

As interações micro e macroeconômicas em um modelo kaldoriano-evolucionário de simulação do crescimento econômico e da competitividade internacional

1. Introdução

A construção de modelos macroeconômicos está apoiada no pressuposto da existência de um padrão único de comportamento dos agentes econômicos que delinham cada agregado macroeconômico. O modelo apresentado neste artigo não foge a regra. No entanto, a adoção desse pressuposto não é aplicada a todas as equações do modelo. O princípio evolucionário da diversidade dos padrões de mudança tecnológica e de concorrência no âmbito da indústria é introduzido neste modelo, o que implica a adoção de um conjunto de distintas equações de competitividade, cada uma delas referente a um grupo setorial específico.

As equações relativas aos determinantes dos gastos de consumo e de investimento que serão utilizadas no modelo de simulação foram elaboradas dentro dos preceitos da abordagem kaldoriana, sendo, portanto, compatíveis com o pressuposto descrito acima. As equações de exportação e de importação, por sua vez, seguem o princípio evolucionário da diversidade. De acordo com a abordagem evolucionária, a diversidade em termos dos determinantes do nível de competitividade de cada indústria ou setor produtivo é reflexo da diversidade dos regimes de acumulação tecnológica que prevalece dentro de cada ramo da atividade produtiva.

O ponto central desta pesquisa reside, portanto, nas análises teóricas que permitem associar o conceito de regime tecnológico aos fatores de seleção das indústrias nacionais no mercado externo. A seção 2 foi elaborada para este fim. A estrutura matemática do modelo de simulação, que será apresentada na seção 3, pode ser resumida nos seguintes aspectos: pelo conceito de regime tecnológico, serão formados quatro grupos setoriais. Esses grupos estão ligados entre si pelos coeficientes técnicos da produção e cada um deles apresenta especificidades em termos dos fatores determinantes do nível de competitividade. Com isso, as análises das interações micro e macroeconômicas associadas à competitividade externa e ao crescimento econômico serão realizadas tendo por base um modelo de simulação do tipo insumo-produto, em que os gastos de consumo e de investimento são endogenamente determinados pelo nível de renda, enquanto as exportações e as importações ficam submetidas às mudanças do nível de renda externa e interna, respectivamente, e ao nível de competitividade da indústria nacional, cujo *market share* é regido pelo princípio de Fisher (*replicator equation*).

Para que essas análises tenham alguma relevância teórica e empírica, os valores da maior parte dos parâmetros e das variáveis exógenas do modelo, assim como os valores iniciais de suas variáveis endógenas, foram atribuídos de acordo com as estatísticas oficiais referentes à economia brasileira de 2003. Não obstante, este modelo apresenta algumas lacunas – entre elas a ausência da

dinâmica de preços internos e do câmbio – que limitam sua aplicação na reprodução das trajetórias evolutivas da economia brasileira nas últimas décadas.

A relevância deste modelo está na demonstração de que a macrodinâmica dos modelos que levam em conta as especificidades setoriais em termos dos determinantes do desempenho tecnológico e da competitividade industrial produz *insights* teóricos e empíricos sobre as interações micro e macroeconômicas que dificilmente seriam extraídos dos modelos de crescimento econômico que empregam exclusivamente as funções agregativas, inclusive os da abordagem kaldoriana. Este modelo fornece também *insights* teóricos relevantes no que diz respeito aos princípios normativos das políticas industrial, tecnológica e macroeconômica ligadas à promoção do crescimento econômico via competitividade externa. No caso específico do modelo apresentado neste artigo, ficou constatado que as propriedades e as trajetórias macroeconômicas do modelo podem alterar-se conforme as mudanças observadas nas variáveis exógenas e nos valores iniciais das variáveis endógenas. Este resultado pode ser usado como indicativo de que as políticas públicas que foram bem-sucedidas em termos da promoção do crescimento industrial e da competitividade de um determinado setor, em um determinado período, não serão necessariamente bem sucedidas quando replicadas em outros setores e, ou, outros períodos. Esse é um *insight* teórico que nem sempre é extraído dos modelos kaldorianos tradicionais.

2. *Regime tecnológico, taxonomia industrial e fatores da competitividade*

Os estudos da competitividade internacional têm demonstrado empiricamente a importância do esforço tecnológico das firmas na determinação do desempenho da indústria nacional no comércio exterior. A intensidade (P&D/vendas) ou o montante de P&D e o total de patentes são os indicadores mais utilizados desse esforço. Não existe, contudo, uma posição consensual a respeito dos setores em que o esforço tecnológico das firmas é o fator decisivo na determinação do nível de competitividade da indústria nacional. De qualquer modo, em todos os estudos da competitividade que enfocam os fatores tecnológicos, aparece um número expressivo de setores em que as variáveis *proxy* do esforço tecnológico das firmas são altamente significativas na determinação do desempenho no comércio exterior.

Uma característica comum desses estudos é a suposição de que o esforço tecnológico das firmas é uma variável exógena¹. Essa hipótese deve ser revisada, pois o simples fato de haver estabilidade temporal da relação P&D/vendas indica que o montante de gastos com P&D varia de acordo com o volume de produção industrial, o que reforça a tese de que o esforço tecnológico das

¹ Fagerberg (1988), Dosi *et al.* (1990), Amable e Verspagen (1995), Ioannidis e Schreyer (1997), Verspagen e Wakelin (1997) são algumas referências seminais que adotam esta hipótese. Uma exceção é encontrada em Amable (1993).

firmas é uma variável endógena. Os estudos da competitividade não devem, portanto, prescindir de uma análise teórica dos determinantes dos gastos com P&D. Com essa análise é possível definir os fatores que afetam esses gastos, os quais, conseqüentemente, irão delimitar os fatores da competitividade de cada indústria. Os modelos teóricos que tratam dos determinantes dos gastos com P&D deveriam ocupar posição estratégica na construção do arcabouço teórico que sustenta os estudos da competitividade industrial. Esta seção tem por objetivos apresentar um desses modelos e explorar suas implicações na identificação das variáveis que podem afetar o nível de competitividade de cada indústria.

O modelo escolhido foi o de Cohen e Levinthal (1989), por permitir considerar as especificidades industriais (fatores específicos da firma, da tecnologia e da indústria). Além disso, o modelo sustenta a hipótese de que os gastos com P&D são uma variável endógena. Esses aspectos foram de crucial importância para a análise das relações de determinação entre as características do processo de aprendizagem (regime tecnológico), o crescimento industrial e o desempenho inovativo das firmas e das indústrias.

Na formalização desse raciocínio, Cohen e Levinthal (1989) elaboraram um modelo expresso em um sistema de equações em que o acréscimo no estoque de conhecimento das firmas é gerado pelo P&D interno e pelos conhecimentos externos gerados pelo P&D das firmas rivais e pelas atividades técnico-científicas conduzidas por outras firmas não-rivais e por instituições privadas e públicas de pesquisa. Esse acréscimo no estoque de conhecimento das firmas determina o lucro bruto.

Essa linha de raciocínio em que os gastos com P&D em um determinado período aumentam o estoque de conhecimento naquele período, refletindo-se diretamente sobre o lucro da firma, indica que os autores adotaram a hipótese de que esses gastos são um *input* da produção. Este é um *input* especial, pois tem a função de aumentar o volume de vendas e, ou, o nível de preço e, ou, reduzir os custos unitários da produção. A hipótese é aceitável dentro do pressuposto de que a capacidade tecnológica das firmas atingiu o patamar que lhes permite conhecer a distribuição de probabilidade da relação lucro/P&D esperada no momento em que decidem realizar esses gastos.

A relação entre as duas faces dos gastos com P&D (produção interna de conhecimentos e absorção de conhecimentos externo) pode ser formulada de acordo com o seguinte conjunto de equações:

$$\pi^i = \Pi^i(z_i, z_i) \tag{1}$$

$$z_i = M_i + \gamma_i \left(\theta \sum_{j=1}^{n-1} M_j + T \right) \tag{2}$$

$$\gamma_i = \Phi(M_i, \beta) ; \quad d\gamma_i/dM_i > 0; \quad d\gamma_i/d\beta < 0 \quad (3)$$

em que

π^i = lucro bruto da firma i ;

z_i = acréscimo no estoque de conhecimento da firma i ;

z_j = vetor constituído dos acréscimos no estoque de conhecimento das firmas rivais;

γ_i = índice do nível de capacidade de absorção do conhecimento externo da firma i . Varia de 0 a 1. O valor zero é o caso extremo em que a firma não consegue absorver nenhum conhecimento externo relevante para a sua atividade de inovação. No outro extremo, a firma absorve todo o conhecimento externo criado no período.

M_i = gastos com P&D da firma i ;

T = grau de oportunidade tecnológica, medido pela quantidade de novos conhecimentos tecnológicos gerados fora da indústria e que pertencem ao seu campo técnico e científico. Os investimentos do governo e das instituições privadas em pesquisa básica e aplicada, que geram novos conhecimentos passíveis de serem incorporados aos produtos da indústria, são uma *proxy* do seu grau de oportunidade tecnológica, pois o aumento desses investimentos afeta positivamente a probabilidade de adoção de novas tecnologias, mantendo-se constante o esforço inovativo dentro da indústria;

θ = grau de trasbordamento intraindústria (*spillover*). Representa a parcela do conhecimento gerado pelos gastos de P&D das firmas rivais passível de ser absorvido pela firma i ;

β = variável que capta o grau de dificuldades para manter e desenvolver a capacidade de absorção. Está associada ao grau de complexidade da *base de conhecimento*² que é necessária para a implementação das mudanças tecnológicas. O grau de diversidade do conhecimento especializado e de cientificidade e abrangência do conhecimento codificado empregado na formação da capacidade de absorção das firmas é uma *proxy* dessa variável; e

M_j = investimentos em P&D realizados pelas firmas rivais, sendo $j \neq k$.

A equação (2) é o ponto central do modelo de Cohen e Levinthal (1989). A análise dessa equação permite antever as principais conclusões dos autores. Se a equação (3) for abstraída do modelo e se o valor de γ_i estiver próximo de zero, então é eliminado o segundo termo à direita da equação (2), fazendo com que o montante de P&D dependa exclusivamente dos parâmetros da função $\Pi_{\pi^i}^i$, independentemente do grau de *spillover* e do grau de oportunidade tecnológica. Situação completamente distinta ocorre quando γ_i se aproxima da unidade. Neste caso, o grau de *spillover* será de crucial importância para determinação de M_i . Se o grau de *spillover* estiver próximo de zero, então o parâmetro T será decisivo. No entanto, se θ estiver próximo da unidade, a intensidade de P&D de cada firma provocará realimentação (*feedback*) negativa sobre os seus próprios lucros, em decorrência do aumento do estoque de conhecimentos das firmas rivais. Nessa situação, haverá forte desestímulo à realização de gastos com P&D, independentemente dos valores de T .

² Cf. Dosi (1988).

De acordo com Cohen e Levinthal (1989), esse raciocínio sobre o papel do regime tecnológico na determinação de M_i pode ser formalizado, derivando π^i em relação a M_i . Feito isso, obtém-se a seguinte expressão:

$$R_i = \Pi_{z_i}^i [1 + \gamma_M (\theta \sum_{j=1}^{n-1} M_j + T)] + \theta \sum_{j=1}^{n-1} \gamma_j \Pi_{z_j}^i ; j \neq i \quad (4)$$

Fazendo $R_i = 1$ e montando um sistema de equações a partir dessa equação, chega-se a um conjunto formado pelos M_i 's de equilíbrio, que terão o mesmo valor diante da hipótese de simetria da função-lucro das firmas. Doravante, essa posição de equilíbrio será representada por M^* . O formato dessa função e a hipótese de que as firmas tomam como dados os valores de M_j no processo de maximização dos lucros colocam esse modelo em uma estrutura teórica do tipo Cournot-Nash, que pressupõe informação plena da distribuição de probabilidade dos *payoffs* esperados de todas as possíveis combinações de M_i 's.

O papel do regime tecnológico (caracterizado pelos parâmetros θ , β e T) será analisado a partir da equação (4). Mas, antes desse passo, é importante analisar a relação entre β e γ_i .

Cohen e Levinthal (1989, p. 572) apresentam essa relação nos seguintes termos:

“Nós definimos β de modo que um alto nível indica que a habilidade das firmas para assimilar conhecimento externo é mais dependente do P&D da própria firma. Esta dependência é refletida em dois efeitos. Nós assumimos que para valores mais altos de β maior é o impacto do P&D próprio sobre a capacidade absorptiva, de modo que $\gamma_{m\beta} = \Phi_{m\beta}(M_i, \beta) > 0$. Em adição, para um dado M_i , capacidade absorptiva decresce com β (i.e. $\Phi_{\beta}(M_i, \beta) < 0$). Então, nós assumimos que o aumento de β eleva o efeito marginal do P&D sobre a capacidade absorptiva, porém diminui o nível da capacidade absorptiva.”

Essa interpretação de γ_i é uma peça importante para o entendimento do papel do regime tecnológico na determinação do desempenho inovativo das firmas. Vejamos primeiro um regime tecnológico caracterizado pelo baixo grau de complexidade da base de conhecimento e pelo alto grau de *spillover* e de oportunidade tecnológica. Nesse caso, $\gamma_i \cong 1$ e $\gamma_M \cong 0$ para qualquer nível de M^* . De acordo com a equação (4), nesse regime qualquer acréscimo em M_i reduz o lucro da firma. Outra possibilidade é a combinação do baixo grau de complexidade da base de conhecimento com o baixo grau de *spillover* ($\theta \cong 0$). Nessa situação, o termo dentro dos parênteses e o termo mais à

direita da equação (4) são anulados, sobrando apenas π_{zi}^i . Visto que π_{zi}^i varia de acordo com as mudanças no tamanho do mercado, então nesse regime os gastos com P&D tornam-se uma variável dependente do tamanho do mercado. Finalmente, em um regime tecnológico caracterizado pelo alto grau de complexidade da base de conhecimento e pelo alto grau de *spillover* haverá estímulos para o aumento dos gastos com P&D enquanto γ_M for muito alto ($\gamma_i \cong 0$). Nota-se que nesse tipo de regime a variável T exercerá um papel importante na determinação de M^* , enquanto o tamanho do mercado gera um efeito ambíguo para níveis mais elevado de M_i .

Do que foi exposto, fica evidente que a diversidade entre as indústrias em termos de regime tecnológico permite a formação de vários grupos taxonômicos, entre eles: a) indústrias que apresentam baixo grau de complexidade da base de conhecimento e alto grau de *spillover* e de oportunidade tecnológica, sendo elas marcadas pelos baixos níveis de P&D, independentemente do tamanho do mercado; b) indústrias com baixo grau de complexidade da base de conhecimento combinado com o baixo grau de *spillover* e de oportunidade tecnológica, o que faz do tamanho do mercado uma variável relevante na determinação dos gastos com P&D; e c) indústrias com elevado grau de complexidade da base de conhecimento e de *spillover* e com baixo grau de oportunidade tecnológica. Esse é o caso em que os gastos com P&D são sensíveis ao aumento do grau de oportunidade tecnológica e do tamanho do mercado³.

Essas proposições taxonômicas geram algumas conclusões que irão nortear as análises desenvolvidas na próxima seção. Em primeiro lugar, a causalção circular e cumulativa entre o crescimento industrial e o desempenho inovativo das firmas não é um fenômeno generalizado entre as indústrias. Em segundo lugar, existem algumas indústrias em que o aumento do grau de oportunidade tecnológica poderá vir acompanhado pela queda dos níveis de P&D, enquanto em outras deverá ocorrer justamente o contrário. Estas conclusões apontam para a primazia do conceito de regime tecnológico na construção das taxonomias industriais e na análise das interações entre o crescimento industrial e o desempenho inovativo das firmas.

A partir dessas proposições taxonômicas podem ser estabelecidos os elos de causalidade entre o regime tecnológico e os fatores da competitividade de cada grupo setorial.

No grupo taxonômico do tipo (a), que doravante será intitulado de Grupo I, o regime tecnológico é caracterizado pelo baixo grau de complexidade da base de conhecimento e pelo alto grau de *spillover*. A maior parte do conhecimento que alimenta a atividade inovativa e que define a posição das firmas dentro da *trajetória tecnológica* caracterizada por este tipo de regime será proveniente de fontes externas, em especial os bens e serviços de capital e os insumos. Em princípio, as firmas de qualquer país possuem as mesmas condições de acesso a esses

³ Estes foram os casos considerados relevantes para a análise da dinâmica do crescimento da produção industrial brasileira.

conhecimentos, desde que elas tenham acesso aos bens e serviços de capital e insumos que carregam as tecnologias mais avançadas. Desse modo, ainda que os fatores tecnológicos tenham relevância na determinação da competitividade desse grupo, a criação de vantagens tecnológicas fica condicionada à capacidade das firmas de acessarem os bens e serviços de capital que incorporam as novas tecnologias. Nesta pesquisa será admitida a hipótese de que essa capacidade está relacionada à escala de produção em que as firmas operam. Esta hipótese é um desdobramento lógico do modo particular como são criadas as vantagens competitivas dentro de uma trajetória tecnológica caracterizada pelo alto grau de *spillover* dos conhecimentos tecnológicos. É justamente o fato de as firmas não poderem criar diferenciais em termos de conhecimentos tecnológicos é que dá relevância às outras fontes de competitividade, a exemplo da escala de produção.

Ao lado da escala de produção, outros fatores estruturais não-tecnológicos podem afetar a competitividade dos setores que compõem o Grupo I. Nesta pesquisa adotou-se a hipótese de que as variações do *market share* no comércio exterior dos setores que compõem esse grupo dependem também dos salários relativos e dos fatores conjunturais (taxa de câmbio real, dos subsídios, das tarifas, etc.).

Todos esses fatores, inclusive a escala de produção, resultam da formação histórica e do contexto político de cada país e podem ser considerados exógenos perante as variáveis econômicas e tecnológicas que integram os determinantes da produção⁴. Assim sendo, no caso do Grupo I, o postulado das vantagens construídas no campo da tecnologia se aplica de modo muito restrito, pois as mudanças tecnológicas nas indústrias que compõem este grupo são condicionadas pela escala de produção. Além da escala de produção e dos salários relativos, é possível imaginar outros canais de natureza estrutural que geram vantagens competitivas. Um deles, talvez o mais relevante para este grupo, são os investimentos em infraestrutura de transporte.

Entre os fatores conjunturais existe um que receberá atenção especial nesta pesquisa (neste e nos demais grupos). Trata-se do grau de utilização da capacidade produtiva. Do ponto de vista empírico, o papel dessa variável na determinação da competitividade externa tem sido objeto de controvérsia. Existem modelos cujos autores ressaltam a importância dessa variável, enquanto outros autores a desprezam por completo. Não obstante, essa variável ocupa posição-chave entre os determinantes da competitividade das firmas em alguns modelos evolucionários de crescimento

⁴ A formação de grandes empreendimentos industriais pode ser desencadeada por processos históricos específicos do setor, a exemplo das fusões e aquisições e da oferta generosa de recursos financeiros para investimentos. Nesta pesquisa supõe-se que esse processo foi o fator decisivo para criar os diferenciais em termos de escala de produção, a qual foi constatado no ano de referência desta pesquisa. O crescimento paulatino da escala de produção pode também gerar esse diferencial, mas em vista do fato de que esse crescimento ocorre simultaneamente em todos os países, é plausível admitir que o efeito desse crescimento é menos expressivo do que o processo histórico de transformação estrutural.

econômico⁵. Do ponto de vista teórico, a inclusão dessa variável entre os determinantes da competitividade das firmas ou dos setores tem um sentido lógico, pois a firma ou setor não poderá atender à demanda se a capacidade produtiva não puder fazer frente a essa demanda. Esse argumento servirá de base para a incorporação desta variável entre os determinantes da competitividade do Grupo I e dos demais grupos.

Em vista dos argumentos teóricos apresentados nesta pesquisa, o nível de competitividade do Grupo I pode ser expresso nos seguintes termos⁶:

$$e_{1i} = \vartheta_{1i} \left(\frac{tam_{1i}}{\overline{tam}_1} \right)^{\alpha_{2E}} \left(\frac{\omega_{1i}}{\overline{\omega}_1} \right)^{-\alpha_{1W}} \quad (5)$$

$$\vartheta_{1i} = \frac{efc_{1i}}{\overline{efc}_1} \quad (6)$$

$$\overline{efc}_1 = s_{1i}efc_{1i} + \sum_j^{n-1} s_{1j}efc_{1j} \quad (7)$$

$$\overline{tam}_1 = s_{1i}tam_{1i} + \sum_j^{n-1} s_{1j}tam_{1j} \quad (8)$$

$$\overline{\omega}_1 = s_{1i}\omega_{1i} + \sum_j^{n-1} s_{1j}\omega_{1j} \quad (9)$$

$$u_{1i}^* = \frac{u_{1i}}{u_{1i}^m} \quad \text{se } u_{1i} \geq u_{1i}^m; \text{ caso contrário, } u_{1i}^* = 1 \quad (10)$$

$$\epsilon_{1i}^* = \epsilon_{1i} / (u_{1i}^*)^2 + \epsilon_{1i} \quad (11)$$

em que e_{1i} = nível de competitividade relativo do Grupo I do país i ; efc_{1i} = eficiência do sistema de transporte dos produtos do Grupo I, sendo o inverso do custo de transporte uma das *proxies* desta variável; \overline{efc}_1 = média mundial da eficiência do sistema de transporte dos produtos do Grupo I; tam_{1i} = tamanho médio das firmas do Grupo I do país i ; \overline{tam}_1 = média mundial do tamanho das firmas que pertencem ao Grupo I; ω_{1i} = custo da mão-de-obra unitário no Grupo I do país i , o qual é dado pela relação entre o total de salários e o valor adicionado dos setores que compõem o Grupo I; $\overline{\omega}_1$ = média mundial do custo da mão-de-obra unitário dos setores que compõem o Grupo I; s_{1i} = *market share* das exportações dos setores que compõem o Grupo I do país i ; u_{1i} = grau de utilização da capacidade produtiva dos setores que compõem o Grupo I do país i ; u_{1i}^m = grau máximo de utilização da capacidade produtiva que não compromete o prazo de entrega de produtos dos setores que compõem o Grupo I do país i ; ϵ_{1i} = erro aleatório do nível de competitividade dos setores que compõem o Grupo I do país i , o qual decorre dos fatores conjunturais; e n = total de países.

Essa formulação indica que os custos de transporte, as economias de escala e o custo da mão-de-obra são os principais fatores que afetam a competitividade do Grupo I. Quanto à última

⁵ Silverberg (1987), Silverberg e Verspagen (1994), entre outros.

⁶ No geral, adota-se o formato linear para as equações de competitividade nos modelos evolucionários de dinâmica industrial (ver Silverberg, 1987; Chiaromonte e Dosi, 1993; Silverberg e Verspagen, 1994; entre outros). O formato geométrico é encontrado em Fagerberg (2003).

variável, convém lembrar que os salários relativos podem compensar os diferenciais de produtividade da mão-de-obra, o que justifica a introdução do custo unitário da mão-de-obra nos setores em que ocorre a competitividade de preço. O tamanho relativo das firmas, por sua vez, tem a função de captar os efeitos do progresso técnico e, ou, das economias de escala sobre a produtividade de todos os fatores: mão-de-obra, edificações, maquinários, etc.

Em relação ao grupo industrial do tipo (b), doravante intitulado de Grupo II, foi admitida nesta pesquisa a hipótese de que o nível de competitividade deste grupo varia de acordo com o nível de produção. Este grupo é constituído de setores cujos regimes tecnológicos são caracterizados por baixo grau de complexidade da base de conhecimento e baixo grau de *spillover*. Estas características do regime tecnológico fazem com que o tamanho do mercado exerça um papel crucial na determinação do montante de gastos com P&D, os quais formam a principal fonte do aprendizado tecnológico acumulado nas firmas. Deve-se lembrar que nesta pesquisa adota-se a hipótese de que a aprendizagem tecnológica não ocorre espontaneamente com o aumento da produção industrial (aprendizagem *non-costless*), mas depende do P&D acumulado. Sendo assim, os gastos com P&D tornam-se a fonte primordial para geração de novos conhecimentos que alimentam a atividade inovativa das firmas. Essa relação entre o tamanho do mercado, os gastos com P&D e a atividade inovativa se traduz na hipótese de que o nível de competitividade dos setores que constituem este grupo é determinado pelo tamanho do mercado. Por definição, o tamanho do mercado é medido pelo valor da demanda intermediária e final da indústria. Nesse valor está incluído o valor das importações. Visto que as estatísticas sobre importações setoriais baseadas nos padrões de classificação internacional são menos difundidas do que as estatísticas sobre o valor adicionado, optou-se nesta pesquisa pelo uso do valor adicionado como uma *proxy* do tamanho do mercado.

Os mesmos argumentos que levaram à incorporação do grau de utilização da capacidade produtiva entre os determinantes da competitividade do Grupo I serão válidos também para o Grupo II.

Ao lado do tamanho do mercado, é possível imaginar outros fatores específicos do país que podem afetar as decisões de gastos com P&D dentro desse grupo. Pode-se imaginar que os subsídios ao P&D sejam um desses fatores. No entanto, levando em conta as características do regime tecnológico (baixo grau de complexidade combinado com baixo grau de *spillover*) que prevalece nos setores que compõem esse grupo, é plausível supor que os subsídios não impliquem necessariamente o aumento no total de gastos com P&D, visto a possibilidade de que esses subsídios venham substituir os recursos privados no financiamento da atividade tecnológica das firmas. Outra hipótese mais razoável refere-se ao sistema de normalizações técnicas da produção e

do consumo que impera no país. O grau de exigência desse sistema se reflete sobre o grau de complexidade da base de conhecimento relevante, produzindo estímulos à atividade de P&D, independentemente do tamanho do mercado.

Em razão das características do regime tecnológico que predomina nos setores que compõem o Grupo II, existem fatores que moderam a realização dos gastos com P&D nas firmas. Por causa disso, a competição via preço dos produtos não pode ser descartada do modelo. Não obstante, as mudanças tecnológicas serão consideradas um dos fatores determinantes das mudanças no nível de preço dos setores que integram esse grupo. Os salários relativos são certamente outro fator que afeta os preços relativos do Grupo I.

Levando em conta essas considerações, pode-se formular a equação de competitividade do Grupo II nos seguintes termos:

$$e_{2i} = \vartheta_{2i} \left(\frac{q_{2i}}{\bar{q}_2} * Q_{2i} \right)^{\alpha_{2S}} \left(\frac{\omega_{2i}}{\bar{\omega}_2} \right)^{-\alpha_{2W}} \quad (12)$$

$$\bar{q}_2 = s_{2i} q_{2i} + \sum_j^{n-1} s_{2j} q_{2j} \quad (13)$$

$$\bar{\omega}_2 = s_{2i} \omega_{2i} + \sum_j^{n-1} s_{2j} \omega_{2j} \quad (14)$$

$$u_{2i}^s = u_{2i} / u_{2i}^n \quad \text{se } u_{2i} \geq u_{2i}^n; \text{ caso contrário, } u_{2i}^s = 1 \quad (15)$$

$$e_{2i}^s = e_{2i} / (u_{2i}^s)^2 + \epsilon_{2i} \quad (16)$$

em que e_{2i} = nível de competitividade relativo do Grupo II do país i ; ϑ_{2i} = nível de eficiência relativa do sistema de entrega das mercadorias no exterior, o qual pode ser medido pelo tempo necessário para a entrega do produto a partir do momento em que o produto sai da fábrica até o momento em que esse produto chega ao seu destino final e pela taxa de devolução de produtos e, ou, de reedição dos pedidos; q_{2i} = valor da produção dos setores que compõem o Grupo II no país i ; \bar{q}_2 = média mundial do valor da produção do Grupo II; Q_{2i} = nível de eficiência relativa do sistema de normalização técnica da produção e do consumo; ω_{2i} = custo unitário da mão-de-obra no Grupo II do país i , o qual é dado pela relação entre o total de salários e o valor adicionado dos setores que compõem o Grupo I; $\bar{\omega}_2$ = média mundial do custo unitário da mão-de-obra dos setores que compõem o Grupo II; s_{2i} = *market share* das exportações dos setores que compõem o Grupo II do país i ; u_{2i} = grau de utilização da capacidade produtiva dos setores que compõem o Grupo II do país i ; u_{2i}^n = grau máximo de utilização da capacidade produtiva que não compromete o prazo de entrega dos produtos dos setores que compõem o Grupo II do país i ; ϵ_{2i} = erro aleatório do nível de competitividade dos setores que compõem o Grupo II do país i , o qual decorre dos fatores conjunturais; e n = total de países.

A eficiência do sistema de entrega dos produtos refere-se ao tempo de realização da entrega do produto após a etapa de produção e ao grau de atendimento das especificações do pedido. Está-se admitindo, portanto, que este fator, isto é, a qualidade da entrega dos produtos, é mais relevante

que o custo de transporte na determinação do desempenho competitivo das firmas. Vale lembrar que o atraso na entrega do produto decorrente do atraso da produção é captado pela variável u_{3t} .

É razoável supor que as mudanças na eficiência do sistema de entrega dos produtos exerçam impacto direto sobre o nível de competitividade, o que justifica o modo como o coeficiente entra na equação.

O Grupo III, por sua vez, é composto de setores cujos regimes tecnológicos são caracterizados por alto grau de complexidade da base de conhecimento e alto grau de *spillover*. O efeito marginal do grau de oportunidade tecnológica sobre os gastos com P&D das firmas varia numa proporção inversa ao montante desses gastos, isto é, quanto maior o grau de oportunidade maior os gastos com P&D e menor o efeito marginal do aumento do grau de oportunidade sobre os gastos de P&D. Esse grau de oportunidade, por sua vez, depende dos investimentos em pesquisa científica e infraestrutura tecnológica do país. No caso da economia brasileira, é plausível admitir que o grau de oportunidade tecnológica seja muito baixo. Se assim for, pode-se admitir a hipótese de que os gastos com P&D e, conseqüentemente, o nível de competitividade das firmas que compõem esses setores no Brasil são muito baixos. Desta premissa extrai-se o corolário de que o aumento dos investimentos em pesquisa científica e infraestrutura tecnológica no Brasil pode melhorar sua posição competitiva no Grupo III.

O efeito desses investimentos sobre as decisões de gastos com P&D das firmas pode ser amplificado pelas políticas de incentivos a esses gastos. Vale ressaltar que as oportunidades tecnológicas referem-se às facilidades com que uma inovação pode ser extraída dos esforços tecnológicos da firma e às possibilidades de retenção dos ganhos dessa inovação, obviamente. A redução dos custos esperados da atividade tecnológica e as facilidades e garantias do sistema de patenteamento representam, portanto, fatores adicionais de suma importância para elevar os gastos com P&D dos setores que compõem o Grupo III. Neste caso, ao contrário do Grupo II, os subsídios ao P&D e os fundos setoriais de C&T são opções de política tecnológica relevantes.

Dado as características da base de conhecimento dos regimes tecnológicos que imperam dentro do Grupo III (alto grau de *spillover* e de complexidade da base de conhecimento), deve-se reconhecer também o papel das transferências tecnológicas como um dos fatores fundamentais para a formação da capacidade inovativa das firmas.

Seguindo esses argumentos, pode-se formular a equação de competitividade do Grupo III nos seguintes termos:

$$c_{3t} = \vartheta_{3t} \left(\frac{T_j}{\bar{T}} * Q_{3t} \right)^{\alpha_{3D}} \left(\frac{r_{3D} d_{3t}}{r_{3D} \bar{d}_3} \right)^{\alpha_{3d}} \quad (17)$$

$$\bar{T}_3 = s_{3t} T_{3t} + \sum_j^{n-1} s_{3j} T_{3j} \quad (18)$$

$$\overline{ied}_3 = s_{3i}ied_{3i} + \sum_j^{n-1} s_{3j}ied_{3j} \quad (19)$$

$$u_{3i}^* = u_{3i}/u_{3i}^n \quad \text{se } u_{3i} \geq u_{3i}^n; \text{ caso contrário, } u_{3i}^* = 1 \quad (20)$$

$$e_{3i}^* = e_{3i}/(u_{3i}^*)^2 + \epsilon_{3i} \quad (21)$$

em que e_{3i} = nível de competitividade relativo do Grupo III do país i ; u_{3i} = nível de eficiência relativa do sistema de divulgação e promoção de novos produtos no exterior. Uma das possíveis *proxy* dessa variável seria o total de pessoal do setor de vendas instalados permanentemente no exterior; T_i = total de gastos públicos com ciência e tecnologia do país i ; \bar{T} = média mundial do total de gastos com ciência e tecnologia; q_{3i} = nível de eficiência relativa do elenco de políticas de estímulos à atividade tecnológica das firmas. O montante aplicado em fundos setoriais destinados ao desenvolvimento tecnológico das indústrias que compõem o Grupo III é uma *proxy* dessa variável, devendo estar associada a *performance* do sistema nacional de patentes em relação aos outros países, aos subsídios de P&D, etc.; ied_{3i} = total de investimentos externos diretos destinados aos setores que compõem o Grupo III; \overline{ied}_3 = média mundial do total de investimento externo direto voltado para os setores que compõem o Grupo III; s_{3i} = *market share* das exportações dos setores que compõem o Grupo III do país i ; u_{3i} = grau de utilização da capacidade produtiva dos setores que compõem o Grupo III do país i ; u_{3i}^n = grau máximo de utilização da capacidade produtiva que não compromete o prazo de entrega dos produtos dos setores que compõem o Grupo III do país i ; ϵ_{3i} = erro aleatório do nível de competitividade dos setores que compõem o Grupo III do país i , o qual decorre dos fatores conjunturais; e n = total de países.

Se for admitida a hipótese de que os bens e serviços, cujos níveis de produção dependem dos investimentos em pesquisa científica e em infraestrutura tecnológica, são de natureza pública, então deve-se admitir a hipótese de que os investimentos públicos nestas áreas são vitais para a determinação do grau de oportunidade tecnológica, o que se traduz na suposição de que a variável T é exogenamente determinada pela política tecnológica e científica de cada país.

Vale ressaltar que o preço relativo de uma parte dos setores normalmente classificados como sendo de alta tecnologia é, de acordo com Ioannidis e Schreyer (1997), sensível ao custo unitário relativo da mão-de-obra. Nesta pesquisa, achou-se por bem manter a hipótese de que nesses setores a competitividade é predominantemente regida pelos fatores tecnológicos. Novamente, sustenta-se a hipótese de que os valores dos parâmetros α_{3p} e α_{3d} são menores do que a unidade.

Devido à carência de estudos brasileiros e internacionais sobre a competitividade do setor de serviços e ao reconhecimento de que o preenchimento dessa lacuna está além das possibilidades desta pesquisa, não há muito que fazer senão adotar a hipótese de que a competitividade dos setores que compõem o Grupo IV depende de fatores exógenos. Para simplificar a formalização desta hipótese, iremos admitir que o nível de competitividade relativo ao Grupo IV mantém-se constante no longo prazo, sofrendo efeitos de fatores conjunturais no curto prazo. Essa simplificação conduz a

uma formalização distinta das que foram utilizadas anteriormente e sem o suporte teórico daquelas quanto aos outros fatores que não o grau de utilização da capacidade produtiva:

$$E_{4i} = \bar{E}_4 \quad (22)$$

$$s_{4i} = E_{4i} / \bar{E}_4 \quad (23)$$

$$u_{4i}^* = u_{4i} / u_{4i}^m \quad \text{se } u_{4i} \geq u_{4i}^m; \text{ caso contrário, } u_{4i}^* = 1 \quad (24)$$

$$e_{4i}^* = e_{4i} / (u_{4i}^*)^2 + \varepsilon_{4i} \quad (25)$$

em que E_{4i} = nível de competitividade do Grupo IV do país i ; \bar{E}_4 = média mundial do nível de competitividade do Grupo IV; e_{4i} = nível de competitividade relativo do Grupo IV do país i ; ε_{4i} = erro aleatório do nível de competitividade do Grupo IV do país i ; u_{4i} = grau de utilização da capacidade produtiva dos setores que compõem o Grupo IV do país i ; u_{4i}^m = grau máximo da capacidade produtiva que não compromete o prazo de entrega dos produtos dos setores que compõem o Grupo IV do país i ; e ε_{4i} = erro aleatório do nível de competitividade dos setores que compõem o Grupo IV do país i , o qual decorre dos fatores conjunturais.

Essas equações de competitividade serão aplicadas também na determinação do coeficiente de penetração das importações. Sendo assim, a dinâmica do *market share* das exportações e das importações fica expressa nas seguintes equações⁷ (equações replicadoras):

$$s_{kt} - s_{kt-1} = \varphi_k (e_k^* - 1) s_{kt-1} \quad (26)$$

$$\bar{z}_{kt} - \bar{z}_{kt-1} = \phi_k \left(\frac{1}{\bar{z}_{kt} + (1 - \bar{z}_{kt}) e_k^*} - 1 \right) \bar{z}_{kt-1} \quad (27)$$

em que s_k = *market share* das exportações brasileiras relativas ao Grupo k ; \bar{z}_k = coeficiente de penetração das importações relativas ao Grupo k ; e_k^* = nível de competitividade do Grupo k em relação à média mundial do grupo; e φ_k e ϕ_k = parâmetros de ajustamento.

Convém frisar que a dinâmica dos coeficientes de penetração é fortemente influenciada pelo nível de competitividade da indústria nacional, dado que em todos os grupos a maior parcela do mercado interno é abastecida pela indústria nacional. Atender para este fato é importante para se compreender os mecanismos endógenos que cumprem a função de não-linearidades do modelo – no sentido de impedir a geração de trajetórias explosivas no exercício de simulação – e a emergência de propriedades micro e macroeconômicas condizentes com a realidade.

⁷ Essas formulações seguem as sugestões de Verspagen (2002).

Certamente, os fatores da competitividade que compõem cada uma das equações anteriores não abarcam todos os fatores que, teoricamente, afetam a competitividade das firmas no comércio exterior. A competitividade é um fenômeno multifacetado que se manifesta não somente no âmbito da firma ou do setor, mas também no âmbito do país. Por conta dessa complexidade, tornam-se remotas as possibilidades de se estimar equações suficientemente abrangentes para incorporar todos os fatores que *a priori* podem afetar a competitividade de cada grupo setorial. Muitas variáveis são qualitativas, para as quais não existem estatísticas.

O propósito desta seção foi desenvolver argumentos teóricos que justifiquem a inclusão de alguns fatores consistentes com a análise do papel das políticas macroeconômicas e setoriais na determinação da competitividade dos grupos setoriais. De acordo com as discussões anteriores, o mínimo de plausibilidade desses argumentos repousa no conceito de regime tecnológico. Sem este conceito, boa parte da análise teórica desta seção ficaria restrita ao campo da especulação teórica.

3. A estrutura matemática do modelo de simulação

Em sintonia com os modelos kaldorianos de crescimento econômico liderado pelas exportações, será adotada a hipótese de que os gastos de consumo das famílias e do governo, os investimentos e as importações dependem do valor da produção industrial, não havendo componentes autônomos em nenhuma dessas variáveis. No caso específico das importações, será considerado também o efeito das mudanças no nível de competitividade da indústria nacional sobre os coeficientes de penetração das importações. A partir destas hipóteses, foram construídas as equações matemáticas do modelo de simulação, que podem ser apresentadas nos seguintes termos:

$$\mathbf{g} = \mathbf{A}^d \mathbf{g} + \mathbf{f}_c + \mathbf{f}_k + \mathbf{f}_G + \mathbf{f}_x \quad (28)$$

$$\mathbf{f}_c = (\mathbf{I} - \hat{m}^c) \mathbf{c} \mathbf{w}' \mathbf{g} \quad (29)$$

$$\mathbf{f}_k = (\mathbf{I} - \hat{m}^k) \mathbf{S} \hat{\mathbf{V}} \mathbf{g} \quad (30)$$

$$\hat{\mathbf{V}} = \hat{\mathbf{V}}_{t-1} [\mathbf{I} + \hat{a}^k (\mathbf{u}_{t-1} - \mathbf{u}^d)] \quad (31)$$

$$\mathbf{f}_G = (\mathbf{I} - \hat{m}^G) \mathbf{G} \quad (32)$$

$$\mathbf{f}_x = (\mathbf{I} - \hat{m}^x) \mathbf{x} \quad (33)$$

$$\mathbf{G} = \mathbf{h} \mathbf{T}' \mathbf{g}_{t-1} \quad (34)$$

$$\mathbf{u} = (\hat{\mathbf{g}}_P)^{-1} \mathbf{g} \quad (35)$$

$$\mathbf{g}_P = \mathbf{g}_{P,t-1} + \hat{\mathbf{R}} (\mathbf{I} - \hat{\delta}) \mathbf{I}_h \quad (36)$$

em que

\mathbf{g} = vetor-coluna do valor da produção dos Grupos I, II, III e IV;

\mathbf{A}^d = matriz 4x4 dos coeficientes técnicos da produção dos Grupos I, II, III e IV, estimados de acordo com o valor dos insumos domésticos, sendo $a_{ij}^d = (1 - m_{ij}^e)a_{ij}$, em que m_{ij}^e representa o coeficiente de penetração das importações dos bens intermediários que o Grupo i fornece ao Grupo j e a_{ij} o coeficiente técnico da produção;

\mathbf{f}_c = vetor-coluna da demanda final por bens de consumo fornecidos pelos Grupos I, II, III, IV;

\mathbf{f}_k = vetor-coluna da demanda final por bens de capital fornecidos pelos Grupos I, II, III e IV;

\mathbf{f}_G = vetor-coluna da demanda final representada pelos gastos do governo. Nesta pesquisa será preservada a estrutural original das tabelas de Recursos e Usos fornecidas pelo IBGE, em que a demanda final do governo é atendida exclusivamente pelo setor de serviços, isto é, pelo Grupo IV, o que significa que os elementos que representam o fornecimento dos demais grupos são iguais a zero;

\mathbf{f}_x = vetor-coluna da demanda final representada pelas exportações de cada grupo;

\mathbf{I}_k = total de gastos com investimentos realizados em cada grupo;

$\hat{\mathbf{m}}^c$ = matriz diagonal 4x4 do *market share* das importações (coeficientes de penetração das importações) dos bens ou serviços de consumo das famílias fornecidos pelas firmas não-residentes dos Grupos I, II, III e IV;

$\hat{\mathbf{m}}^k$ = matriz diagonal 4x4 do *market share* das importações (coeficientes de penetração das importações) dos bens ou serviços de capital fornecidos pelas firmas não-residentes dos Grupos I, II, III e IV;

$\hat{\mathbf{m}}^G$ = matriz diagonal 4x4 do *market share* das importações (coeficientes de penetração das importações) dos bens ou serviços de consumo do governo fornecidos pelas firmas não-residentes dos Grupos I, II, III e IV. No caso da economia brasileira, os valores desses coeficientes são irrisórios, e por motivos de simplificação eles serão abstraídos do modelo.

$\hat{\mathbf{m}}^x$ = matriz diagonal 4x4 do *market share* das importações (coeficientes de penetração das importações) dos bens ou serviços fornecidos por firmas não-residentes dos Grupos I, II, III e IV. Aqui também os valores são irrisórios e serão abstraídos do modelo de simulação.

\mathbf{c} = vetor-coluna da participação de cada grupo nos gastos de consumo das famílias;

\mathbf{w} = vetor-coluna da participação do total de renda convertida em gastos de consumo no valor da produção de cada grupo. Essa participação foi estimada a partir de hipóteses *ad hoc*, utilizando como referência o ano de 2003: nos Grupos I, II e III o total de salários foi aumentado em 50% para captar a renda de capital convertida em consumo; no Grupo IV o acréscimo foi de 10%. Esse procedimento gerou um total de 870 bilhões de reais, que é um valor próximo do total de gastos de consumo nesse ano. A diferença entre o acréscimo dado ao Grupo IV e aos demais grupos foi motivada pela observação de que a renda de capital (o Excedente Operacional Bruto ou EOB) dos Grupos I, II e III representou mais de 70% do valor adicionado, enquanto no Grupo IV essa participação ficou em torno de 50%;

$\hat{\mathbf{V}}$ = matriz diagonal 4x4 da participação do investimento no valor da produção dos Grupos I, II, III e IV. Esta variável será uma *proxy* da propensão marginal a investir de cada grupo;

\mathbf{S} = matriz 4x4 da fração do valor dos investimentos do Grupo i que é atendida pelos bens ou serviços produzidos pelo Grupo j ;

\mathbf{u} = vetor-coluna do grau de utilização da capacidade instalada dos Grupos I, II, III e IV;

\mathbf{u}^d = vetor-coluna do grau de utilização desejado da capacidade instalada dos Grupos I, II, III e IV;

$\hat{\mathbf{a}}^k$ = matriz diagonal 4x4 dos parâmetros de ajustamento da equação de investimento;

$\hat{\mathbf{c}}^k$ = matriz diagonal 4x4 dos coeficientes de capital dos Grupos I, II, III e IV;

$\hat{\mathbf{e}}^p$ = matriz diagonal 4x4 do produto potencial de cada grupo;

δ = matriz diagonal 4x4 da taxa de depreciação;

\mathbf{T} = vetor-coluna da parcela do valor da produção de cada grupo que se destina ao consumo final do governo;

\mathbf{h} = participação de cada grupo no total dos gastos de consumo do governo; e

\mathbf{x} = vetor-coluna do valor das exportações dos Grupos I, II, III e IV.

As equações (29), (30) e (34) decorrem da hipótese de que os gastos de consumo e de investimentos são endogenamente determinados pelo valor da produção, indicando que o crescimento econômico gerado pelo modelo de simulação não será restringido, *a priori*, pelo balanço de pagamento. A equação (31) indica que a trajetória de crescimento poderá sofrer flutuações cíclicas ou trajetórias explosivas, dependendo dos valores dos elementos do vetor \mathbf{a}^k . No presente caso, deve-se notar que o modelo de simulação está sujeito a processos de realimentação circular (*feedback loop*) em outras dimensões, a exemplo do que ocorre entre o nível de produção e de competitividade dos setores que compõem o Grupo II, e que os mecanismos que cumprem a função de não-linearidade do modelo são endogenamente determinados. Por conta deste acúmulo de *feedbacks* e da natureza endógena de suas não-linearidades, existe a possibilidade do modelo gerar trajetórias explosivas, conforme os valores daqueles elementos. Não obstante, foram testados valores de 0,1 a 0,8, e dentro desse intervalo o modelo não produziu trajetórias explosivas, mas o valor de 0,1 gerou taxas de investimentos (relação investimento/valor da produção) mais condizentes com a realidade e, por isto esse valor foi escolhido para compor a equação (31).

Os elementos dos vetores \mathbf{x} , \mathbf{m}^c , \mathbf{m}^k e os m_{ij}^s , que integram a matriz \mathbf{A}^d , serão determinados de acordo com o princípio de Fisher (*replicator equation*), expresso nas equações (26) e (27), que tratam, respectivamente, do *market share* das exportações e do coeficiente de penetração das importações, e de acordo com as hipóteses sobre os fatores determinantes da competitividade externa de cada grupo, expressas no conjunto de equações de (5) a (25).

A “atratividade” (VERSPAGEN, 2002), isto é, as variações da participação de cada grupo na demanda final e os seus efeitos sobre os coeficientes técnicos da produção foram abstraídos do modelo em meio ao receio de tornar enfadonhas as análises derivadas do exercício de simulação, o que poderia obscurecer os elementos fundamentais da dinâmica econômica que integram os modelos kaldorianos e evolucionários.

De acordo com as equações de competitividade, o *feedback loop* entre o aumento da produção e o aumento da competitividade externa ficou restrito aos setores que compõem o Grupo II. O nível de competitividade dos setores que compõem os Grupos I, III e IV é exogenamente determinado em relação às demais variáveis do modelo, excluindo o grau de utilização da capacidade produtiva, o que dá margem para definição de um grande número de cenários centrados

nas mudanças exógenas e, portanto, facilita a contextualização do modelo. Neste caso, a flexibilidade do modelo permite a definição de cenários com maior grau de representatividade da economia brasileira, que é o objeto de análise desta pesquisa.

Nota-se que o conjunto de equações que formam a base do modelo de simulação – equações (28) a (36) – não incorpora elementos exógenos que impõem a não-linearidade (“teto” e “piso”) nas trajetórias produzidas por esse modelo. Se ela ocorrer, será como um produto emergente do modelo. Na ausência de não-linearidades externas, é possível que o modelo gere trajetórias explosivas. Para evitar esse tipo de trajetória, a atenção deverá recair sobre a escolha dos valores para os parâmetros das equações (26), (27) e (31). No presente caso, esses valores estão dentro de um intervalo de valores cujos limites inferiores e superiores são, respectivamente, maiores do que zero e iguais à unidade. No teste de simulação, o modelo não produziu trajetórias explosivas dentro de uma sequência de alguns valores representativos dos pontos extremos e médios desse intervalo. Porém, os valores próximos dos extremos produziram trajetórias pouco condizentes com as trajetórias reais das variáveis contempladas no modelo. Entre os valores testados, os melhores resultados foram obtidos quando os parâmetros das equações (26) e (27) foram igualados a 0,33 e o da equação (31), igualado a 0,1.

Fazendo a substituição de (29), (30), (32), (33) em (28) e lembrando que \mathbf{m}^G e $\mathbf{m}^x = \mathbf{0}$, obtém-se a seguinte expressão:

$$\mathbf{g} = [\mathbf{I} - \mathbf{A}^d - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{m}}^c)\mathbf{c}\mathbf{w}' - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{m}}^k)\mathbf{S}\hat{\mathbf{V}}]^{-1}(\mathbf{x} + \mathbf{G}) \quad (37)$$

Por definição, a equação (37) especifica os determinantes da produção nacional em um dado período t . Os determinantes dos elementos que compõem os vetores \mathbf{x} e \mathbf{G} são de natureza autorregressiva, pois sofrem influência de seus valores defasados, criando um mecanismo de realimentação circular (*feedback loop*) entre a demanda e a oferta para o conjunto de setores, o que é uma das características dos modelos keynesianos. No presente caso, todas as defasagens ocorrerão no curto prazo, digamos, um mês.

A presença do vetor \mathbf{x} na determinação da produção nacional estabelece o mecanismo de “causação circular e cumulativa” (KALDOR, 1970) entre a produção e a competitividade setorial, mecanismo este restrito ao Grupo II. A expansão dos valores de \mathbf{x} depende das variações do *market share* e do crescimento das exportações mundiais de cada grupo. Essa última variável é assumida como exógena, visto que o modelo de simulação representa o caso de uma *economia pequena*, isto é, uma economia cuja atividade de produção e tecnológica não afeta o desempenho da economia mundial (exportações, tecnologia, competitividade, etc.). Esse raciocínio é incorporado ao modelo, conforme a seguinte expressão:

$$\mathbf{x} = \hat{\mathbf{S}}\mathbf{X}^w \quad (38)$$

em que $\hat{\mathbf{S}}$ = matriz diagonal 4x4 do *market share* dos Grupos I, II, III e IV nas exportações mundiais relativas a cada grupo; e \mathbf{X}^w = valor das exportações mundiais relativas a cada grupo.

De acordo com as estatísticas fornecidas pela UNCTAD, as exportações mundiais dos setores que compõem os Grupos I, II, III e IV⁸ cresceram a uma taxa média próxima de 4, 7, 10 e 6% a.a, respectivamente, entre 1980 e 2003. Essas taxas serão incorporadas ao modelo de simulação.

4. A simulação e a análise das propriedades e das trajetórias macroeconômicas produzidas pelo modelo

Na expectativa de que o exercício de simulação gere resultados relevantes para os estudos teóricos e empíricos das interações micro e macroeconômicas prevaletentes no mundo real, os valores dos parâmetros e das variáveis exógenas do modelo e os valores iniciais de suas variáveis endógenas para os quais existem estatísticas oficiais foram definidos, tendo como base a economia brasileira de 2003. A matriz de insumo-produto, derivada das Tabelas de Recursos e Usos do IBGE, constitui a principal base de dados dos coeficientes técnicos da produção e da estrutura de gastos que formam a equação (28), incluindo os coeficientes de penetração das importações. Os coeficientes de capital foram extraídos da matriz de fluxo de capital dos Estados Unidos em 1997. Com relação às equações de competitividade, os valores dos parâmetros e das variáveis que integram essas equações foram extraídos de Silva (2008), inclusive os valores *ad hoc*, para os quais não existem estatísticas oficiais.

A realização do exercício de simulação foi dividida em dois cenários. No primeiro, são analisadas as propriedades macroeconômicas e as trajetórias temporais de alguns indicadores de competitividade que foram produzidas pelo modelo dentro de um contexto em que não ocorrem mudanças nos determinantes exógenos dos níveis de competitividade de cada grupo setorial. No segundo, foi introduzida uma mudança temporal no valor de uma das variáveis exógenas que integram a equação de competitividade do Grupo I. O propósito da escolha do primeiro cenário é a definição de um cenário de referência (*benchmark*). O segundo, por sua vez, foi escolhido tendo em vista o fato de que esse cenário representa uma mudança exógena que gerou aumento substancial na taxa de crescimento da produção total e que é factível dentro do contexto da política econômica

⁸ A compatibilização da taxonomia industrial sugerida nesta pesquisa e a classificação da UNCTAD foram realizadas de acordo com Silva (2008).

brasileira. Desse modo, o exercício de simulação foi conduzido de acordo com os seguintes cenários:

Cenário I:

Valores iniciais extraídos da matriz de insumo-produto brasileira de 2003 e de Silva (2008). Quanto aos fatores da competitividade, deve-se lembrar que a variável q_{2t} é endogenamente determinada a partir do seu valor inicial, o que impõe uma regra de mudança sobre a variável \bar{q}_2 . Nesta pesquisa adotou-se a hipótese de que essa variável cresce a uma taxa de 4 a.a.. Esta hipótese será válida para os demais cenários.

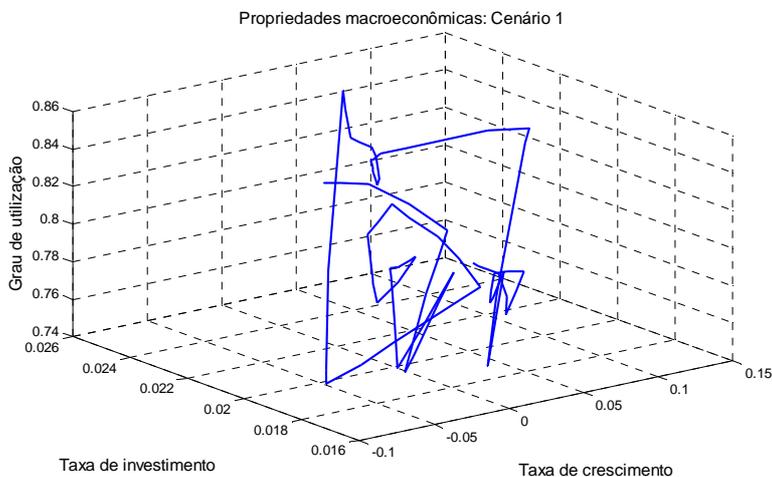
Cenário II:

Valores iniciais iguais aos que foram destacados no Cenário 1, devendo ser ressaltado que a variável efc_{1t} sofre um aumento de 20%, distribuído em um período de três (3), a partir do ano em que ficou definido o seu valor inicial, isto é, a partir de 2003.

As propriedades macrodinâmicas do modelo representadas nos Cenários 1 e 2 para um período de 30 anos estão sumarizadas nas Figuras 1 e 2. Nestas figuras, os valores anuais das taxas de crescimento, do grau de utilização da capacidade produtiva e das taxas de investimento referentes à produção total oscilaram dentro de determinados limites, indicando que os fatores de realimentação circular (*feedback loop*) do modelo não foram capazes de gerar trajetórias explosivas. São vários os fatores que explicam o caráter estacionário das trajetórias dessas variáveis. Entre eles estão o efeito do grau de utilização da capacidade produtiva sobre o nível de competitividade dos grupos setoriais e o peso significativo do nível de competitividade da indústria nacional no cálculo da média do nível de competitividade que entra na equação replicadora do coeficiente de penetração das importações (equação 27).

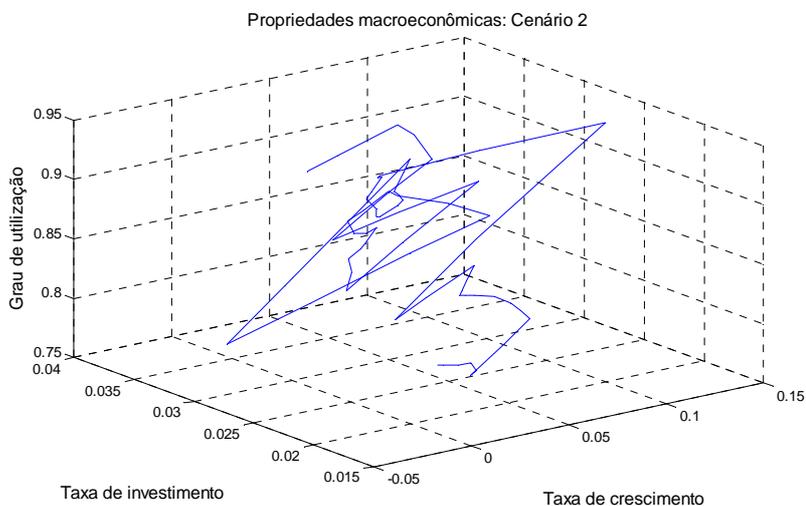
Uma avaliação visual dessas figuras evidencia que a dinâmica do modelo tem como uma de suas propriedades macroeconômicas a observação de que as séries históricas dessas variáveis não apresentam comportamento típico das séries correlacionadas ou cointegradas. Portanto, a análise estatística das séries produzidas pelo modelo não geram, *a priori*, relações de causalidade entre as taxas de crescimento da produção, o grau de utilização da capacidade produtiva e as taxas de investimento, quando não se leva em conta todas as iterações e os mecanismos de *feedback loop* produzidos pelo modelo. A macrodinâmica deste modelo pode gerar diversas combinações de tendências entre essas variáveis. A relação entre o aumento da taxa de crescimento de longo prazo e

o aumento a taxa de investimento que porventura tenha sido observada no Cenário 2 resulta, na verdade, do efeito das mudanças no nível de competitividade que foi observado no Grupo I e das condições em que esse aumento da competitividade refletiu-se sobre a equação dos investimentos.



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 1 - Diagrama de fase 3D das taxas de crescimento, de investimento e do grau de utilização da capacidade produtiva referentes à produção total no Cenário 1.



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 2 - Diagrama de fase 3D das taxas de crescimento, de investimento e do grau de utilização da capacidade produtiva referentes à produção total no Cenário 2.

Outra característica relevante desse modelo está ligada à existência ou não de um “atrator” para as variáveis constitutivas da dinâmica macroeconômica revelada nas Figuras 1 e 2. Pelo que se observa nessas figuras, não é possível extrair uma conclusão definitiva para esta questão. Nesse

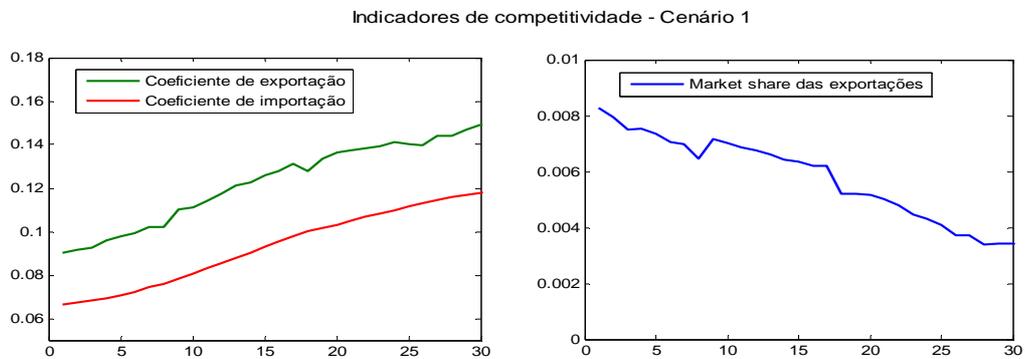
caso, o ideal seria aumentar substancialmente o período amostral da simulação, o que, porém, reduziria a relevância do modelo para estudo da dinâmica macroeconômica no mundo real. O mais consistente com esses resultados é a conclusão de que nesse período de 30 anos a economia representada no modelo não apresenta tendência de convergência em direção à taxa de crescimento de equilíbrio de longo prazo (*steady state*), apesar do caráter estacionário das séries históricas das taxas de crescimento de curto prazo. Este é um resultado plausível para um modelo do tipo kaldoriano, em que existem determinações endógenas nas elasticidades-renda das exportações e das importações (variável q_2) e nos elementos que definem um “teto” e um “piso” nas trajetórias de crescimento da produção setorial (variável u_i). Vale ressaltar que o modelo kaldoriano tradicional pode produzir trajetórias explosivas, dependendo dos valores das elasticidades de renda e de preço, as quais, no entanto, são consideradas irrelevantes do ponto de vista das economias reais.

Quanto à análise das séries históricas dos indicadores de desempenho competitivo produzidas pelo modelo, foram contemplados somente os coeficientes de exportação e de importação e o *market share* das exportações totais. De acordo com a Figura 3, mantida as condições observadas em 2003, haveria tendência de queda do *market share* das exportações e tendência de aumento do coeficiente de penetração das importações. Este resultado é típico das indústrias com elasticidade-renda das exportações menor do que a unidade e elasticidade-renda das importações maior do que a unidade. No entanto, observa-se também o aumento da propensão a exportar dessas indústrias. Neste caso, o resultado não é decorrência de um desempenho competitivo positivo, e sim do fato de que as exportações cresceram em um ritmo maior do que a produção industrial.

Na Figura 4 observa-se que a trajetória dos indicadores de competitividade do Cenário 2 é semelhante à observada no Cenário 1, apesar da tendência de aumento das taxas de crescimento mostrada na Figura 2. Este resultado indica que nem sempre existe correlação positiva entre as elasticidades-renda das exportações e das importações e o crescimento da produção industrial agregada.

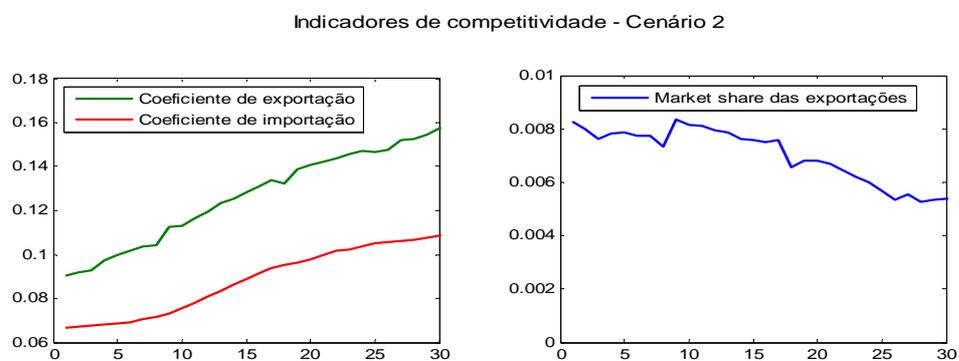
Essa ausência de conexão entre as elasticidades das exportações e das importações totais e as taxas de crescimento econômico, a qual contradiz os *insights* teóricos dos modelos kaldorianos tradicionais, é um produto passível de ser obtido em modelos de crescimento liderado pelas exportações, cuja dinâmica está fundamentada em uma estrutura matemática do tipo insumo-produto e em um mecanismo de causação circular e cumulativa entre a produção industrial e a competitividade externa, prevalecente em determinado conjunto de setores. Neste caso, os ganhos de *market share* setorial no comércio exterior e o crescimento da produção industrial são liderados por alguns setores (os setores do Grupo I) que possuem fortes encadeamentos sobre outros setores,

que, por sua vez, são fortemente dependentes das importações e apresentam baixos níveis de competitividade (os setores do Grupo II e III). Paralelamente, o ritmo de crescimento desses setores e dos setores pouco dependentes das importações (setores do Grupo I e IV) faz com que o crescimento da produção industrial seja maior que o crescimento das exportações.



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 3 - Trajetórias dos coeficientes de exportação e de penetração das importações e do *market share* das exportações referentes à produção total no Cenário 1.



Fonte: dados da pesquisa.

Figura 4 - Trajetórias dos coeficientes de exportação e de penetração das importações e do *market share* das exportações referentes à produção total no Cenário 2.

Várias outras propriedades e trajetórias macroeconômicas que foram geradas nas simulações não serão analisadas aqui. De qualquer modo, os resultados mostram que a macrodinâmica do modelo sugerido neste trabalho produz *insights* teóricos e empíricos sobre as interações micro e macroeconômicas que dificilmente seriam extraídos dos modelos de crescimento econômico que empregam exclusivamente as funções agregativas, inclusive os da abordagem kaldoriana. Conforme

constato anteriormente, a não-cointegração ou ausência de relações de causalidade entre as taxas de crescimento de curto prazo, as taxas de investimento e a taxa de utilização da capacidade produtiva é uma das propriedades macroeconômicas do modelo sugerido nesta pesquisa. Por outro lado, este modelo demonstra que o aumento dos níveis de competitividade no plano setorial pode produzir tendência de aumento nas taxas de crescimento de curto prazo, sem, contudo, produzir mudanças substanciais nas elasticidades-renda das exportações e das importações, ainda que esse modelo esteja de acordo com a hipótese kaldoriana do crescimento econômico liderado pelas exportações.

O fato é que o grau de cointegração ou de causalidade entre as séries históricas dos agregados macroeconômicos produzidas por este modelo pode variar de um cenário para o outro. Os resultados do exercício de simulação e os testes ligados a esta hipótese não foram apresentados neste artigo. O propósito deste artigo foi simplesmente demonstrar que existem especificidades setoriais em termos dos padrões de mudança tecnológica e de concorrência e que a análise macroeconômica não pode negligenciar essas especificidades.

Este modelo fornece também *insights* teóricos relevantes no que diz respeito aos princípios normativos de políticas industriais, tecnológicas e macroeconômicas ligadas à promoção do crescimento econômico via competitividade externa. Grosso modo, sem contar a produção de simulações focada nas políticas públicas, ficou constatado na simulação que existe um leque restrito de políticas públicas de promoção da competitividade que pode produzir um aumento substancial na taxa de crescimento de longo prazo gerada pelo modelo. Os resultados produzidos pelas mudanças nos valores das variáveis exógenas do modelo irão depender não somente de quais variáveis serão alteradas, mas também do valor inicial dessas variáveis. Do ponto de vista normativo, isto implica que os resultados das políticas públicas dependem não somente do desenho dessas políticas, como também do contexto em que elas são aplicadas. Em outros termos, uma política pública que foi bem-sucedida em termos de promoção da competitividade e do crescimento de um determinado setor em um determinado período não será necessariamente bem-sucedida em outro setor e, ou, outro período. Com isso, chega-se à conclusão de que a definição das políticas públicas de promoção do crescimento industrial e da competitividade não pode prescindir de um estudo aprofundado da dinâmica competitiva, assim como dos encadeamentos estruturais, que prevalece em cada setor da economia no momento que essas políticas serão implementadas.

5. *Considerações finais*

O reconhecimento da existência de padrões setoriais de mudança tecnológica e de concorrência é um ponto decisivo para as análises das interações micro e macroeconômicas nos modelos de crescimento econômico liderado pelas exportações. Neste artigo o conceito de regime tecnológico foi utilizado como referência teórica para análise dos determinantes do desempenho

tecnológico e do nível de competitividade de cada indústria. Com base nessas análises, chegou-se à conclusão de que existem pelo menos três grupos industriais que se distinguem em termos dos fatores e dos mecanismos que regem o desempenho tecnológico e a competitividade das firmas que formam essas indústrias. Os setores de serviços formaram um grupo à parte, devido à carência de estudos teóricos e empíricos sobre os padrões de mudança tecnológica e de concorrência desses setores.

Em razão desse reconhecimento, foi formulado um modelo de crescimento liderado pelas exportações do tipo insumo-produto 4x4, possuindo cada um desses grupos um conjunto específico de variáveis determinantes do seu nível de competitividade. No que se refere à dinâmica da competitividade, a análise ficou restrita ao uso do princípio de Fisher (*replicator equation*). Com relação à formação da renda e aos padrões de conduta das famílias e do governo em suas decisões de gastos, o modelo segue os pressupostos usados nos modelos kaldorianos tradicionais.

A análise deste modelo foi realizada por meio das técnicas de simulação. A relevância teórica e empírica dessa análise teve como base o fato de os valores de uma parte significativa dos parâmetros e das variáveis exógenas do modelo, assim como uma parte significativa dos valores iniciais de suas variáveis endógenas, terem sido atribuídos de acordo com as estatísticas oficiais referentes à economia brasileira de 2003. Não obstante, o modelo não foi integralmente calibrado nem submetido aos testes de relevância de suas hipóteses. Além dessa lacuna, não foi incorporada ao modelo a dinâmica de preços, do câmbio e do fluxo de capital externo e também não foram levados em conta os componentes autônomos dos gastos de consumo, investimento, exportações e importações. Em síntese, o modelo apresentado neste artigo possui relevância teórica e empírica, mas não possui elementos suficientes para replicar as trajetórias evolutivas reais da economia brasileira nas últimas décadas.

A relevância deste modelo pode ser buscada na sua capacidade de demonstrar a importância da incorporação das especificidades setoriais em termos de mudança tecnológica e de competitividade na formulação dos modelos de análise macroeconômica. De acordo com os resultados desta pesquisa, essa incorporação implicou a formulação de um modelo de crescimento econômico liderado pelas exportações com uma estrutura matemática e com resultados analíticos radicalmente distintos daqueles que são observados nos modelos kaldorianos tradicionais. No caso específico dos resultados apresentados neste artigo, o modelo gerou, em todos os cenários analisados, séries históricas estacionárias e não-correlacionadas referentes às taxas de crescimento da produção industrial, de investimento e de utilização da capacidade produtiva do conjunto de setores. Por outro lado, estes resultados indicam que a dinâmica do crescimento da produção industrial pode produzir resultados aparentemente ambíguos em termos da evolução dos indicadores de competitividade. Nos cenários analisados nesta pesquisa, foi observada a tendência de aumento

do coeficiente exportação do conjunto das indústrias, que foi compartilhada com a tendência de redução do *market share* das exportações e de aumento do coeficiente de penetração das importações.

Outra conclusão importante diz respeito aos princípios normativos das políticas setoriais e macroeconômicas voltadas para o crescimento da produção industrial. Entre os principais, estão a necessidade do reconhecimento das interconexões entre as políticas micro e macroeconômicas, decorrentes das interconexões entre as dimensões micro e macroeconômicas ligadas ao processo de crescimento econômico, e a possibilidade de fracasso das políticas públicas desenhadas para um determinado contexto (no âmbito do setor, do local e do tempo) e que tentam copiar as políticas públicas que foram bem-sucedidas em outros contextos.

6. Referências Bibliográficas

- Amable, B. (1993). National effects of learning, international specialization and growth path. In: Foray, D. And Freeman, C. (1993). *Technology and the Wealth of Nations*. London: Pinter Publishers.
- Amable, B. and Verspagen, B. (1995). The role of technology in market shares dynamics. *Applied Economics*, v. 27, pp. 197-204.
- Chiaromonte, F; Dosi, G. (1993). The micro foundations of competitiveness and their macroeconomic implications. In Foray, D and Freeman, C. *Technology and the Wealth of Nations. The dynamics of constructed advantage*, pp. 107-134.
- Cohen, W. & Levinthal, D. (1989). Innovation and learning: two faces of R&D. *The Economic Journal*. v. 99, pp. 569-596.
- Dosi, G. (1988). Sources, procedures and microeconomic effects of innovation. *Journal of Economic Literature*, n. 26, set, pp. 1120-1171.
- Dosi, G, Pavitt, K. And Soete, L (1990). *The Economics of Technical Change and International Trade*: Brighton: Wheatsheaf.
- Fagerberg, J. (1988). International competitiveness. *The Economic Journal*, v. 98, pp. 355-374.
- _____ (2003). *The dynamics of technology, growth and trade: a schumpeterian perspective*. Working Paper n. 25/2003. Centre for Technology, Innovation and Culture. University of Oslo.
- Ioannidis, E.; Schreyer, P. (1997). Technology and Non Technology Determinants of Export Share Growth. *OECD Economic Review*, n. 28: 169-205.
- Kaldor, N. (1970). The case for regional policies. *Scottish Journal of Political Economy*, vol. 27, n. 3. November. Reimpresso Kaldor, N. (1978). *Further Essays on Economic Theory*. New York: Holmes & Meier Publishers.
- Silverberg, G. (1987). Technical progress, capital accumulation and effective demand: a self-organization model. In: Batten, D.; Casti, J. and Johansson, B. (eds). *Economic Evolution and Adjustment*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 116-143.
- Silva, E. H. (2008). *Crescimento econômico, competitividade industrial e desempenho tecnológico: uma abordagem kaldoriana-evolucionária*. Tese de doutorado. Instituto de Economia da UFRJ. Rio de Janeiro.
- Silverberg, G., Verspagen, B. (1994). "Learning, innovation and economic growth: a long-run model of industrial dynamics". *Industrial and Corporate Change*. v. 3, n. 1.
- Verspagen (2002). Evolutionary macroeconomics: a synthesis between neo-schumpeterian and post-keynesian lines of thought. *The Journal of Evolutionary Modeling and Economic Dynamics*, n 1007.
- Verspagen, B. e Wakelin, K. (1997). Trade and technology from a schumpeterian perspective. *International Review of Applied Economics*, v. 11, n. 2), p.p. 181-194.