

DIFUSÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: UMA APLICAÇÃO DO MODELO EVOLUCIONÁRIO DE CRESCIMENTO AGRÍCOLA*

*José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho¹
Antônio Carvalho Campos²*

Resumo

O estudo visa analisar o crescimento da economia agrícola sob o enfoque da teoria evolucionária. As firmas devem passar por um teste de sobrevivência imposto pela concorrência no mercado. O referencial teórico a ser objeto de estudo, contrário às concepções ortodoxas, baseia-se nos pressupostos de incertezas do ambiente, racionalidade limitada dos agentes, no desequilíbrio dinâmico e na instabilidade estrutural. No intuito de comparar a evolução tecnológica na agricultura brasileira e do Estado de Minas Gerais, procurou-se, de um lado, realizar uma análise de métodos regionais e, por outro, aplicar o **Modelo Evolucionário de Crescimento Agrícola**. Desta maneira, podem-se identificar padrões de comportamento das mudanças técnicas na agricultura. Para construção do modelo, foi preciso definir uma nova concepção do capital. O capital na agricultura está dividido em dois tipos: o capital estoque como representativo das benfeitorias, máquinas e equipamentos, e o capital fluxo como sendo os defensivos, fertilizantes e sementes. O modelo mostra que, em um ambiente de competição tecnológica, sobrevivem as cadeias produtivas mais inovadoras em detrimento da marginalização das imitadoras, elevando assim as participações de mercado e, consequentemente, os lucros de monopólios. Na ausência de mudanças tecnológicas, a economia caminha em direção a um equilíbrio estático, no qual a participação de mercado e a taxa de lucro tendem à equalização entre as firmas. Enfim, embora ainda preliminares os resultados do modelo, procurou-se estabelecer as bases para discussão do paradigma evolucionário inserido no contexto agrícola.

Palavras-chave: Teoria evolucionária, dinâmica agrícola e competição tecnológica.

* Gostaríamos de agradecer de forma especial ao Professor Carlos Maurício de Carvalho Ferreira, no auxílio da modelagem matemática, e ao Rafael Giannetti Viotti, na ajuda pela programação computacional. Se não fosse a contribuição decisiva destes dois profissionais e amigos, não seria possível apresentar os resultados preliminares do Modelo Evolucionário de Crescimento Agrícola - MECA. Embora significativa à contribuição recebida, não nos eximimos da responsabilidade pelas interpretações feitas bem como pelos erros e omissões que por acaso estejam aqui contidos.

¹ Professor Universitário e Pesquisador Associado do Grupo de Inovação do IE-UFRJ. E-mail: jrvieirafilho@ie.ufrj.br

² Professor Titular da UFV. E-mail: accampos@ufv.br

Introdução

Uma das principais tarefas intelectuais no campo da teoria e história econômica tem sido, certamente, compreender de que maneira as mudanças tecnológicas e o complexo das organizações econômicas transformam o curso do crescimento econômico. É nesse cenário que a mudança técnica passa a ser compreendida dentro de um processo dinâmico e evolutivo do sistema econômico.

O estudo aqui realizado visa inserir a economia agrícola sob o enfoque da teoria evolucionária, como apresentado por VIEIRA FILHO (2004). As firmas devem passar por um teste de sobrevivência imposto pela concorrência no mercado. O referencial teórico a ser objeto de estudo, contrário às concepções ortodoxas, baseia-se nas pressuposições de incertezas do ambiente, racionalidade limitada dos agentes, no desequilíbrio dinâmico e na instabilidade estrutural. No intuito de comparar a evolução tecnológica na agricultura brasileira e do Estado de Minas Gerais, procurou-se, de um lado, realizar uma análise de métodos regionais e, por outro, aplicar o **Modelo Evolucionário de Crescimento Agrícola**. Desta maneira, podem-se identificar padrões de comportamento das mudanças técnicas na agricultura. Para construção do modelo, foi preciso definir uma nova concepção do capital. O capital na agricultura está dividido em dois tipos: o capital estoque como representativo das benfeitorias, máquinas e equipamentos, e o capital fluxo como sendo os defensivos, fertilizantes e sementes.

O crescimento agrícola depende do crescimento do capital. Entretanto, para conciliar esta nova concepção de capital, o crescimento, por exemplo, do capital estoque está limitado ao crescimento do capital fluxo, e vice versa. Por fim, em um ambiente de competição tecnológica, o modelo procura mostrar que a competição pelos recursos produtivos nos complexos agroindustriais leva à busca permanente de inovações, caracterizando uma dinâmica evolucionária entre as atividades e uma maior concentração do capital setorial e regional.

1. Teoria Evolucionária do Crescimento Econômico

A teoria evolucionista foi apresentada, originalmente, em meados do século XIX, para tentar explicar a origem e a evolução das espécies. Na realidade, *Charles Robert Darwin*³ procurou evidenciar, de forma metódica, a evolução progressiva das espécies, a seleção

³ Estudioso em ciências naturais, nascido em 1809, escreveu a teoria evolucionista, a qual foi publicada pela primeira vez em 1859, com o título original em inglês “*On the origin of species by means of natural selection*”. Faleceu em 1882, obtendo o seu reconhecimento por toda a sociedade internacional. Sua obra pode influenciar não somente a biologia, mas também outras áreas, inclusive no tocante à economia.

natural e a sobrevivência do mais apto, sendo a origem das espécies descendente de um ancestral comum. Para DARWIN (2002, p.110),

“Embora a natureza despenda longos períodos de tempo para o trabalho da seleção natural, esse tempo não é indefinido, pois como todos os seres vivos estão lutando, por assim dizer, para se apoderarem de cada lugar na economia da natureza, se alguma espécie não se tornar modificada e não alcançar um grau de aperfeiçoamento correspondente ao de seus competidores, ela logo será extermínada.”

Darwin não só citou como também afirmou que ninguém como o economista *Thomas Robert Malthus*⁴, no *Ensaio sobre a População* de 1798, transmitia de modo tão singular a luta pela existência das espécies. Neste ensaio, colocou-se a polêmica descrição da humanidade que deveria lutar pelos recursos alimentares disponíveis em busca de sua sobrevivência. A tese malthusiana era de que a população cresceria à taxa superior à da produção de alimentos e dos meios de subsistência, o que conduziria ao fim inevitável do homem de pobreza generalizada.

As evoluções orgânica e social eram, para Darwin, uma fusão do domínio entre a competição e a seleção malthusianas. Quanto maior fosse a desproporção entre o crescimento da população e dos alimentos, mais intensas seriam a miséria e a fome seguidas de pestes, epidemias e guerras, o que era uma tentativa natural de reequilibrar temporariamente o ambiente. A diminuição dos alimentos constituiria, então, em uma forma de frear o crescimento demográfico. Assim, “*Darwin percebeu que uma luta idêntica ocorria em toda a natureza e compreendeu que essa luta poderia ser transformada em uma força verdadeiramente criativa*” (DESMOND & MOORE, 2000, p.284).

É importante registrar que as estatísticas não confirmaram o pensamento malthusiano, seja no crescimento da população ou mesmo da produção de alimentos. De um lado, o uso de métodos anticoncepcionais, já consagrados no final do século XIX, propiciou uma redução significativa do crescimento populacional. Por outro, a introdução de técnicas mais refinadas de cultivo e tratamento do solo bem como as descobertas de adubos químicos e de grãos híbridos permitiram um notável crescimento da produtividade agrícola⁵.

⁴ Thomas Robert Malthus (1766-1834), clérigo inglês e considerado como o pai da demografia, ficou famoso por seu *Ensaio sobre a população* (1798) e pelo *Princípios de economia política* (1820). No primeiro, Malthus deixa patente seu pessimismo quanto à possibilidade de felicidade humana em vida. Nesse último, antecipou muito daquilo que seria apresentado por Keynes na Teoria Geral, inclusive a realização de obras públicas para aumentar a “demanda efetiva”, expressão que cunhou e que se transformou em peça fundamental para a análise keynesiana.

⁵ É importante observar que alguns dos avanços tecnológicos na agricultura foram desenvolvidos somente após a publicação da última e sexta edição do ensaio de Malthus, em 1826, não havendo, portanto, tempo suficiente para realizar modificações no cerne da tese original.

Todavia, sob o ponto de vista de *Joseph Alois Schumpeter*⁶, aquele que viria a ser referência nos estudos econômicos evolucionários, notadamente no século XX, a influência econômica ao pensamento darwiniano não foi tão significativa quanto aparenta ser. A este respeito, quanto à inspiração de Darwin pela teoria da população de Malthus, tem-se o seguinte comentário;

*“(...) Parece muito arriscado, para dizer a verdade, discordar da afirmação de uma pessoa sobre o seu próprio processo mental. Todavia, acontecimentos ou sugestões bastante insignificantes podem dar lugar a uma determinada corrente de pensamento; o próprio Darwin não incluiu a obra de Marx em seu *Historical Sketch* já mencionado, embora a ela se referisse em sua introdução; e a simples afirmação de que “nascem mais indivíduos de cada espécie do que podem, provavelmente, sobreviver” (o que, ademais, é um malthusianismo duvidoso), nada mais é, em si mesmo, do que uma trivialidade. Receio, portanto, que o serviço prestado pela Economia à evolução da doutrina darwiniana guarde uma certa analogia com o serviço prestado a Roma pelos célebres gansos do Capitólio”* (SCHUMPETER, 1964, p.81).

Segundo SCHUMPETER, *op. cit.*, a única teoria econômica genuinamente evolucionista, na grandeza de sua concepção, que o século XIX produziu, foi a análise proposta por *Karl Marx*⁷. A visão de uma evolução imanente do processo econômico, em que se tenha uma acumulação capitalista, a qual produz uma situação social insustentável, proporciona o surgimento de uma outra forma de organização social. Dessa forma, não descartando as ambições filosóficas da abordagem marxista, tanto o materialismo histórico e quanto o determinismo histórico são mais do que um simples instrumental analítico dos fatos. Porém, é importante compreender, a fim de evitar confusões, que o evolucionismo marxista nada tinha a ver com o evolucionismo darwiniano, e nenhum dos dois empresta qualquer apoio ao outro. Nesse sentido, a influência darwiniana na economia se deu de fato somente no século posterior.

No cenário intelectual do período seguinte, após a difusão da proposta darwiniana, a sociedade passa a ser entendida como um sistema “orgânico” e não “mecânico”, uma analogia aos organismos biológicos. Destarte, pode-se perfeitamente trabalhar com um enfoque evolucionário próprio da economia, em que as firmas competem entre si e que apenas as mais adaptadas sobreviverão por meio de um processo seletivo no ambiente de mercado.

⁶ Autor de obras como *Teoria do desenvolvimento econômico* (1912) e *Capitalismo, socialismo e democracia* (1942), Joseph Alois Schumpeter (1883-1950), economista e sociólogo austriaco radicado nos Estados Unidos, ofereceu uma importante discussão na teoria do desenvolvimento capitalista, centrada em grande parte nos estudos de ciclos econômicos. Além disso, defendia a idéia de que a introdução de inovações tecnológicas contribuía para as flutuações econômicas.

⁷ Mais conhecido por diagnosticar as desordens do mundo capitalista, Karl Marx (1818-1883) via a história como uma luta contínua entre classes sociais. As suas obras mais importantes foram *O manifesto comunista*

No campo da história econômica, uma das principais tarefas intelectuais tem sido entender de que forma o complexo das mudanças tecnológicas e das organizações econômicas afetam o curso da humanidade. Assim, como apresentado por BURNHAM (1997), Darwin pode ajudar a economia, ou melhor, a genética evolucionária auxilia no entendimento dos fatos e comportamentos econômicos.

A influência darwiniana foi tão forte que o transbordamento para outros ramos do saber foi inevitável, notadamente no desenvolvimento das teorias econômicas associadas ao crescimento. Embora, no âmbito do *mainstream* da ciência econômica, tenham-se desenvolvido teorias de crescimento econômico, é preciso incorporar ao debate, sob a perspectiva não-ortodoxa, elementos que possam ampliar o poder explicativo dessas teorias. Nos modelos ortodoxos, a questão tecnológica é tratada como um resíduo (uma variável exógena), não sendo, portanto, alvo de discussão a origem e a dinâmica do desenvolvimento tecnológico⁸. Conforme NELSON & WINTER (1982, p.276),

“(...) In recent years there has developed a small class of models attempting to formalize Schumpeter's contribution but preserving some variant of the orthodox premises of profit maximization and equilibrium. Although these models have yielded some illuminating insights, they ignore essential aspects of Schumpeterian competition – the fact that there are winners and losers and that the process is one of continuing disequilibrium. An evolutionary analysis seems required if the model is to recognize those facts”.

No enfoque mais generalizado, a corrente do pensamento evolucionário encontra suas raízes no campo biológico, no entendimento da evolução das espécies por *Darwin*. Todavia, no foco econômico, a concepção evolutiva da economia advém desde os trabalhos de *Malthus* e *Marx* (como já referidos) até as escolas de *Veblen*⁹, *Schumpeter* e mesmo

(1848), em co-autoria com Friedrich Engels, e *O capital* (1867), sendo a maior parte deste trabalho publicado após a sua morte.

⁸ Em artigo clássico publicado em 1956, “A contribution to the theory of economic growth”, Robert M. Solow, Prêmio Nobel de Economia em 1987, procurou criar as bases para uma discussão teórica do desenvolvimento econômico por meio de um modelo de crescimento. No ano seguinte, em 1957, elaborou artigo intitulado “Technical change and the aggregate production function” que explicava como a poupança, o crescimento demográfico e o progresso tecnológico afetavam o aumento do produto. Neste último trabalho, SOLOW (1968, p.179) apresenta como uma de suas principais conclusões a relativa importância atribuída à mudança tecnológica, sendo que “Gross output per man hour doubled over the interval, with 87 ½ per cent of the increase attributable to technical change and the remaining 12 ½ per cent to increased use of capital”. Embora reconhecendo a importância da questão tecnológica, a explicação do crescimento econômico é dada de forma estática pelos fatores produtivos capital e trabalho, sendo residual (ou mesmo uma “medida da ignorância humana”) a determinação do aumento produtivo resultante da tecnologia. Se a mudança tecnológica é a variável que explica em sua maior parte as variações no produto, a produtividade do capital não pode ser considerada como um resíduo, mas sim determinada de forma endógena em qualquer modelo de crescimento.

⁹ Thorstein Bunde Veblen (1857-1929), economista e sociólogo norte-americano, criticou a idéia de equilíbrio no pensamento econômico neoclássico, argumentando que os fenômenos sociais estavam envoltos por um ambiente de constante mudança.

*Keynes*¹⁰, os quais anteciparam muito das idéias contemporâneas da teoria evolucionária do crescimento econômico. A idéia de que a competição de mercado é análoga à competição biológica e que os negócios das firmas devem passar por um teste de sobrevivência imposto pelo mercado tem sido parte de toda a discussão da concepção evolutiva da economia. Porém, a primeira contribuição mais firme do ponto evolucionário remonta ao artigo de Alchian (1950), “*Uncertainty, Evolution and Economic Theory*”¹¹.

Posteriormente, de uma maneira mais sistematizada, é a corrente evolucionária identificada por NELSON & WINTER (1982) que introduz as noções de busca (*search*) por inovações, a partir das estratégias empresariais, e pela seleção (*selection*) destas mesmas inovações, pelo ambiente de mercado¹². O processo dinâmico de concorrência, por parte das empresas, é definido pelas estratégias inovativas e por critérios de eficiência produtiva. Por outro lado, no âmbito do mercado, tal processo é estabelecido por pressões competitivas (ameaça à entrada) e fatores favoráveis à concorrência e à competitividade. Desde a sistematização de uma teoria da economia evolucionária no início da década de 80, vários autores procuraram seguir a abordagem difundida por esta corrente. Dentre esses autores, destacam-se os trabalhos DOSI (1984), DOSI *et al.* (1988), SAVIOTTI & METCALFE (1991) e POSSAS *et al.* (2001).

A noção ortodoxa do pensamento econômico associa concentração industrial a uma falha no processo de competição do mercado, por um número reduzido de grandes firmas que atuam de forma interdependente no que se refere à tomada de decisões sobre os preços, a produção e outras questões de interesse mútuo. A distorção no processo competitivo deve-se à alocação sub-ótima dos recursos, uma vez que os preços estabelecidos tendem a ser superiores ao preço de equilíbrio do mercado com um número elevado de firmas (KON, 1999).

Neste estudo, pretende-se enfocar, como sugerido por POSSAS (2002b), a questão da concorrência schumpeteriana, a qual se insere numa visão dinâmica e evolucionária do funcionamento da economia capitalista. Para entender o crescimento diferenciado do agronegócio brasileiro e sua concentração regional, é necessário buscar microfundamentos

¹⁰ John Maynard Keynes (1883-1946), economista inglês, ficou mais conhecido por seu trabalho *A teoria geral do emprego, do juro e da moeda* (1936). Ao identificar o celebrado otimismo clássico como inatingível, advogava o pensamento de tentar explicar o paradoxo da pobreza em meio à abundância. Para os leitores que queiram ter uma idéia breve e acurada da essência da Teoria Geral, recomenda-se a leitura inicial do capítulo 3 e, em seguida, dos capítulos 8 ao 13 e o 18.

¹¹ Em suma, a influência de Alchian tem sido notada em uma série de áreas da economia, como a competição econômica, a organização industrial e a teoria monetária e financeira. Para uma discussão da abrangência e importância do trabalho de Alchian, ver a coletânea de artigos em LOTT JR. (1997).

¹² Esta corrente pode ser identificada por neo-schumpeteriana, visto que retoma o debate acerca das inovações tecnológicas e incorpora, ao mesmo tempo, o paradigma evolucionário em suas análises.

que possam determinar as trajetórias do desenvolvimento, destacando-se os fatores endógenos explicativos da evolução econômica. Como fundamentos teóricos, no tocante à análise proposta, é importante rejeitar os pressupostos de equilíbrio do mercado e de racionalidade substantiva, na qual os agentes maximizam a função-objetivo (utilidade, lucros) e estabelecem uma consistência de preferências individuais. A teoria do desenvolvimento econômico a ser objeto de estudo deve estar, portanto, relacionada com os pressupostos teóricos de incerteza forte, de instabilidade estrutural e desequilíbrio dinâmico, distanciando-se das pressuposições clássicas de expectativas racionais e de equilíbrio.

É claro que o relato acerca do conceito de competição abrange dois conflitos de idéias, competição como estrutura e competição como um processo. Segundo METCALFE, RAMLOGAN & UYARRA (2003, p.10),

"In the first, competition is a statement about the structure of the industry not a statement of the characteristics of the individual firms that may as well be treated as identical. In the second it is the properties of the firms that matter crucially in determining how much rivalry exists and rivalry is measured by the changes in the positions of the different firms. How these differences are resolved into patterns of structural change depends on the coordinating role of the relevant markets."

É essa perspectiva de desenvolvimento que foi trabalhada. Na visão evolucionária, a intensidade da competição é mensurada pelas mudanças dadas pelo mercado e pelas posições relativas dos produtores rivais. Nos mercados em que as participações são estáveis, a disputa por vantagens competitivas pode não existir. Então, pode-se dizer que as participações relativas são mudadas e a taxa da mudança estrutural proporciona um cálculo da intensidade de competição.

A sobrevivência da firma no ambiente competitivo está associada à capacidade de aprendizado em alterar as suas rotinas e manter, simultaneamente, as suas metas, seja, por exemplo, via aumento de participação de mercado ou de elevação da taxa de lucro. A partir do momento em que as metas não são alcançadas, a firma deverá adotar novos comportamentos estratégicos, os quais dependem não só de informações disponíveis no mercado, como também da criação de novos conhecimentos. Ao contrário do que a teoria convencional postula, as firmas podem neste processo incorrer em erros sistemáticos, que decorrem do fato das escolhas estarem diante de um contexto de incerteza. Há tanto as incertezas decorrentes da ausência de informações (*substantive uncertainty*), quanto às limitações do mecanismo de aprendizado dos agentes (*procedural uncertainty*). Em resposta ao cenário de incerteza, os agentes são levados a adotar rotinas e regras estáveis de decisão, no intuito de orientar as suas ações (DOSI & EGIDI, 1991, CROCCO, 1999 e CERQUEIRA, 2000).

As decisões econômicas que envolvem a produção presente e o investimento futuro ocorrem num ambiente de elevada incerteza. As firmas são rivais e produzem em um mercado competitivo. O processo de produção dá-se ao longo do tempo e requer a utilização de novas tecnologias, as quais implicam em imobilização parcial de capital. O princípio da demanda efetiva está associado ao comportamento da economia, mediante o gasto de consumo e o dispêndio de investimento. De um lado, o gasto em consumo seria uma função estável da renda. Por outro, o dispêndio em investimento seria uma função instável da taxa de juros e da taxa de retorno, haja vista que a taxa de retorno depende das expectativas de longo prazo. É esta dependência em relação às decisões futuras que cria, no curto prazo, as flutuações econômicas, notadamente ao enfocar os investimentos (variável decisiva nas estratégias inovadoras).

No intuito de adaptar o instrumental analítico, a utilização dos pressupostos heterodoxos na agricultura é uma forma de transpor a idéia clássica de que a firma agrícola não poderia obter rendimentos marginais crescentes. Nesse sentido, foram trabalhadas as correntes evolucionárias neo-shumpeterianas de uma abordagem micro-dinâmica das firmas, as quais se associam aos resultados do princípio da demanda efetiva, diretamente ligada à volatilidade e instabilidade do investimento. Sob condições de incerteza e complexidade das decisões dos agentes, deve-se enfocar o conceito de racionalidade limitada (*bounded rationality*), uma vez que o ambiente restringe a maximização econômica. A limitação decorre da complexidade do ambiente que envolve as decisões dos agentes, que não conseguem atingir a racionalidade plena. De acordo com Simon¹³, citado por WILLIAMSON (1993, p.92), “(...)*human agents are assumed to be intendedly rational, but only limitedly so* (...).” Quanto ao processo de decisão racional dos agentes, a limitação da racionalidade permite conciliar a lógica da racionalidade instrumental com a questão da incerteza forte.

Segundo POSSAS (2002a, p.419), “*A concorrência schumpeteriana caracteriza-se pela busca permanente de diferenciação por parte dos agentes, por meio de estratégias deliberadas, tendo em vista a obtenção de vantagens competitivas que proporcionem lucros de monopólio (...)*”. Como num processo evolutivo, a concorrência implica em um surgimento endógeno de diversidade no sistema econômico, de variadas formas ou dimensões. A concorrência mais tradicional se dá via preço. Todavia, o ambiente competitivo pode-se formar pela diferenciação do produto e por inovações no sentido amplo (novos produtos e processos, mudança na organização produtiva, novas tecnologias e novos

¹³ SIMON, Herbert. [1947] 1961. *Administrative behavior*, 2.ed. New York: Macmillan.

mercados). Portanto, é no intuito de buscar lucros extraordinários que o investimento cria uma dinâmica própria, a ponto de gerar inovações e maior competição.

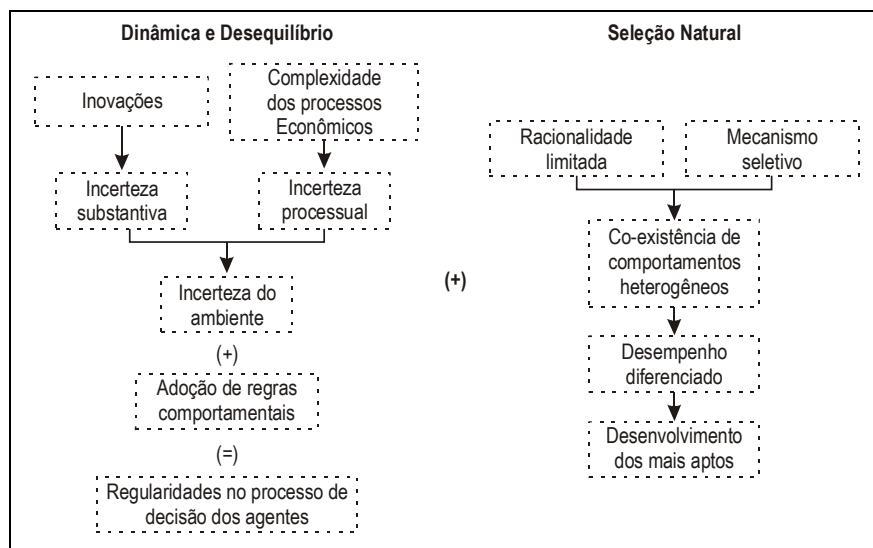


FIGURA 1 – Paradigma evolucionário como a união de um processo dinâmico e em desequilíbrio com a seleção natural

Fonte: Elaboração dos autores.

Conforme a FIGURA 1, apresenta-se o paradigma evolucionário como sendo uma relação conjunta de um processo dinâmico e em desequilíbrio com os mecanismos seletivos do mercado. Dados que os processos são não-ergódicos¹⁴, é impossível formar expectativas racionais quanto a um estado estacionário. O conhecimento passado não é suficiente para prever um futuro dinâmico. A mudança permanente nos processos econômicos torna inviável uma decisão ótima. Conseqüentemente, o comportamento observado dos agentes seria não uniforme na tentativa de realizar um ajuste imediato e sistemático a cada nova informação, comportamento de “*satisfying*”.

Se for afirmado que os agentes são dotados de uma racionalidade limitada, pode-se, assim, imaginar um comportamento regular dos agentes derivado de uma situação de desequilíbrio. Diante das incertezas substantiva e processual, a adoção de regras comportamentais cria regularidades no processo de decisão dos agentes. É exatamente por estas regularidades que se permite a aplicação do método científico de análise na existência de incertezas. Todavia, dinâmica e desequilíbrio não são condições suficientes para determinar o paradigma evolucionário. Caso não exista um mecanismo de seleção, mesmo que o sistema seja heterogêneo, a evolução seria impossível. Desta forma, o paradigma evolucionário

¹⁴ Não-probabilístico, ou melhor, os processos são envoltos em um emaranhado de incertezas. Os resultados são conhecidos, mas não as suas respectivas probabilidades de ocorrência. Caso as probabilidades sejam conhecidas, fala-se em risco, no caso ergódico. Segundo CAVALCANTI FILHO (2002, p.19), “*ergodicidade significa que as médias das distribuições de um processo estacionário ao longo do tempo convergem para um mesmo valor que a média das distribuições de várias amostras extraídas num mesmo ponto do tempo*”.

necessita não só de um processo dinâmico e desequilibrado, mas também de um mecanismo seletivo de mercado. É por meio deste mecanismo que se pode identificar o desenvolvimento dos agentes mais aptos. Na ausência deste mecanismo de seleção, não há organização para o sistema como um todo (CAVALCANTI FILHO, 2002).

2. Modelo Evolucionário de Crescimento Agrícola – MECA

Seguindo a tendência da modelagem evolucionária contemporânea¹⁵, foi utilizada uma adaptação do modelo seminal apresentado por NELSON & WINTER (1982). Para essa adaptação, procura-se integrar uma análise setorial tanto no esforço inovativo quanto no processo de aprender-fazendo (*learning by doing*)¹⁶, acrescentando características do mercado agrícola. Para tanto, foram analisadas as trajetórias randômicas futuras e determinadas as variáveis de produção, preços e lucros, bem como as decisões de investimento (havendo restrições financeiras a este investimento) e os procedimentos randômicos de busca tecnológica, seja por imitação ou inovação.

Para a agricultura, optou-se por definir dois tipos de capital: (i) estoque, e (ii) fluxo. O primeiro diz respeito àqueles que possuem uma menor taxa de depreciação e, como exemplo, tem-se as benfeitorias, máquinas e equipamentos agrícolas. Já o segundo procura especificar aquele tipo de capital que é consumido quase que inteiramente (efeito residual) no processo produtivo em um dado período de plantio e colheita, a exemplo do que acontece com os fertilizantes e defensivos e as sementes. Nesse caso, com o maior uso de implementos e máquinas agrícolas, seguindo a taxonomia determinada por PAVITT (1984), a agricultura pode ser considerada como sendo um setor dominado pelos fornecedores (*supplier dominated*). Dessa maneira, trabalha-se com a tecnologia embarcada. A relação do setor produtor agrícola com o setor fornecedor de insumos tecnológicos se dá mediante contratos, em que a idéia de custos de transação está presente e pode ser entendida como aqueles custos existentes no rompimento de uma relação contratual em sua totalidade. Assim sendo, tanto para o capital estoque quanto para o capital fluxo, as atividades de P&D são de grande importância contratual, no intuito de aumentar a produtividade agrícola.

Formalmente, seguindo abordagem metodológica de VIEIRA FILHO (2004), o Modelo Evolucionário de Crescimento Agrícola – MECA –define conceitos novos, os quais possam se adequar à análise da realidade agrícola¹⁷. Além disso, com o enfoque proposto de

¹⁵ Para uma seleção de artigos referentes à inovação, à organização e à dinâmica econômica, ver DOSI (2000).

¹⁶ O esforço inovativo é analisado por NELSON & WINTER (1982) e os fundamentos do processo de aprendizado por Silverberg *et al.* (1988), *apud* POSSAS *et al.* (2001).

¹⁷ Para um modelo evolucionário setorial industrial que incorpora elementos keynesianos e kalekianos, ver POSSAS *et al.* (2001). Por outro lado, para uma visão multisetorial (bens de capital, matérias-prima, consumo básico e supérfluo) e com a incorporação de um sistema financeiro evoluído, ver CAVALCANTI FILHO (2002).

análise, os parâmetros devem se adequar ao mercado agrícola. Neste caso, o capital pode tomar duas formas: capital estoque e capital fluxo, tendo cada um a sua respectiva produtividade. Desta forma, apresenta-se o modelo evolucionário de crescimento agrícola germinado, o qual concilia a idéia dos dois tipos de capital em uma mesma função de produção¹⁸.

De maneira genérica, o MECA pode ser descrito como abaixo. A quantidade produzida, como mostra a equação 1, é determinada como uma função de produção de proporções fixas entre duas formas de capital anteriormente estabelecidas¹⁹. A produção da atividade agrícola i no período t é igual ao mínimo do quociente entre os capitais empregados (Ke_{it} ou Kf_{it}) e os seus respectivos coeficientes técnicos α e β , onde n é uma constante de

ajuste da proporcionalidade entre os insumos do modelo. Logo: $Ke_{it} = \frac{\alpha \cdot Q_{it}}{n}$ e $Kf_{it} = \beta \cdot Q_{it}$.

Assim, a produção Q_{it} se limita ao máximo dado pela combinação mínima entre esses dois fatores. Se $\frac{n \cdot Ke_{it}}{\alpha} < \frac{Kf_{it}}{\beta}$, haverá sobra do segundo fator. Se o contrário ocorrer, $\frac{n \cdot Ke_{it}}{\alpha} > \frac{Kf_{it}}{\beta}$, haverá excesso do capital estoque. Desse modo, a função de produção fica definida como:

$$Q_{it} = \min \left\{ \frac{n \cdot Ke_{it}}{\alpha}; \frac{Kf_{it}}{\beta} \right\} \quad (1)$$

A relação entre o capital fluxo e o capital estoque é dada por uma constante, sendo

$\frac{Kf_{it}}{Ke_{it}} = z_{it}$. Por outro lado, tem-se que $\frac{\beta}{\alpha} = n$; $\frac{Kf_{it}}{Ke_{it}} \cdot \frac{\alpha}{\beta} = n$. Assim, fazendo a

substituição, chega-se ao resultado que $n \cdot \frac{\beta}{\alpha} = z_{it}$. Então, no estado inicial do sistema z_{it} é dado, uma vez que α e β são inicialmente dados e n é uma constante. Nesse sentido,

¹⁸ É importante ressaltar que o modelo ora apresentado poderá ser interpretado em termos de firmas, atividades ou regiões agrícolas, dependendo do tipo de análise que se pretende realizar. O ponto central é identificar a concorrência schumpeteriana como busca de lucros extraordinários e a concentração de recursos produtivos, seja intra-firmas, setorial ou regional.

¹⁹ Para uma explanação acerca da função de produção com proporções fixas de insumos em uma situação dinâmica limitada, ver APÊNDICE A.

$\alpha = \frac{1}{Ae_{it}}$ e $\beta = \frac{1}{Af_{it}}$, onde Ae_{it} é a produtividade do capital estoque e Af_{it} é a produtividade do capital fluxo.

Quando na função de produção $\frac{n \cdot Ke_{it}}{\alpha} < \frac{Kf_{it}}{\beta}$, o modelo escolhe o capital estoque (Ke_{it}), seguindo a estrutura relacionada. Caso ocorra o contrário, $\frac{n \cdot Ke_{it}}{\alpha} > \frac{Kf_{it}}{\beta}$, o capital fluxo será escolhido (Kf_{it}), sendo que a mesma lógica se aplica. Porém, deve-se ater que a produtividade será Af_{it} e, nesse caso, será distinta também a depreciação do capital, bem como os parâmetros iniciais.

Sendo assim, conforme a equação 2, a produção agrícola total é o somatório da produção individual de cada atividade em questão.

$$Q_t = (\sum Q_{it}) \quad (2)$$

O *market share* (S_{it}) da atividade é dado pelo quociente da produção individual e da produção total. Assim, tem-se:

$$S_{it} = \left(\frac{Q_{it}}{Q_t} \right) \quad (3)$$

De acordo com a equação 4, o preço do produto agrícola é determinado pela produção agrícola total, dado a função de demanda, $D(\cdot)$ ²⁰.

$$P_{it} = D(Q_{it}) \quad (4)$$

O lucro por unidade de capital é igual ao preço do produto multiplicado pela produtividade do capital por unidade produzida, menos os custos unitários de produção (c) e gastos por produção de imitação (r_{im}) e inovação (r_{in} - P&D), conforme indicado pela equação abaixo. Deve-se lembrar que, se $A_{\bullet it} = Ae_{it}$; então, $K_{\bullet it} = Ke_{it}$, ou vice-versa.

$$\pi_{it} = (P_{it} A_{\bullet it} - c - r_{im} - r_{in}); \text{ sendo } A_{\bullet it} = Ae_{it} \text{ ou } Af_{it} \quad (5)$$

A atividade em pesquisa e desenvolvimento gera novos níveis de produtividade. Este processo pode ser caracterizado por uma variável *dummy* independente (d_{imt} e d_{int}) que assume valor zero ou um, dependendo das características da atividade i , que pode realizar uma imitação ou inovação no período t . O sucesso de cada evento (imitativo ou inovativo) é proporcional aos investimentos em P&D e ocorre com as respectivas probabilidades definidas nas equações 6 e 7:

²⁰ Trabalha-se com uma curva de demanda com elasticidade unitária. Nesse caso, a receita total permanece constante após a variação do preço. Para uma explicação algébrica, ver BINGER & HOFFMAN (1998) e FERGUSON (1972).

$$\Pr(d_{int} = 1) = a_m \cdot r_{im} \cdot K_{\bullet it} \quad (6)$$

$$\Pr(d_{int} = 1) = a_n \cdot r_{in} \cdot K_{\bullet it}; \text{ sendo } K_{\bullet it} = Ke_{it} \text{ ou } Kf_{it} \quad (7)$$

Os parâmetros são definidos de forma que cada probabilidade não assuma valores superiores a uma unidade. Quanto $d_{int} = d_{imt} = 0$, a atividade agrícola fracassa tanto nos esforços de imitação quanto nos de inovação e, nesse caso, $A_{\bullet i(t+1)} = A_{\bullet it}$. Quando $d_{imt} = 1$, a atividade tem acesso à melhor produtividade tecnológica ($\hat{A}_{\bullet it}$). Assim, a atividade é imitadora, a mesma observa e copia a atividade líder no mercado. Por outro lado, quando $d_{int} = 1$, a atividade é inovadora. Neste caso, tem-se uma distribuição de oportunidades tecnológicas, $F(A_{\bullet t}; A_{\bullet it})$. Esta distribuição é uma função do tempo e é independente da tecnologia dominante das firmas em cada caso. Isto é independente do tempo, mas dependente da acumulação tecnológica. Para uma atividade obter uma imitação e uma inovação em um período específico, os níveis de produtividades dos períodos seguintes são dados por:

$$A_{\bullet i(t+1)} = \text{Max}(A_{\bullet it}; \hat{A}_{\bullet t}; \tilde{A}_{\bullet it}) \quad (8)$$

Sendo $\hat{A}_{\bullet t}$ o nível mais elevado de produtividade agroindustrial no período t , e $\tilde{A}_{\bullet it}$ o nível oriundo do evento inovativo determinado por uma variável aleatória, tal que: $\text{Log}[\tilde{A}_{\bullet it}]$ tem uma distribuição normal, $N[\lambda_t, \sigma^2]$. O efeito de aprendizado é representado por $\lambda_t = a + b \cdot t$, crescendo a uma taxa constante ao longo do tempo. É óbvio que uma atividade pode falhar em obter uma imitação, uma inovação, ou ambas, o que levará a permanecer no mesmo nível anterior de produtividade.

A expansão ou contração da atividade é determinada pela taxa dada entre o preço e o custo de produção ($P/(c/A)$) e o *market share*. O financiamento dos investimentos é limitado pela margem de lucro empresarial, o qual afeta os gastos em P&D, que por sua vez afetam os custos de produção. Tem-se a equação 9:

$$K_{\bullet i(t+1)} = I\left(\frac{P_t \cdot A_{\bullet i(t+1)}}{c}, \frac{Q_{it}}{Q_t}; \pi_{it}; \delta\right) \cdot K_{\bullet it} + (1 - \delta)K_{\bullet it} \quad (9)$$

Onde: δ é a taxa de depreciação física do capital, o π_{it} é dado pela equação 5 acima e a função $I(\cdot)$ é limitada e não-negativa, sendo o investimento definido por:

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

e a restrição financeira para o investimento como função do lucro e do empréstimo bancário dado por:

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

Cabe observar que, ao discutir capital estoque e capital fluxo, a taxa de depreciação é maior no capital fluxo, chegando à taxa próxima de 1. Quanto ao capital estoque, a taxa de depreciação é menor, haja vista que este tipo de capital se deprecia ao longo do tempo.

Por fim, assume-se com a equação 10 que, em outras palavras, a atividade que tem o preço igual ao custo, *market share* administrável, ausência de gastos em P&D e, portanto, lucratividade zerada, não fará investimentos. De outra forma, o investimento se dará na mesma proporção da reposição do capital.

$$\lim_{s \rightarrow 0} I(1, s, 0, \delta) = \delta \quad (10)$$

Quanto à programação do MECA, faz-se o uso do *software Laboratory for Simulation Development* (LSD), desenvolvido por VALENTE (1999). Mediante alguns parâmetros iniciais a serem adotados de forma *ad hoc*²¹, foi possível obter trajetórias por simulação de resultados específicos de um processo de competição entre firmas agrícolas de uma atividade específica.

3. A Perspectiva Evolucionária na Agricultura no Brasil e em Minas Gerais

O esforço teórico a ser proposto visa inserir a análise da economia agrícola sob o enfoque da teoria evolucionária do crescimento econômico. Dessa forma, seguindo as idéias evolucionárias, pode-se estabelecer uma discussão do processo de crescimento das atividades produtoras de grãos no Brasil, especificamente em Minas Gerais. Selecionaram-se as produções de arroz, café, feijão, milho, soja, sorgo e trigo, por entender que essas atividades representam o mercado agrícola como um todo e o desenvolvimento tecnológico da agricultura.

Ao estudar a evolução da produção brasileira de grãos, diferenças podem ser vistas ao se comparar às produções de milho, soja e sorgo com as de arroz, café, feijão e trigo, no período de 1990 a 2002. Para entender o enfoque evolucionário das atividades agrícolas, é preciso não só conhecer o comportamento de outras variáveis, ou seja, área colhida, produtividade, preços, insumos tecnológicos, participação de mercado, mas também compreender a relação setorial e regional dentro do crescimento agrícola.

²¹ Para tal pesquisa, foi realizado um tipo de *educated guess*, a fim de determinar as características estruturais do mercado agrícola, no qual se inserem as atividades produtoras de grãos no Brasil.

Os resultados da taxa geométrica de crescimento para a produção, área colhida e rendimento são apresentados na TABELA 1. O aumento (ou redução) da produção pode ser explicado pelo comportamento da taxa de crescimento da produtividade somada à taxa de crescimento da área colhida (TGC da produção = TGC da produtividade + TGC da área colhida). Se houver um aumento da produção, este aumento pode ser explicado pela introdução de novas tecnologias que irão refletir em uma maior produtividade ou pela incorporação e aumento de áreas cultivadas. Verifica-se um decréscimo da área colhida na década de 90 para o conjunto das atividades selecionadas, com exceção das culturas de soja e de sorgo. O comportamento tanto da soja quanto do sorgo, no período, deve-se à incorporação de novas fronteiras agrícolas, o que veio aumentar a área colhida dessas culturas. Todavia, para o arroz, o feijão e o milho, o aumento da produtividade mais que compensou a redução da área colhida, o que proporcionou uma taxa de crescimento positiva da produção.

TABELA 1 – Produção, área colhida, produtividade e taxa geométrica de crescimento por atividades agrícolas selecionadas, Brasil, 1990 a 2002.

<i>Variáveis*</i>	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	TGC	Prob
<i>Produção</i>	7,42	9,96	10,50	9,99	7,74	11,09	10,47	1,39	0,18
Arroz <i>Área Colhida</i>	3,94	4,69	4,42	3,92	3,07	3,66	3,15	-2,74	0,00
<i>Produtividade</i>	1880,5	2125,4	2378,0	2550,1	2523,1	3033,9	3326,3	4,25	0,00
<i>Produção</i>	2,93	2,59	2,61	2,69	3,45	3,78	2,49	-0,13	0,94
Café <i>Área Colhida</i>	2,91	2,50	2,10	1,99	2,08	2,27	2,36	-1,32	0,17
<i>Produtividade</i>	1007,0	1035,5	1246,7	1349,6	1657,5	1664,3	1054,7	1,21	0,47
<i>Produção</i>	2,23	2,80	3,37	2,82	2,20	3,04	3,05	0,63	0,53
Feijão <i>Área Colhida</i>	4,68	5,15	5,47	4,94	3,32	4,33	4,15	-2,46	0,03
<i>Produtividade</i>	477,2	543,5	615,9	570,6	661,9	701,3	735,4	3,16	0,00
<i>Produção</i>	21,34	30,52	32,49	32,19	29,49	31,88	35,50	3,33	0,00
Milho <i>Área Colhida</i>	11,39	13,39	13,75	13,42	10,61	11,61	11,79	-0,70	0,30
<i>Produtividade</i>	1873,6	2279,5	2363,1	2399,1	2781,1	2744,7	3010,7	4,06	0,00
<i>Produção</i>	19,89	19,18	24,91	23,56	31,37	32,73	42,03	7,22	0,00
Soja <i>Área Colhida</i>	11,48	9,44	11,51	10,74	13,26	13,64	16,35	3,53	0,00
<i>Produtividade</i>	1732,2	2033,2	2163,6	2194,7	2366,2	2399,9	2571,2	3,56	0,00
<i>Produção</i>	0,23	0,29	0,29	0,34	0,60	0,78	0,77	13,02	0,00
Sorgo <i>Área Colhida</i>	0,13	0,16	0,15	0,19	0,33	0,52	0,42	12,99	0,00
<i>Produtividade</i>	1708,3	1794,0	1909,9	1776,4	1793,6	1487,9	1846,1	0,03	0,97
<i>Produção</i>	3,09	2,80	2,09	3,36	2,23	1,66	2,93	-0,49	0,80
Trigo <i>Área Colhida</i>	2,68	1,96	1,35	1,82	1,42	1,07	2,04	-2,56	0,23
<i>Produtividade</i>	1153,9	1428,2	1552,2	1845,8	1568,5	1558,8	1431,5	2,12	0,03

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do IBGE – LSPA e PAM (vários anos) Obs (*): Produção (milhões de toneladas); área colhida (milhões de hectares); e produtividade (quilogramas por hectares).

Ao comparar o comportamento dos rendimentos físicos médios dessas atividades agrícolas, percebe-se que arroz, milho e soja obtiveram rendimentos crescentes. No caso específico do arroz e do milho, a elevação do rendimento médio no período, de 1990 a 2002, deve-se à redução da área colhida, o que possibilitou a exclusão das áreas marginais de

plantio. Já no que se refere à soja, o crescimento de seu rendimento dá-se simultaneamente ao aumento da área colhida, devido ao papel das novas tecnologias como fator determinante desse crescimento. As atividades produtoras de feijão e trigo apresentaram um moderado aumento dos seus rendimentos, embora a área colhida tenha sido reduzida. Por fim, constata-se uma certa estabilidade na produtividade do sorgo, enquanto que há um aumento no rendimento do café até o ano 2000, porém com redução a partir dos dois últimos anos. Quando o foco se atém à produtividade, o conjunto das atividades produtoras de grãos apresenta taxas positivas, o que é um indício da adoção de novos insumos ou técnicas de produção (mudança tecnológica).

Conforme o AGRIANUAL (2002), os preços desses produtos não apresentaram tendências crescentes no longo prazo. O resultado final indica uma tendência declinante para todos os produtos no período de 1991 a 2001. No geral, de acordo com este comportamento dos preços agrícolas, surge a questão de como a tecnologia²² influencia o crescimento setorial dessas atividades, haja vista que a queda do nível dos preços acontece com aumento simultâneo da oferta de grãos.

TABELA 2 – Participação da produção brasileira no mundo por atividade agrícola selecionada de 1990 a 2002 (%)

Anos	Arroz	Café	Feijão	Milho	Soja	Sorgo	Trigo	Total
1990	1,4	48,3	13,1	4,4	18,3	0,4	0,5	3,2
1991	1,8	50,0	16,8	4,8	14,5	0,5	0,5	3,3
1992	1,9	42,5	18,2	5,7	16,8	0,4	0,5	3,7
1993	1,9	46,0	15,9	6,3	19,6	0,4	0,4	4,0
1994	1,9	45,4	20,0	5,7	18,3	0,5	0,4	4,1
1995	2,1	33,7	17,4	7,0	20,2	0,4	0,3	4,4
1996	1,8	43,3	17,1	5,5	18,1	0,5	0,6	3,8
1997	1,6	39,5	18,9	5,9	18,3	0,8	0,4	3,9
1998	1,3	52,3	13,9	4,8	19,6	1,0	0,4	3,8
1999	1,9	48,4	16,7	5,3	19,6	1,0	0,4	4,1
2000	1,8	51,0	18,2	5,4	20,3	1,4	0,3	4,2
2001	1,7	26,3	15,0	6,7	21,3	1,5	0,6	4,7
2002	1,8	33,9	16,6	5,9	23,4	1,4	0,5	4,8
Média	1,8	43,1	16,8	5,6	19,1	0,8	0,4	4,0

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados da FAO e do IBGE – LSPA e PAM (vários anos)

Em termos mundiais, TABELA 2, o Brasil possui participação média expressiva nas produções de café, soja e feijão, respectivamente 43, 19 e 17 pontos percentuais. Com

²² Existem várias formas de mensurar a variável tecnológica em uma economia por meio de uma *proxy*. Algumas dessas formas podem utilizar dados de patentes tecnológicas, publicações de artigos acadêmicos indexados em revistas internacionais e até mesmo composição acadêmica em termos de disciplina. Para o Brasil, conforme ALBUQUERQUE (2003), há uma vantagem comparativa revelada científica em termos das disciplinas de agricultura e de agronomia, o que comprova a relevância da ciência e pesquisa para o setor agrícola no país. Em termos de patentes, embora os dados da United States Patent and Trademark Office (USPTO) não tenham apresentado liderança nos indicadores na década de 90, sabe-se que a maior parte das patentes agrícolas

exceção do café e do trigo, que perderam participações nos totais mundiais, as demais atividades produtoras de grãos elevaram o seu respectivo *market share*. A evolução da produção de grãos no Brasil é vista, no período considerado, como um processo ininterrupto de introdução e difusão de inovações, no qual há uma busca por lucros extraordinários.

Para melhor entender os padrões regionais do crescimento econômico do Brasil e de Minas Gerais, utiliza-se o cálculo do Quociente Locacional (QL), indicador que busca explicar o grau de concentração e de dispersão das atividades produtivas agrícolas no espaço econômico²³. O QL compara a participação percentual de uma região em uma atividade específica com a participação percentual da mesma região no total produzido da economia nacional²⁴. Valores superiores a 1, há indício de que a região é relativamente mais importante, no contexto nacional, em termos da atividade, do que em termos gerais de todos as atividades. Caso contrário, valores inferiores a 1, a região é relativamente menos importante em comparação à produção nacional.

TABELA 3– Quociente Locacional do Brasil e de Minas Gerais por produtos selecionados para todos os anos de 1990 a 2002.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Média
Brasil(*)														
Arroz	0,4	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4
Café	15,1	15,2	11,4	11,6	11,0	7,6	11,4	10,1	13,8	11,8	12,1	5,5	7,0	11,1
Feijão	4,1	5,1	4,9	4,0	4,9	4,0	4,5	4,8	3,7	4,1	4,3	3,2	3,4	4,2
Milho	1,4	1,5	1,5	1,6	1,4	1,6	1,4	1,5	1,3	1,3	1,3	1,4	1,2	1,4
Soja	5,7	4,4	4,5	4,9	4,4	4,6	4,8	4,7	5,2	4,8	4,8	4,5	4,8	4,8
Sorgo	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2
Trigo	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Minas Gerais														
Arroz	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5
Café	4,1	3,1	4,2	4,4	5,0	5,8	5,3	4,9	5,1	5,2	4,6	7,1	5,7	5,0
Feijão	1,5	1,0	1,0	1,4	1,2	1,4	1,4	1,4	1,6	1,5	1,4	2,2	1,8	1,4
Milho	1,2	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,4	1,3	1,5	1,3
Soja	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sorgo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,3	2,0	0,8	1,1	0,9	0,5
Trigo	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do IBGE (LSPA e PAM) e FAO (vários anos)

relevantes ao mercado brasileiro é registrada no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual – INPI. Sendo assim, os dados da USPTO são subestimados no tocante à realidade brasileira.

²³ Deve-se ressaltar que, embora haja limitações no escopo analítico desse indicador, a sua utilização se justifica em trabalhos de natureza exploratória e em associação com outras técnicas de trabalho. As limitações podem ser técnicas ou conceituais. As limitações técnicas comuns a quase todos os métodos de análise regional relacionam-se com problemas de agregação das variáveis em níveis regionais e setoriais. Além disso, os estudos são feitos por análises de estatística comparativa, proporcionando perda das interações dinâmicas. Os resultados dos indicadores são sensíveis ao tamanho da região e ao tipo de agregação setorial e, nesse sentido, os padrões encontrados por essas medidas estão condicionados aos processos classificatórios iniciais, o que pode levar a erros de conceituação ou generalização de resultados que não expressam a realidade da região ou do setor. Para uma discussão das limitações dos indicadores de localização, ver ISARD (1960), capítulos 5 e 7.

²⁴ Desta forma, o QL para uma região j em um produto ou grupo de produtos i pode ser definido da seguinte forma: $QL_{ij} = (X_{ij}/X_{iz})/(X_j/X_z)$; onde: X_{ij} é a produção i da região j, X_{iz} é a produção i da zona de referência, X_j é a produção total de grãos da região j e X_z é a produção total de grãos da zona de referência z. Para outros indicadores de concentração e especialização, ver HADDAD (1989).

Obs (*): Para o cálculo nacional, a zona de referência foi definida como sendo a produção mundial.

Conforme a TABELA 3, no caso do Brasil, o resultado indica se o país possui ou não uma vantagem comparativa em relação ao resto do mundo. Por outro lado, no que tange Minas Gerais, o indicador mostra se o estado é relativamente mais importante na produção agrícola específica em relação às demais unidades da federação. Com base no entendimento desses resultados, nota-se que o Brasil apresenta vantagem produtiva nas atividades produtoras de café, feijão, milho e soja, ao longo do período considerado. Entretanto, quanto às produções de arroz, sorgo e trigo, os indicadores foram desfavoráveis. Em termos regionais, Minas Gerais destaca-se no conjunto das grandes regiões brasileiras, por apresentar vantagem produtiva para as produções de café, feijão e milho. Em compensação, as produções de arroz, soja, sorgo e trigo obtiveram desvantagem produtiva.

4. Progresso Técnico na Produção de Bens de Capital para a Agricultura

De acordo com a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC)²⁵, seguindo a recomendação internacional, a inovação tecnológica é definida pela implementação de produtos (bens e serviços) ou processos tecnologicamente novos ou substancialmente aprimorados. A inovação acontece quando o produto é introduzido no mercado ou quando o processo passa a ser implementado no sistema produtivo.

TABELA 4– Empresas que implementaram inovações (produto e processo), com indicação de depósito de patentes e de patentes em vigor, segundo atividades industriais selecionadas, Brasil, 1998 a 2000.

	Fertilizantes e intermediários (%)	Defensivos agrícolas (%)	Máquinas e tratores (%)	Brasil (Todos os setores) (%)
Empresas que implementaram inovações	123	40,7	33	73,3
Produto	113	37,4	31	68,9
Processo	82	27,2	15	33,3
Produto e Processo	72	23,8	13	28,9
Com depósito de patente	14	4,6	3	6,7
Com patente em vigor	24	7,9	8	17,8
Empresas (População)	302	100,0	45	100,0
			330	100,0
				72005
				100,0

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do IBGE – PINTEC (2000).

Para uma dimensão do comportamento inovativo dos segmentos produtores de insumos agrícolas, a TABELA 4 contém dados referentes às empresas que implementaram inovações no sentido amplo. Comparativamente, os segmentos produtores de insumos (fertilizantes, defensivos e máquinas e tratores agrícolas) implementaram mais inovações em produto do que em processo, o que mostra o direcionamento em criar novas tecnologias para a produção agrícola. Normalmente, o percentual das empresas que implementaram inovações

foi sempre maior do que a média nacional. No caso específico de defensivos e máquinas e tratores agrícolas, mais de 70% das empresas buscaram inovações tecnológicas. No que se refere aos depósitos de patentes, todos os segmentos produtores de insumos tiveram percentuais superiores à média da economia, o que identifica a relevância do segmento de insumos agrícolas para o conjunto da economia, notadamente para o setor agrícola.

TABELA 5– Empresas que receberam suporte do Governo e estrutura do financiamento das atividades de P&D e das demais atividades inovativas realizadas pelas empresas, segundo setores selecionados, Brasil, 2000.

Estrutura do financiamento (%)		Fertilizantes e intermediários	Defensivos agrícolas	Máquinas, equipamentos e tratores agrícolas	Brasil (Todos os setores)
Empresas que receberam suporte do Governo		52	3	9	3831
Das atividades de P&D	De terceiros	Próprias	100,0	87,0	88,0
		Privado	0,0	13,0	0,0
		Público	0,0	0,0	8,0
Das demais atividades inovativas	De terceiros	Próprias	93,0	86,0	65,0
		Privado	6,0	10,0	2,0
		Público	1,0	3,0	16,0

Fonte: Elaboração dos autores a partir de dados do IBGE – PINTEC (2000).

As atividades inovativas podem ser de dois tipos: (i) pesquisa e desenvolvimento – P&D (pesquisa básica, aplicada ou pesquisa experimental) e (ii) outras atividades não relacionadas com P&D, envolvendo a aquisição de bens, serviços e conhecimentos externos (TABELA 5). Quanto à estrutura do financiamento das atividades de P&D e das demais atividades inovativas, nota-se que a participação pública é inexistente nas atividades de pesquisa e pouca expressiva nas demais atividades. Ao realizar uma comparação com a economia nacional, os segmentos de insumos voltados para a agricultura obtiveram, de um lado, percentuais superiores em termos de investimentos privados (próprios e de terceiros) e, por outro lado, percentuais inferiores à média nacional em termos de investimento público²⁵.

5. Simulação do Progresso Tecnológico na Agricultura

Foram realizadas diversas simulações para investigar o comportamento da dinâmica competitiva do mercado agrícola no modelo evolucionário de crescimento. Por ser um primeiro estudo, os resultados aqui apresentados são preliminares e bastante gerais em termos do que pode ser oferecido. A análise e interpretação das simulações procuram

²⁵ Para os valores estimados da PINTEC e apresentados no presente trabalho, não foram constatados problemas com os respectivos coeficientes de variação.

²⁶ Os investimentos públicos no segmento produtor de insumos são fortemente concentrados no desenvolvimento de sementes. Em fertilizantes, defensivos e máquinas e tratores agrícolas, os investimentos dependem mais da própria indústria como de capitais privados.

construir uma representação gráfica das trajetórias observadas nas cadeias²⁷ produtivas regionais das atividades agrícolas classificadas como comercial e intensiva em capital (CC).

Para tanto, pressupõe-se que as atividades comercial e intensiva em capital (CC) são compostas de quatro grupos que se diferenciam apenas na busca por inovação tecnológica. Quanto à estratégia por inovações tecnológicas, as firmas 1 e 2 foram definidas como imitadoras e as firmas 3 e 4 foram consideradas como inovadoras. O que diferencia as firmas inovadoras das firmas imitadoras são os dispêndios temporais com os gastos inovativos. Além do montante dos gastos com inovações tecnológicas, é importante ressaltar que a obtenção de sucesso inovativo correlaciona-se positivamente com os gastos em P&D.

De acordo com a TABELA 6, seguem-se os valores das variáveis e dos parâmetros iniciais do MECA. O modelo trabalha com dois tipos de regimes: (i) quando a firma ou a atividade produtiva regionalizada opta pela inovação e imitação, e (ii) quando a firma opta apenas pela imitação. Em cada caso, “*We will consider two different specifications of the distribution from which a firm samples if it has an innovation draw*” (NELSON & WINTER, 1982, p.283). Em termos práticos, isto quer dizer que a função de probabilidades para os dois tipos de regimes será diferenciada.

TABELA 6 – Valores iniciais das variáveis e dos parâmetros do MECA.

Indústria, Setor ou Região Nacional		
Variáveis e Parâmetros Iniciais	Firmas, Atividades ou Regiões Constitutivas	
Variáveis e Parâmetros Iniciais	1 e 2 – Imitadoras	3 e 4 - Inovadoras
Média da produtividade de Ae	0,15	
Média da produtividade de Af	0,25	
Coeficiente da demanda	475	
Efeito aprendizado - b	0,01	
Depreciação do Ke	0,09	
Depreciação do Kf	0,9	
Regime	2,0	
Banco	Zero, 1,0 ou 2,5	
Produтивidade do Capital Estoque - Ae	0,15	0,15
Produтивidade do Capital Fluxo - Af	0,25	0,25
Capital Estoque - Ke	730	730
Capital Fluxo - Kf	120	120
Gasto em inovação - Rin	0,0	0,0223
Gasto em imitação - Rim	0,00112	0,00112
An	1,25	1,25
Am	0,125	0,125
Custo unitário de produção - c	0,28	0,28
Constante de proporcionalidade - n	0,27	0,27
Coeficiente técnico - α	6,6	6,6
Coeficiente técnico - β	4,0	4,0
Relação inicial Kf / Ke - z	0,16	0,16

Fonte: Elaboração dos autores.

²⁷ O educated guess utiliza os coeficientes técnicos da soja como representativos das atividades agrícolas comerciais intensivas em capital (CC).

Uma vez definidas as condições iniciais, pode-se perceber que a simulação das trajetórias das atividades produtivas regionais apresenta resultados que se encontram em conformidade com a evidência empírica. Novos procedimentos tecnológicos foram capazes de elevar a oferta de produtos agrícolas. Em contraste, observa-se uma tendência declinante do nível de preços, o que também foi observado na análise exploratória de dados. A queda do nível de preços é compatível com a hipótese de elasticidade preço da procura unitária. Deste modo, o aumento da quantidade física produzida, mantendo-se o valor nominal da produção constante, implica na queda do nível de preços. O objetivo primordial é, então, evidenciar a evolução dos *market shares* das cadeias produtivas regionais de atividades analisadas.

Em condições padrões²⁸, as firmas inovadoras foram aquelas que se beneficiaram de maiores participações de mercado, tendo um nítido comportamento de aumento da concentração de mercado entre as firmas nas cadeias de produção agrícola, até o período de 9 anos (GRÁFICO 1). Ao se fazer uma interpretação conjunta de participação de mercado *versus* lucratividade, pode-se dizer que o esforço tecnológico é compensador no tocante à posição de mercado; entretanto, a lucratividade pode não ser uniforme na esperança de que as firmas inovadoras seriam aquelas mais lucrativas, uma vez que o grau de concentração e os respectivos diferenciais de *market shares* variam ao longo do tempo. Ou seja, apenas para um prazo mais longo as inovações seriam suficientes, dadas as hipóteses iniciais, para beneficiarem expressivamente as firmas inovadoras e até excluírem as firmas menos competitivas.

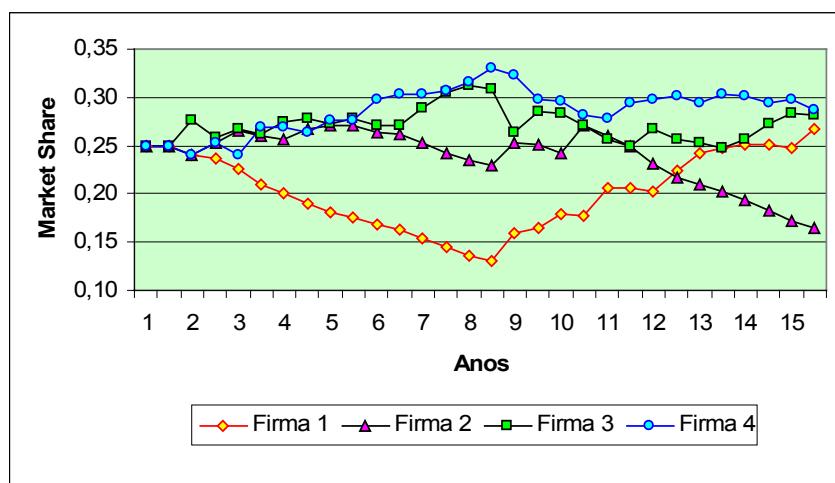


GRÁFICO 1 – Participação de mercado (*Market Share*) das atividades produtivas ao longo do tempo.
Fonte: Elaboração dos autores.

²⁸ Seriam aquelas situações em que os valores atribuídos aos parâmetros e condições iniciais são empiricamente mais razoáveis, mediante o desempenho do mercado estudado, ou já utilizados em outras simulações.

De acordo com o GRÁFICO 2, representação síntese de toda a contribuição do MECA, a relação entre capital fluxo e capital estoque aumenta ao longo do tempo, variando em um intervalo constituído de dois raios limites, respectivamente 0,11 (R_1) a 0,3 (R_2). Tanto a elevação da composição de capital fluxo quanto o aumento contínuo da relação entre os insumos produtivos foram consequências da maior produtividade do capital. Nesse sentido, os agentes econômicos procuram intensificar o uso do fator mais produtivo, que no caso é representado pelo capital fluxo. Todavia, ao longo do período, a produtividade do capital fluxo não possui a mesma dinâmica de crescimento. É importante ressaltar que, para simulações com períodos mais amplos, a tendência será a de que haja uma recomposição do capital estoque, fazendo com que o caminho de expansão volte em direção à relação inicial de capital fluxo sobre capital estoque.

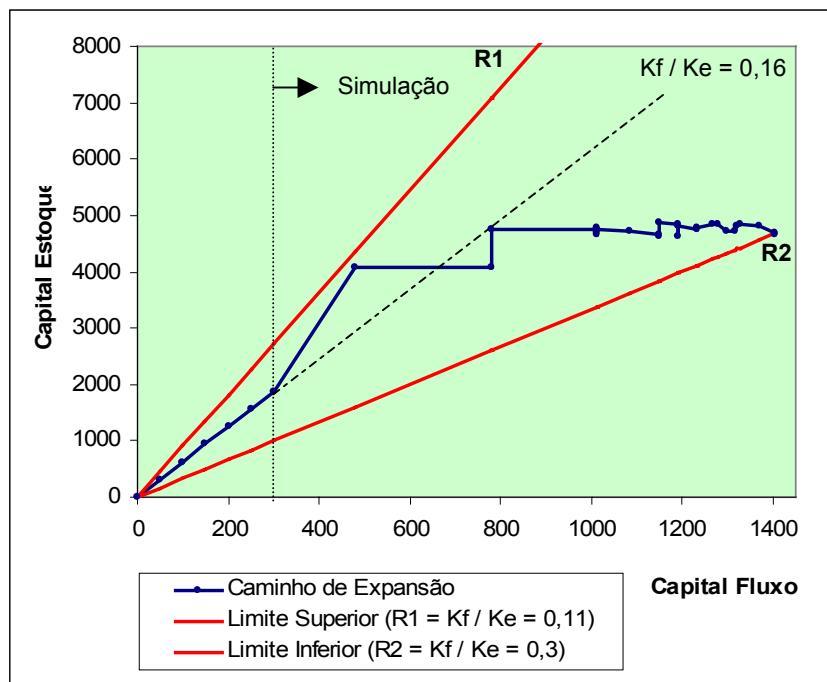


GRÁFICO 2 – Caminho de expansão na agricultura para uma função de produção de proporções fixas em uma situação dinâmica limitada para um período de 15 anos.

Fonte: Elaboração dos autores.

Como no modelo seminal, o MECA pode fazer alguns tipos de previsões mediante determinadas estruturas de concorrência. Quando não houver buscas inovativas em P&D e a produtividade do capital for mantida constante para todas as firmas, a dinâmica do modelo torna-se determinística, repartindo o mercado em fatias idênticas. É preciso, portanto, que a simulação possua uma situação mais complexa, ou seja, quando há diferenciação nas estratégias competitivas, seja por buscas de aumentos da produtividade ou por custos

diferenciados. As atividades agroindustriais com custos relativos mais baixos e com maiores ganhos de produtividade podem eliminar as atividades marginais do mercado.

Além disso, o modelo permite a simulação de ambientes com diferenciados regimes de financiamentos, um mais restrito e outro mais amplo. A partir do momento que as empresas podem adquirir maiores volumes de empréstimos financeiros, a busca por melhores técnicas aumenta ao longo do tempo. Por outro lado, caso não haja financiamento externo às firmas, as oportunidades tecnológicas dependerão de um desempenho favorável da margem de lucro por unidade de capital e, nesse caso, as firmas terão comportamentos menos oportunistas. Isto quer dizer que o financiamento das inovações será através da geração interna de recursos pelas firmas. Enfim, o MECA procura estabelecer o alicerce para a discussão neo-shumpeteriana na agricultura. Desta forma, estruturas de mercado mais concentradas geram produtividades mais elevadas e, consequentemente, maiores retornos financeiros. A questão tecnológica na agricultura é também uma variável-chave para o crescimento econômico.

6. Conclusões

O esforço teórico proposto por este trabalho visou, em primeiro lugar, inserir os debates de economia agrícola sob o enfoque da teoria evolucionária do crescimento econômico. Em segundo lugar, procurou-se construir um modelo de evolução agrícola e comparar os seus resultados com os padrões regionais dos sistemas agroindustriais do Brasil e de Minas Gerais na produção de grãos. Quanto ao método de análise regional, foi possível identificar a produção dinâmica agroindustrial. Há um desempenho favorável da produção de soja, café, feijão e milho. Cabe ressaltar que a produção de soja obteve desempenho importante no contexto nacional, mas pouco expressivo no âmbito do estado de Minas Gerais. Pode-se dizer, então, que a competição por recursos produtivos nos sistemas agroindustriais (cadeias produtivas) leva à busca permanente de inovações tecnológicas, caracterizando uma dinâmica evolucionária de crescimento produtivo e concentração setorial e regional.

Para a construção do MECA, trabalhou-se com uma função de produção de proporções fixas em uma situação dinâmica limitada. O capital na agricultura está dividido em capital estoque e capital fluxo. Emprega-se o mínimo da combinação entre os dois tipos de capital que maximizam a produção, posto que não é possível aumentar a produção com apenas um dos fatores. Diante de uma situação limitada, não há como aumentar a produção substituindo por todo o tempo um capital pelo outro. O modelo mostra que, em um ambiente de competição tecnológica, sobrevivem as cadeias produtivas mais inovadoras em detrimento da marginalização das imitadoras, elevando assim as participações de mercado e,

conseqüentemente, os lucros de monopólios. Na ausência de mudanças tecnológicas, a economia caminha em direção a um equilíbrio estático, no qual a participação de mercado e a taxa de lucro tendem à equalização entre as firmas.

Nesse sentido, definindo as atividades agrícolas como um conjunto processador de tecnologia no espaço econômico e geográfico, percebe-se que o aumento produtivo regional é determinado de forma endógena pelas mudanças tecnológicas, contrariando assim a análise tradicional da agricultura associada às premissas de que o preço é definido pelo mercado e que os rendimentos marginais são decrescentes. Se a expectativa é de uma redução dos níveis de preço, não há o porquê de se elevar a quantidade ofertada. De fato, a oferta agrícola aumentou mediante a introdução de novas tecnologias, as quais reduziram os custos de produção e sustentaram as remunerações dos produtores. Enfim, embora ainda preliminares os resultados do modelo, procurou-se estabelecer as bases para discussão do paradigma evolucionário inserido no contexto agrícola.

Referências Bibliográficas

- AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, FNP, 2002.
- ALBUQUERQUE, Eduardo da Mota e. Immature systems of innovation: Introductory notes about a comparison between South Africa, India, Mexico and Brazil based on science and technology statistics. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE INOVAÇÃO E ESTRATÉGIAS DE DESENVOLVIMENTO PARA O TERCEIRO MILÊNIO, 2003, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: UFRJ/IE, 2003. CD-ROM.
- BINGER, Brian R., HOFFMAN, Elizabeth. *Microeconomics with calculus*. 2.ed. New York: Addison-Wesley, 1998.
- BURNHAM, Terence C. *Essays on genetic evolution and economics*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University, 1997. (Tese de Doutorado).
- CAVALCANTI FILHO, Paulo Fernando de Moura Bezerra. *Ciclo econômico e instabilidade estrutural: um modelo evolucionário multisectorial Minsky-Keynes-Schumpeteriano*. Rio de Janeiro: IE-UFRJ, 2002. (Tese de Doutorado).
- CERQUEIRA, Hugo E. da Gama. *Economia evolucionista: um capítulo sistêmico da teoria econômica?* Belo Horizonte: UFMG/CEDEPLAR, 2000. 27p. (Texto para Discussão, 150)
- CROCCO, Marco Aurélio. *Uncertainty, technical change and effective demand*. London: University of London, 1999. (Tese de Doutorado)
- DARWIN, Charles. *Origem das espécies*. 4.ed. Belo Horizonte: Itatiaia, 2002.
- DESMOND, Adrian, MOORE, James. *Darwin: a vida de um evolucionista atormentado*. 3.ed. São Paulo: Geração Editorial, 2000.
- DOSI, Giovanni, EGIDI, M. Substantive and procedural uncertainty. *Journal of Evolutionary Economics*, n.1, abr. 1991. p.145-168.
- DOSI, Giovanni, FREEMAN, Christopher, NELSON, Richard, SILVERBERG, Gerald, SOETE, Luc. *Technical change and economic theory*. London: Pinter Publishers, 1988.

DOSI, Giovanni. *Innovation, organization and economic dynamics: selected essays*. Cheltenham, UK: Edward Elgar, 2000.

DOSI, Giovanni. *Technical change and industrial transformation*. New York: St. Martin's Press: 1984.

FERGUSON, C. E. *Microeconomic theory*. 3.ed. Homewood/Illinois: Richard D. Irwin, 1972.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. *Statistical Databases* (vários anos). [s.l.], 2003. Disponível em: <http://www.fao.org>.

HADDAD, Paulo Roberto. Medidas de localização e de especialização. In: HADDAD, Paulo Roberto, FERREIRA, Carlos Maurício de Carvalho, BOISIER, Sérgio, ANDRADE, Thompson Almeida *Economia Regional: teorias e métodos de análise*. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1989, p.225 - 245.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. *Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA, Pesquisa Industrial Anual – PIA, Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica – PINTEC, Produção Agrícola Municipal – PAM* (tabulações especiais – vários anos). Rio de Janeiro, 2003.

ISARD, Walter. *Methods of regional analysis: an introduction to regional science*. Cambridge: MIT Press, 1960. cap. 5, p.122-181. cap. 7, p.232-308.

KON, Anita. *Economia Industrial*. São Paulo: Nobel, 1999.

LOTT JR., John R (Org.). *Uncertainty and economic evolution: essays in honor of Armen A. Alchian*. London: Routledge, 1997.

METCALFE, J. S., RAMLOGAN, R., UYARRA, E. Economic development and the competitive process. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE INOVAÇÃO E ESTRATÉGIAS DE DESENVOLVIMENTO PARA O TERCEIRO MILÊNIO, 2003, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: UFRJ/IE, 2003. CD-ROM.

NELSON, Richard R., WINTER, Sidney. *An evolutionary theory of economic change*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1982.

PAVITT, Keith. Sectoral patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory. In: *Research Policy*, n.13, 1984. p.343-373.

POSSAS, Mário Luiz, KOBLITZ, Arthur, LICHA, Antônio, OREIRO, José Luís, DWECK, Esther. Um modelo evolucionário setorial. *Revista Brasileira de Economia*, Rio de Janeiro, v.3, p.333-377, jul./set. 2001.

POSSAS, Mário Luiz. Concorrência shumpeteriana. In: KUPFER, David, HASENCLEVER, Lia (Orgs.). *Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus, 2002a. cap. 17, p.415-429.

POSSAS, Mário Luiz. Elementos para uma integração micro-macrodinâmica na teoria do desenvolvimento econômico. *Revista Brasileira de Inovação*. Rio de Janeiro, v.1, n.1, p.123-149, jan/jun. 2002b.

SAVIOTTI, P., METCALFE, J. Stanley. *Evolutionary theories of economic and technological change: present status and future prospects*. London: Harwood University Press, 1991.

SCHUMPETER, Joseph A. *História da análise econômica* (Vol. 2). São Paulo: Fundo de Cultura, 1964.

SOLOW, Robert M. Technical change and the aggregate production function. In: LINDAUER, John (Org.). *Macroeconomic readings*. USA: The Free Press/ Macmillan, 1968. p.171-179.

VALENTE, Marco. *Evolutionary economics and computer simulation: a model for the evolution of markets*. Denmark: University of Aalborg, 1999. 3v. (Tese de Doutorado).

VIEIRA FILHO, José Eustáquio Ribeiro. *Abordagem evolucionária da dinâmica do setor agrícola*. Viçosa: UFV, 2004. (Dissertação de Mestrado).

WILLIAMSON, Oliver E. The logic of economic organization. In: WILLIAMSON, Oliver E., WINTER, Sidney G. (Orgs.). *The nature of the firm: origins, evolution, and development*. New York: Oxford University Press, 1993. cap.7, p.90-116.

Apêndice A – Função de Produção com Proporções Fixas para o MECA

Num caso mais realista, como apresentado por VIEIRA FILHO (2004), para conciliar a idéia da função de produção com proporções fixas juntamente com o caráter dinâmico das transformações econômicas ao longo tempo, especifica-se a FIGURA A1, a qual representa o caminho de expansão da produção de uma situação hipotética que limita a variabilidade da combinação das proporções de fatores produtivos na agricultura por meio de dois raios OR_1 e OR_2 . Nos pontos A, B e C a relação de insumos utilizados na produção varia ao longo do tempo. Todavia, a substituição de fatores produtivos se restringe a um limite superior e a um inferior, podendo compatibilizar as isoquantes de bico com o caráter evolucionário das transformações tecnológicas no decorrer do período.

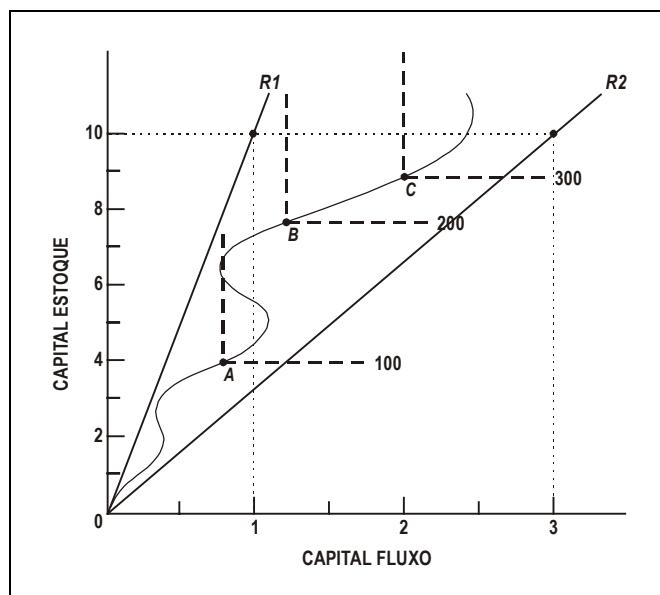


FIGURA A1 – Mapa de isoquantes na agricultura para uma função de produção de proporções fixas em uma situação dinâmica limitada.

Fonte: Elaboração dos autores.