada firma do Setor 1 do país Norte :
 $QN1(f,t)=(1-r(f))*LN1(f,t-1)*AN1(f,t-1)$ 
*/
RESULT((1-V("rn1"))*VL("LN1",1)*VL("AN1",1))

EQUATION("QN2")
/*
Produção de cada firma do Setor 1 do país Norte :
 $QN2(f,t)=(1-r(f))*LN2(f,t-1)*AN2(f,t-1)$ 
*/
RESULT((1-V("rn2"))*VL("LN2",1)*VL("AN2",1))

EQUATION("QS1")
/*
Produção de cada firma do Setor 1 do país Norte :
 $QS1(f,t)=(1-r(f))*LS1(f,t-1)*AS1(f,t-1)$ 
*/
RESULT((1-V("rs1"))*VL("LS1",1)*VL("AS1",1))

EQUATION("QS2")
/*
Produção de cada firma do Setor 1 do país Norte :
 $QS2(f,t)=(1-r(f))*LS2(f,t-1)*AS2(f,t-1)$ 
*/
RESULT((1-V("rs2"))*VL("LS2",1)*VL("AS2",1))

/***** OFERTA DA INDÚSTRIA *****/

EQUATION("TQN1")
/*
Oferta do Setor 1 do país Norte:
 $TQN1:=\text{Somatório}(QN1(f))$ 
*/
RESULT(SUM("QN1"))

EQUATION("TQN2")
/*
Oferta do Setor 2 do país Norte:
 $TQN1:=\text{Somatório}(QN2(f))$ 
*/
RESULT(SUM("QN2"))

EQUATION("TQS1")
/*
Oferta do Setor 1 do país Sul:
```

TQN1:=Somatório(QS1(f))

*/

RESULT(SUM("QS1"))

EQUATION("TQS2")

/*

Oferta do Setor 2 do país Sul:

TQN1:=Somatório(QN1(f))

*/

RESULT(SUM("QS2"))

/***** DEMANDA *****/

EQUATION("TLN1")

/*

Demanda do Setor 1 do país Norte:

TLN1:=Somatório(LN1(f))

*/

RESULT(SUML("LN1",1))

EQUATION("TLN2")

/*

Demanda do Setor 2 do país Norte:

TLN2:=Somatório(LN2(f))

*/

RESULT(SUML("LN2",1))

EQUATION("TLS1")

/*

Demanda do Setor 1 do país Sul:

TLS1:=Somatório(LS1(f))

*/

RESULT(SUML("LS1",1))

EQUATION("TLS2")

/*

Demanda do Setor 2 do país Sul:

TLS2:=Somatório(LS2(f))

*/

RESULT(SUML("LS2",1))

/***** DEMANDA MUNDIAL *****/

EQUATION("DM")

/*

Demanda Mundial é a soma das demandas de cada setor e país:

DM:=TLN1+TLN2+TLS1+TLS2

*/

RESULT(V("TLN1")+V("TLN2")+V("TLS1")+V("TLS2"))

/***** PREÇO DE MERCADO *****/

EQUATION("P1")

/*

Preço de Mercado no Setor 1:

$$P1(t) := 0.5 * DM / (TQS1(t) + TQN1(t))$$

*/

$$RESULT(0.5 * V("DM") / (V("TQS1") + V("TQN1")))$$

EQUATION("P2")

/*

Preço de Mercado no Setor 2:

$$P2(t) := 0.5 * DM / (TQS2(t) + TQN2(t))$$

*/

$$RESULT(0.5 * V("DM") / (V("TQS2") + V("TQN2")))$$

/***** CONSUMO *****/

EQUATION("CN1")

/*

Consumo do Setor 1 do país Norte:

$$CN1(t) := 1/2 * YYN(t-1) / P1(t)$$

*/

$$RESULT(0.5 * VL("YYN", 1) / V("P1"))$$

EQUATION("CN2")

/*

Consumo do Setor 2 do país Norte:

$$CN2(t) := 1/2 * YYN(t-1) / P2(t)$$

*/

$$RESULT(0.5 * VL("YYN", 1) / V("P2"))$$

EQUATION("CS1")

/*

Consumo do Setor 1 do país Sul:

$$CS1(t) := 1/2 * YYS(t-1) / P1(t)$$

*/

$$RESULT(0.5 * VL("YYS", 1) / V("P1"))$$

EQUATION("CS2")

/*

Consumo do Setor 2 do país Sul:

$$CS2(t) := 1/2 * YYS(t-1) / P2(t)$$

*/

$$RESULT(0.5 * VL("YYS", 1) / V("P2"))$$

/***** LUCRO *****/

EQUATION("Lucro_N1")

/*

$$Lucro_N1(t) := (P1(t) * QN1(t) - LN1(t-1)) / LN1(t-1)$$

*/

$$RESULT((V("P1") * V("QN1") - VL("LN1", 1)) / VL("LN1", 1))$$

EQUATION("Lucro_N2")

```

/*
Lucro_N2(t):=(P2(t)*QN2(t)-LN2(t-1))/LN2(t-1)
*/

RESULT((V("P2")*V("QN2")-VL("LN2",1))/VL("LN2",1))

EQUATION("Lucro_S1")
/*
Lucro_S1(t):=(P1(t)*QS1(t)-LS1(t-1))/LS1(t-1)
*/

RESULT((V("P1")*V("QS1")-VL("LS1",1))/VL("LS1",1))

EQUATION("Lucro_S2")
/*
Lucro_S2(t):=(P2(t)*QS2(t)-LS2(t-1))/LS2(t-1)
*/

RESULT((V("P2")*V("QS2")-VL("LS2",1))/VL("LS2",1))

/***** P&D *****/

EQUATION("P&D_N1")
/*
Comment
*/

v[0]=0;
v[1]=0;
v[0]=V("lambda")*V("rn1")*VL("LN1",1);
if (poisson(v[0])>0)
{
    if (V("teta_N1")>RND)
        v[1]=1; //Inovação
    else v[1]=2; //Imitação
}
RESULT(v[1])

EQUATION("P&D_N2")
/*
Comment
*/

v[0]=0;
v[1]=0;
v[0]=V("lambda")*V("rn2")*VL("LN2",1);
if (poisson(v[0])>0)
{
    if (V("teta_N2")>RND)
        v[1]=1; //Inovação
    else v[1]=2; //Imitação
}
RESULT(v[1])

EQUATION("P&D_S1")
/*

```

```

Comment
*/

v[0]=0;
v[1]=0;
v[0]=V("lambda")*V("rs1")*VL("LS1",1);
if (poisson(v[0])>0)
{
    if (V("teta_S1")>RND)
        v[1]=1; //Inovação
        else v[1]=2; //Imitação
}
RESULT(v[1])

EQUATION("P&D_S2")
/*
Comment
*/

v[0]=0;
v[1]=0;
v[0]=V("lambda")*V("rs2")*VL("LS2",1);
if (poisson(v[0])>0)
{
    if (V("teta_S2")>RND)
        v[1]=1; //Inovação
        else v[1]=2; //Imitação
}
RESULT(v[1])

/***** INOVAÇÃO *****/

EQUATION("AIN_N1")
/*
Inovação
*/
v[0]=0;

if (V("P&D_N1")==1)
{
    if (V("TipoBusca_N1")==1)
    {
        v[0]=exp(norm(log(1.02)+(double)t*0.01,V("sigma_in")));
    }
    else
    {
        v[0]=norm(VL("AN1",1),V("sigma_in"));
    }
}

RESULT(v[0])

EQUATION("AIN_N2")
/*
Inovação

```

```

*/
v[0]=0;

if (V("P&D_N2")==1)
{
    if (V("TipoBusca_N2")==1)
        {
            v[0]=exp(norm(log(1.02)+(double)t*0.01,V("sigma_in")));
        }
    else
        {
            v[0]=norm(VL("AN2",1),V("sigma_in"));
        }
}

RESULT(v[0])

EQUATION("AIN_S1")
/*
Inovação
*/
v[0]=0;

if (V("P&D_S1")==1)
{
    if (V("TipoBusca_S1")==1)
        {
            v[0]=exp(norm(log(1.02)+(double)t*0.01,V("sigma_in")));
        }
    else
        {
            v[0]=norm(VL("AS1",1),V("sigma_in"));
        }
}

RESULT(v[0])

EQUATION("AIN_S2")
/*
Inovação
*/
v[0]=0;

if (V("P&D_S2")==1)
{
    if (V("TipoBusca_S2")==1)
        {
            v[0]=exp(norm(log(1.02)+(double)t*0.01,V("sigma_in")));
        }
    else
        {
            v[0]=norm(VL("AS2",1),V("sigma_in"));
        }
}

```

```
RESULT(v[0])
```

```
/****** IMITAÇÃO *****/
```

```
EQUATION("AIM_N1")
```

```
/*
```

```
Imitação
```

```
*/
```

```
v[0]=0;
```

```
if(V("P&D_N1")==2)
```

```
{
```

```
    v[0]=V("A_MAX_N1");
```

```
}
```

```
RESULT(v[0])
```

```
EQUATION("AIM_N2")
```

```
/*
```

```
Imitação
```

```
*/
```

```
v[0]=0;
```

```
if(V("P&D_N2")==2)
```

```
{
```

```
    v[0]=V("A_MAX_N2");
```

```
}
```

```
RESULT(v[0])
```

```
EQUATION("AIM_S1")
```

```
/*
```

```
Imitação
```

```
*/
```

```
v[0]=0;
```

```
if(V("P&D_S1")==2)
```

```
{
```

```
    v[0]=V("A_MAX_S1");
```

```
}
```

```
RESULT(v[0])
```

```
EQUATION("AIM_S2")
```

```
/*
```

```
Imitação
```

```
*/
```

```
v[0]=0;
```

```
if(V("P&D_S2")==2)
```

```
{
```

```
    v[0]=V("A_MAX_S2");
```

```
}
```

```
RESULT(v[0])
```


/****** PRODUTIVIDADE MÉDIA E MÁXIMA *****/

EQUATION("A_MAX_N1")

/*

Produtividade máxima das firmas do setor 1, país Norte.

*/

RESULT(MAXL("AN1",1))

EQUATION("A_MAX_N2")

/*

Produtividade máxima das firmas do setor 2, país Norte.

*/

RESULT(MAXL("AN2",1))

EQUATION("A_MAX_S1")

/*

Produtividade máxima das firmas do setor 1, país Sul.

*/

RESULT(MAXL("AS1",1))

EQUATION("A_MAX_S2")

/*

Produtividade máxima das firmas do setor 2, país Sul.

*/

RESULT(MAXL("AS2",1))

EQUATION("AMEDIA_N1")

/*

Produtividade média das firmas do setor 1, país Norte.

*/

SUM("Lucro_N1"); //Garante a atualização do novo trabalho.

STAT("AN1");

RESULT(v[1])

EQUATION("AMEDIA_N2")

/*

Produtividade média das firmas do setor 2, país Norte.

*/

SUM("Lucro_N2"); //Garante a atualização do novo trabalho.

STAT("AN2");

RESULT(v[1])

EQUATION("AMEDIA_S1")

/*

Produtividade média das firmas do setor 1, país Sul.

```
*/
SUM("Lucro_S1"); //Garante a atualização do novo trabalho.
STAT("AS1");
```

```
RESULT(v[1])
```

```
EQUATION("AMEDIA_S2")
```

```
/*
Produtividade média das firmas do setor 2, país Sul.
```

```
*/
SUM("Lucro_S2"); //Garante a atualização do novo trabalho.
STAT("AS2");
```

```
RESULT(v[1])
```

```
/****** ESCOLHA TECNOLÓGICA *****/
```

```
EQUATION("AN1")
```

```
/*
Nova produtividade.
```

```
*/
v[0]=0;
```

```
if(V("epsilon")==0)
```

```
{
    v[0]=max(VL("AN1",1),max(V("AIN_N1"),V("AIM_N1")));
}
```

```
else
```

```
{
    v[0]=max(VL("AN1",1),max(V("AIN_N1"),max(V("AIM_N1"),V("AIM_S1"))));
}
```

```
RESULT(v[0])
```

```
EQUATION("AN2")
```

```
/*
Nova produtividade.
```

```
*/
v[0]=0;
```

```
if(V("epsilon")==0)
```

```
{
    v[0]=max(VL("AN2",1),max(V("AIN_N2"),V("AIM_N2")));
}
```

```
else
```

```
{
    v[0]=max(VL("AN2",1),max(V("AIN_N2"),max(V("AIM_N2"),V("AIM_S2"))));
}
```

```
RESULT(v[0])
```

```
EQUATION("AS1")
```

```
/*
Nova produtividade.
```

```
*/
```

```

v[0]=0;
if(V("epsilon")==0)
    {
        v[0]=max(VL("AS1",1),max(V("AIN_S1"),V("AIM_S1")));
    }
else
    {
        v[0]=max(VL("AS1",1),max(V("AIN_S1"),max(V("AIM_S1"),V("AIM_N1"))));
    }
RESULT(v[0])

```

```

EQUATION("AS2")
/*
Nova produtividade.
*/
v[0]=0;
if(V("epsilon")==0)
    {
        v[0]=max(VL("AS2",1),max(V("AIN_S2"),V("AIM_S2")));
    }
else
    {
        v[0]=max(VL("AS2",1),max(V("AIN_S2"),max(V("AIM_S2"),V("AIM_N2"))));
    }
RESULT(v[0])

```

```

/***** MARKET SHARE *****/

```

```

EQUATION("MS_N1")
/*
Market-Share
*/
RESULT(V("QN1")/V("TQN1"))

```

```

EQUATION("MS_N2")
/*
Market-Share
*/
RESULT(V("QN2")/V("TQN2"))

```

```

EQUATION("MS_S1")
/*
Market-Share
*/
RESULT(V("QS1")/V("TQS1"))

```

```

EQUATION("MS_S2")

```

```
/*
Market-Share
*/
```

```
RESULT(V("QS2")/V("TQS2"))
```

```
/****** DEMANDA AGREGADA E COMÉRCIO INTERNACIONAL *****/
```

```
EQUATION("MN1")
```

```
/*
Importação
*/
```

```
RESULT(V("CN1")-V("P1")*V("TQN1"))
```

```
EQUATION("MN2")
```

```
/*
Importação
*/
```

```
RESULT(V("CN2")-V("P2")*V("TQN2"))
```

```
EQUATION("MS1")
```

```
/*
Importação
*/
```

```
RESULT(V("CS1")-V("P1")*V("TQS1"))
```

```
EQUATION("MS2")
```

```
/*
Importação
*/
```

```
RESULT(V("CS2")-V("P2")*V("TQS2"))
```

```
EQUATION("YYS")
```

```
/*
Renda Sul
*/
```

```
RESULT(V("P1")*V("TQS1")+V("P2")*V("TQS2"))
```

```
EQUATION("YYN")
```

```
/*
Renda Norte
*/
```

```
RESULT(V("P1")*V("TQN1")+V("P2")*V("TQN2"))
```

```
/****** ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO *****/
```

```
EQUATION ("INVHERF_N1")
```

```
v[0]=0;
CYCLE(cur,"Norte1")
```

```
{
    v[1]=VS(cur,"MS_N1");
    v[0]=v[0]+v[1]*v[1];
}
RESULT(1/v[0])

EQUATION ("INVHERF_N2")

v[0]=0;
CYCLE(cur,"Norte2")
{
    v[1]=VS(cur,"MS_N2");
    v[0]=v[0]+v[1]*v[1];
}
RESULT(1/v[0])

EQUATION ("INVHERF_S1")

v[0]=0;
CYCLE(cur,"Sul1")
{
    v[1]=VS(cur,"MS_S1");
    v[0]=v[0]+v[1]*v[1];
}
RESULT(1/v[0])

EQUATION ("INVHERF_S2")

v[0]=0;
CYCLE(cur,"Sul2")
{
    v[1]=VS(cur,"MS_S2");
    v[0]=v[0]+v[1]*v[1];
}
RESULT(1/v[0])

MODELEND

void close_sim(void)
{
}
}
```

Apêndice 2 – Arquivo de Configuração do Modelo NWA

```
Label Root
{
  Son: Economia
  Label Economia
  {
    Son: Norte1
    Label Norte1
    {
      Var: AN1
      Var: LN1
      Var: QN1
      Var: AIM_N1
      Var: AIN_N1
      Var: MS_N1
      Var: Lucro_N1
      Var: P&D_N1
      Param: m1
    }

    Son: Norte2
    Label Norte2
    {
      Var: AN2
      Var: LN2
      Var: QN2
      Var: AIM_N2
      Var: AIN_N2
      Var: MS_N2
      Var: Lucro_N2
      Var: P&D_N2
      Param: m2
    }

    Son: Sul1
    Label Sul1
    {
      Var: AS1
      Var: LS1
      Var: QS1
      Var: AIM_S1
      Var: AIN_S1
      Var: MS_S1
      Var: Lucro_S1
      Var: P&D_S1
      Param: rs1
    }

    Son: Sul2
    Label Sul2
    {
```

Var: AS2
Var: LS2
Var: QS2
Var: AIM_S2
Var: AIN_S2
Var: MS_S2
Var: Lucro_S2
Var: P&D_S2
Param: rs2

}

Param: sigma_in
Var: P1
Var: P2
Var: DM
Var: TQN1
Var: TQN2
Var: TQS1
Var: TQS2
Var: TLN1
Var: TLN2
Var: TLS1
Var: TLS2
Var: CN1
Var: CN2
Var: CS1
Var: CS2
Var: A_MAX_N1
Var: A_MAX_N2
Var: A_MAX_S1
Var: A_MAX_S2
Var: AMEDIA_N1
Var: AMEDIA_N2
Var: AMEDIA_S1
Var: AMEDIA_S2
Var: MN1
Var: MN2
Var: MS1
Var: MS2
Var: YYS
Var: YYN
Param: lambda
Var: INVHERF_N1
Var: INVHERF_N2
Var: INVHERF_S1
Var: INVHERF_S2
Param: TipoBusca_N1
Param: TipoBusca_N2
Param: TipoBusca_S1
Param: TipoBusca_S2
Param: teta_N1
Param: teta_N2
Param: teta_S1
Param: teta_S2
Param: epsilon

}

}

DATA

Object: Root C 1

Object: Economia C 1

Param: sigma_in 0 n + n n 0.0025

Var: P1 0 s + n n

Var: P2 0 s + n n

Var: DM 0 n + n n

Var: TQN1 0 n + n n

Var: TQN2 0 n + n n

Var: TQS1 0 n + n n

Var: TQS2 0 n + n n

Var: TLN1 0 s + n n

Var: TLN2 0 s + n n

Var: TLS1 0 s + n n

Var: TLS2 0 s + n n

Var: CN1 0 n + n n

Var: CN2 0 n + n n

Var: CS1 0 n + n n

Var: CS2 0 n + n n

Var: A_MAX_N1 0 n + n n

Var: A_MAX_N2 0 n + n n

Var: A_MAX_S1 0 n + n n

Var: A_MAX_S2 0 n + n n

Var: AMEDIA_N1 1 n + n n 1.02

Var: AMEDIA_N2 1 n + n n 1.02

Var: AMEDIA_S1 1 n + n n 1.02

Var: AMEDIA_S2 1 n + n n 1.02

Var: MN1 0 n + n n

Var: MN2 0 n + n n

Var: MS1 0 n + n n

Var: MS2 0 n + n n

Var: YYS 1 s + n n 100

Var: YYN 1 s + n n 100

Param: lambda 0 n + n n 0.1

Var: INVHERF_N1 0 s + d n

Var: INVHERF_N2 0 s + n n

Var: INVHERF_S1 0 s + n n

Var: INVHERF_S2 0 s + n n

Param: TipoBusca_N1 0 n + n n 1

Param: TipoBusca_N2 0 n + n n 0

Param: TipoBusca_S1 0 n + n n 1

Param: TipoBusca_S2 0 n + n n 0

Param: teta_N1 0 n + n n 0.25

Param: teta_N2 0 n + n n 0.25

Param: teta_S1 0 n + n n 0.1

Param: teta_S2 0 n + n n 0.1

Param: epsilon 0 n + n n 1

Object: Norte1 C 5

Var: AN1 1 s + n n 1.02 1.02 1.02 1.02 1.02

Var: LN1 1 s + n n 20 20 20 20 20
 Var: QN1 0 s + n n
 Var: AIM_N1 0 n + n n
 Var: AIN_N1 0 n + n n
 Var: MS_N1 0 n + n n
 Var: Lucro_N1 0 n + n n
 Var: P&D_N1 0 n + n n
 Param: rn1 0 n + n n 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2

Object: Norte2 C 5
 Var: AN2 1 s + n n 1.02 1.02 1.02 1.02 1.02
 Var: LN2 1 s + n n 20 20 20 20 20
 Var: QN2 0 s + n n
 Var: AIM_N2 0 n + n n
 Var: AIN_N2 0 n + n n
 Var: MS_N2 0 n + n n
 Var: Lucro_N2 0 n + n n
 Var: P&D_N2 0 n + n n
 Param: rn2 0 n + n n 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2

Object: Sul1 C 5
 Var: AS1 1 s + n n 1.02 1.02 1.02 1.02 1.02
 Var: LS1 1 s + n n 20 20 20 20 20
 Var: QS1 0 s + n n
 Var: AIM_S1 0 n + n n
 Var: AIN_S1 0 n + n n
 Var: MS_S1 0 n + n n
 Var: Lucro_S1 0 n + n n
 Var: P&D_S1 0 n + n n
 Param: rs1 0 n + n n 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2

Object: Sul2 C 5
 Var: AS2 1 s + n n 1.02 1.02 1.02 1.02 1.02
 Var: LS2 1 s + n n 20 20 20 20 20
 Var: QS2 0 s + n n
 Var: AIM_S2 0 n + n n
 Var: AIN_S2 0 n + n n
 Var: MS_S2 0 n + n n
 Var: Lucro_S2 0 n + n n
 Var: P&D_S2 0 n + n n
 Param: rs2 0 n + n n 0.2 0.2 0.2 0.2 0.2

SIM_NUM 1
 SEED 8
 MAX_STEP 100
 EQUATION fun_LNWA.cpp
 MODELREPORT

modelreport.html

DESCRIPTION

{A DESCRIÇÃO NÃO SERÁ REPRODUZIDA AQUI}

Apêndice 3 – Resultados de Simulação do Modelo NWA

TABELA MC1 - RENDA DO SUL E DO NORTE EM FUNÇÃO DE θ NORTE *SCIENCE-BASED*

| ε | θ NORTE | RENDA | | |
|---------------|----------------|----------|----------|---------------|
| | | Norte | Sul | DESVIO-PADRÃO |
| 0 | 0,1 | 198,9069 | 201,0931 | 134,6415 |
| 1 | 0,1 | 200,223 | 199,777 | 52,21509 |
| 0 | 0,15 | 318,2875 | 81,71247 | 104,0028 |
| 0 | 0,2 | 371,2772 | 28,72282 | 64,23115 |
| 0 | 0,25 | 390,252 | 9,747999 | 35,37758 |
| 0 | 0,3 | 397,5731 | 2,426927 | 16,87074 |

FONTE: O autor

NOTA: θ Sul = 0,1

TABELA MC2 - RENDA DO SUL E DO NORTE EM FUNÇÃO DE θ NORTE *SCIENCE-BASED*

| ε | θ NORTE | RENDA | | |
|---------------|----------------|----------|----------|---------------|
| | | Norte | Sul | DESVIO-PADRÃO |
| 0 | 0,5 | 201,0562 | 198,9438 | 64,21843 |
| 1 | 0,5 | 200,924 | 199,076 | 31,40433 |
| 0 | 0,55 | 226,8173 | 173,1827 | 61,76408 |
| 0 | 0,6 | 254,329 | 145,671 | 57,04728 |
| 0 | 0,65 | 274,102 | 125,898 | 53,4809 |
| 0 | 0,7 | 290,8878 | 109,1122 | 49,84082 |

FONTE: O autor

NOTA: θ Sul = 0,5

TABELA MC3 - RENDA DO SUL E DO NORTE EM FUNÇÃO DE θ NORTE *CUMULATIVE*

| ε | θ NORTE | RENDA | | |
|---------------|----------------|----------|----------|---------------|
| | | Norte | Sul | DESVIO-PADRÃO |
| 0 | 0,1 | 200,3403 | 199,6597 | 33,30183 |
| 1 | 0,1 | 199,8915 | 200,1085 | 1,593447 |
| 0 | 0,15 | 226,9125 | 173,0875 | 36,0524 |
| 0 | 0,2 | 252,9675 | 147,0325 | 35,89565 |
| 0 | 0,25 | 273,6555 | 126,3446 | 36,23931 |
| 0 | 0,3 | 290,8339 | 109,1661 | 33,07347 |

FONTE: O autor

NOTA: θ Sul = 0,1

TABELA MC4 - RENDA DO SUL E DO NORTE EM FUNÇÃO DE θ NORTE *CUMULATIVE*

| ε | θ NORTE | RENDA | | |
|---------------|----------------|----------|----------|---------------|
| | | Norte | Sul | DESVIO-PADRÃO |
| 0 | 0,5 | 198,3199 | 201,6801 | 51,85391 |
| 1 | 0,5 | 200,0567 | 199,9433 | 4,46789 |
| 0 | 0,55 | 208,9456 | 191,0544 | 52,02527 |
| 0 | 0,6 | 216,8957 | 183,1043 | 52,03033 |
| 0 | 0,65 | 221,5814 | 178,4186 | 50,3708 |
| 0 | 0,7 | 224,0665 | 175,9335 | 50,49554 |

FONTE: O autor

NOTA: θ Sul = 0,5TABELA MC5 - RENDA DO SUL E DO NORTE EM FUNÇÃO DE θ NORTE SETOR 1 *SCIENCE-BASED* E SETOR 2 *CUMULATIVE*

| θ NORTE | RENDA | | |
|----------------|----------|----------|---------------|
| | Norte | Sul | DESVIO-PADRÃO |
| 0,1 | 205,1022 | 194,8978 | 97,55246 |
| 0,15 | 276,674 | 123,326 | 76,99136 |
| 0,2 | 309,6609 | 90,33909 | 55,08638 |
| 0,25 | 330,3892 | 69,61075 | 35,91866 |
| 0,3 | 343,9049 | 56,09515 | 26,333 |

FONTE: O autor

NOTA: θ Sul = 0,1 $\varepsilon = 0$ TABELA MC6 - RENDA DO SUL E DO NORTE EM FUNÇÃO DE θ NORTE SETOR 1 *SCIENCE-BASED* E SETOR 2 *CUMULATIVE*

| θ NORTE | RENDA | | |
|----------------|----------|----------|---------------|
| | Norte | Sul | DESVIO-PADRÃO |
| 0,1 | 199,5669 | 200,4331 | 37,65388 |
| 0,15 | 215,8238 | 184,1762 | 33,9239 |
| 0,2 | 232,9325 | 167,0675 | 30,64082 |
| 0,25 | 241,5548 | 158,4452 | 26,80746 |
| 0,3 | 251,1924 | 148,8076 | 25,76366 |

FONTE: O autor

NOTA: θ Sul = 0,1 $\varepsilon = 1$