

## Dinâmicas de Trocas: Desafios à Teoria Neoclássica

*Eleutério F. S. Prado<sup>1</sup>*

Nesse artigo busca-se examinar criticamente o suposto mais importante da teoria neoclássica, ou seja, aquele que afirma serem as preferências subjetivas os fundamentos dos preços. Questiona-se a plausibilidade dessa construção paradigmática elaborando modelos econômicos focados de sistemas adaptativos complexos. Estes divergem da microeconomia tradicional por permitirem a interação descentralizada de grandes coleções de agentes heterogêneos, em ambientes que também se encontram em permanente processo de mudança. Faz-se, portanto, exercícios de microeconomia sistêmica, não reducionista. O método aqui empregado costuma ser denominado de modelagem computacional baseada em múltiplos agentes, vindo a ser também, frequentemente, encarado como meio de investigação social baseado na construção de sociedades artificiais. O artigo se inspira fortemente no livro *Growing artificial societies – social science from the bottom up*, de Epstein e Axtell (1996), que o utilizou de modo ilustrativo e exemplar na investigação abstrata de processos de coevolução que combinavam sub-processos demográficos, econômicos, culturais, etc., os quais são em geral tratados separadamente em campos científicos pertinentes. Em particular, eles examinaram certos processos dinâmicos associados ao evolver de uma economia de troca, os quais serão aqui retomados.

Esse método computacional tem sido crescentemente empregado nas ciências sociais em geral por várias razões: possibilita estudar desenvolvimentos em que se combinam influências mútuas de elementos de diversas naturezas; permite examinar os processos de realimentação das partes entre si e destas com o todo que dinamicamente elas próprias formam, constituindo-se enquanto tais; enseja a oportunidade de superar as dificuldades da análise estática que, em última análise, acaba afirmando o equilíbrio como estado ideal da sociedade em detrimento de visão que privilegia a sua evolução inexorável. Os autores da mencionada obra enfatizam que esse método se destaca, sobretudo, por permitir testar hipóteses sobre as conexões entre os comportamentos individuais regulados por regras, os quais ocorrem no nível microsocial, com as regularidades e os padrões emergentes no nível macrosocial. Nesse sentido, os sistemas de interação criados como programas de computador constituem-se em laboratórios digitais que tornam possível isolar certos elementos causais da realidade social para examiná-los de forma abstrata, sem as perturbações que escapam de qualquer controle no mundo real, num contexto dinâmico. Ainda que permaneçam nos limites do mero entendimento dos fenômenos, esses sistemas formais consistem em recursos importantes do conhecimento científico em geral.

Para interrogar a teoria neoclássica – formulação teórica que se pretende adequada para explanar os fenômenos mais característicos das “economias de mercado”

---

<sup>1</sup> Professor da USP. Correio eletrônico: eleuter@usp.br. Artigo desenvolvido no interior de projeto temático da FAPESP: 2007/52153-4. Revisado em 8/01/2009.

–, considera-se o processo de formação de preços que ocorre num lugar de trocas imaginário<sup>2</sup> dotado, entretanto, das dimensões de espaço e tempo; ao invés de se contentar em raciocinar com ocorrências em um mundo estático, pensa-se o sistema como processo, procurando acolher assim a irreversibilidade que impera no mundo real. O meio econômico assim formado é habitado por agentes econômicos que possuem racionalidade limitada, que se movem e interagem eventualmente, dependendo das circunstâncias locais e de momento, num processo que se prolonga indefinidamente. O artigo se afasta, pois, dos métodos usuais de otimização empregados pela microeconomia reducionista. Tal opção se justifica, entretanto, pois a teoria neoclássica padrão que postulava – e postula – a existência, a unicidade e a estabilidade do equilíbrio como normas teóricas pétreas capitulou diante de várias evidências contrárias, todas elas de cunho eminentemente teórico, as quais mostraram que tais preceitos eram na verdade bem frágeis – muito frágeis. Como bem se sabe atualmente, se os teoremas de impossibilidade de Sonnenschein, Debreu e Mantel mostraram que as duas últimas normas não se verificavam necessariamente numa economia imaginada de Arrow-Debreu, os teoremas de não-computabilidade demonstraram que certos equilíbrios existentes nesse tipo de construção analítica não poderiam ser em geral atingidos (Hahn, 1991; Bowles, 2004, p. 217-220).

Nesse sentido, os preços são vistos aqui como fenômenos emergentes gerados por interações microeconômicas de agentes organizados sistematicamente segundo certas relações e posições socialmente determinadas. Todas as interações que acontecem ou podem acontecer são guiadas por regras de comportamento, as quais têm também caráter estrutural. As interações, realizadas pelos atores econômicos entre si e com o ambiente, formam um sistema adaptativo complexo cujas partes coevolvem e em que eventos qualitativamente novos podem ocorrer. Os atores são, pois, caracterizados pelas relações sociais que travam, por seus estados internos e pelas regras de comportamento que seguem. Alguns desses estados e alguns desses comportamentos regulados são fixos, mas outros podem mudar ao longo do tempo. O ambiente está constituído por um espaço geográfico artificial – que é, formalmente, um reticulado plano – em que existem recursos renováveis, os quais são colhidos e consumidos por atores –, os quais são, formalmente, centros de procedimentos econômicos. Esses recursos, bens do ponto de vista dos agentes propriamente ditos, são, pois, necessários para sua sobrevivência. Além de colher e consumir, os agentes trocam entre si esses valores de uso com a finalidade de melhor atender as suas necessidades. As regras de comportamento regulam todos os comportamentos no sistema, sejam as ações dos atores, sejam as interações dos atores entre si e com o ambiente, sejam as mudanças do próprio ambiente.

Para apresentar o argumento do artigo, em primeiro lugar, descrevem-se as características gerais do sistema econômico imaginário, as quais estarão de fato inscritas nos algoritmos computacionais do modelo. Estes, dizendo de outro modo, dão forma matemática às sociedades artificiais aqui estudadas. Apresentam-se, assim, o ambiente, os agentes e as regras que determinam os seus comportamentos. Em sequência, discute-se um modelo de trocas em que os indivíduos agem no mercado com base em

---

<sup>2</sup> Imaginário, mas adequado, entretanto, para tratar de certas questões teóricas relativas à formação dos preços, pois se tem a teoria neoclássica como alvo. Em consequência, a questão do dinheiro é propositalmente omitida. Fica-se, portanto, no interior de uma representação do sistema econômico como um todo fundada na figuração da troca tal como ela aparece para os próprios personagens econômicos, tomados abstratamente como agentes esclarecidos.

preferências bem comportadas, as quais são construídas ao modo usual da teoria neoclássica padronizada nos livros-texto. Nesse, que será chamado de modelo neoclássico impuro, os preços não serão mais determinados como preços de equilíbrio; eles, entretanto, continuam fundados, aparentemente, nas preferências subjetivas dos agentes econômicos. Na seção seguinte, mediante afastamento desse padrão teórico vulgarizado, considera-se um modelo de trocas em que as preferências dos agentes são estritamente complementares. E que será denominado, por isso mesmo, de modelo neoclássico anômalo. Faz-se, assim, uma aproximação a noções de oferta e procura encontradas na teoria econômica clássica com o objetivo de examinar se a fundação acima apontada ainda se mantém. Nos dois casos examinados, os agentes formulam expectativas sobre os preços, procurando adaptarem-se às circunstâncias cambiantes, com a finalidade de sobreviver.

Mostra-se aqui, por meio de ambos os modelos, sem pretensão de originalidade quanto a essa tese em específico, que os preços de mercados têm de ser encarados como variáveis estatísticas. Se, no primeiro deles, entretanto, os preços de mercado se encontram ainda baseados em ações orientadas por preferências subjetivas, no segundo deles fica ressaltado que os preços são fenômenos sistêmicos objetivos que se originam, em última análise, da interação complexa entre necessidades e disponibilidades sociais. Há uma rede de relações sociais e é no interior dessa rede que as interações acontecem, não independentemente deles, mas por meio deles. Nos dois modelos estudados põem-se, para aqueles que querem ir além da superfície dos fenômenos<sup>3</sup>, a questão de examinar aquilo que está subjacente à formação dos preços. Em ambos se pode perguntar sobre a relação entre as quantidades de trabalho despendidas na atividade produtiva e os preços que se formam no mercado. Pois, o tempo de trabalho dedicado à produção de valores de uso mostra-se crucial nas sociedades humanas em geral. Entretanto, dado o caráter superficial dos modelos – eles representam economias mercantis pela sua aparência –, não se poderá falar aqui em valor-trabalho no sentido de Marx. Eis que essa categoria, para esse autor, vem a ser ilusão real posta apenas pela sociabilidade inerente ao modo de produção capitalista. E, em consequência, ela não pode ser apreendida como mera positividade, de modo estritamente quantitativo.

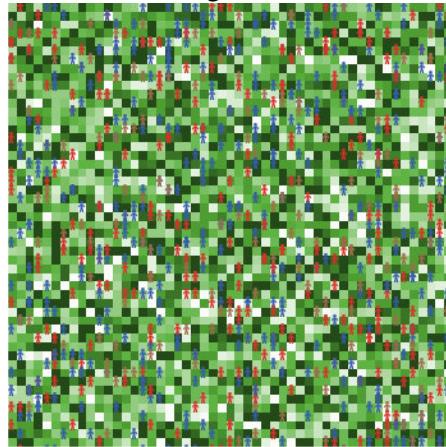
## O sistema econômico

O ambiente do sistema econômico está constituído por um reticulado quadrado e plano, composto de dois mil e quinhentos sítios, também quadrados. Essa grade de locações é encarada como a terra e o território em que crescem espontaneamente, como dádivas da natureza, dois tipos de grãos, os quais serão designados simplesmente como bem A e bem B. Em cada momento, todos os sítios aí existentes têm uma capacidade máxima constante de conter A e de B, assim como certos níveis de disponibilidade efetiva desses valores de uso. Os níveis efetivos variam localmente, pois, ao longo do tempo, dependendo do processo evolutivo – ou seja, do metabolismo que se estabelece entre os habitantes e o ambiente – do sistema como um todo. Pois, nesse meio vive uma população de agentes que coletam e trocam os bens A e B entre si. A aparência desse sistema econômico é mostrada na figura I.

---

<sup>3</sup> E, portanto, além da figuração aludida na nota de rodapé anterior.

Figura I



Na condição inicial, tendo por referência cada um dos bens, vinte por cento dos sítios do terreno têm certa capacidade máxima superior; tais tetos podem diferir para cada um dos bens e eles são controlados pelo observador do funcionamento do modelo. Os outros oitenta por cento dos sítios do reticulado têm necessariamente capacidade máxima menor. Ainda com referência a cada um dos bens, vinte por cento deles têm capacidade máxima igual a oitenta por cento da capacidade superior; as três frações seguintes, constituídas ainda pelos mesmos vinte por cento do total de sítios, possuem capacidade máxima igual a sessenta, quarenta e vinte por cento, respectivamente, dessa capacidade superior. Assim, por exemplo, um determinado sítio em particular pode ter capacidade superior igual a 40 unidades de bem A e 20 unidades de bem B – ou ao contrário. Tal como construído, o ambiente apresenta-se bem heterogêneo espacialmente, pois as suas locações apresentam grande diversidade de capacidade de fornecer riqueza material para os atores econômicos que o habitam. Note-se, ademais, que o observador controla os níveis de disponibilidade dos dois bens e, assim, a sua escassez “natural”. É evidente que ele pode alterar a escassez relativa dos dois bens e, ao fazê-lo, introduz alterações importantes nos processos de formação de preços a serem considerados.

Na condição inicial, cada sítio dispõe efetivamente de ambos os valores de uso na exata medida do permitido por sua capacidade máxima. Ora, os agentes econômicos se movimentam pelo território do modelo colhendo tanto do bem A quanto do bem B e, ao fazê-lo, reduzem os níveis efetivos de riqueza aí existentes. Entretanto, o ambiente está dotado de capacidade de regeneração. A regra que rege esse processo está definida pelo número de unidades de bem A e bem B que cresce por intervalo de tempo – contado este último pelo próprio tique do programa; a grandeza que define a capacidade de regeneração é também controlada pelo observador. Assim, o ritmo da regeneração pode ser estabelecido em pelo menos uma unidade por período, podendo também ser fixada em duas ou mais unidades por período. Quando se define exogenousemente essa grandeza, definem-se as capacidades endógenas de regeneração para ambos os bens. Note-se que a capacidade de regeneração é variável importante, pois ela afeta as condições de sobrevivência da população que habita o território do modelo.

A população inicial de agentes que existe no terreno é fixada pelo observador entre valores que oscilam entre quatrocentos e oitocentos. Como o modelo está focado na troca simples e esta sempre ocorre entre vizinhos próximos, o número de agentes não

poderá ser muito reduzido pelo observador ou pelo próprio processo dinâmico, já que, quando isto vem a acontecer, diminuem drasticamente as oportunidades de transação. Supõe-se em geral que os agentes atuam sempre na vizinhança de Von Neumann –, ou seja, que interagem com outros agentes, assim como com os sítios do ambiente –, apenas quando se encontram nas locações à esquerda e à direita, acima ou abaixo da posição em que se encontram no reticulado. Entretanto, como eles têm de ser mover incessantemente não apenas para colher, mas também para trocar, supõe-se que sejam capazes de se mover em busca de parceiros em quaisquer das oito direções permitidas pelo arranjo do reticulado tendo em vista essa última finalidade. Também se supõe que, ao fazê-lo, percorrem de um a quatro sítios de cada vez, dependendo dos valores assumidos por uma variável aleatória interna ao programa.

Para escolherem o lugar em vão colher, os agentes têm de descobrir os sítios mais ricos em bens A e B que possam alcançar. E o fazem examinando os sítios imediatamente próximos nos quatro sentidos permitidos pela vizinhança de Von Neumann. Escolhida a direção mais promissora, o agente toma precisamente esse rumo, colhendo aí todo o grão que seja capaz de fazê-lo. A eficácia com que isto ocorre depende de um parâmetro que é controlado pelo observador e que varia entre 0,4 e 0,8 por cento da disponibilidade do sítio. O trabalho da colheita – e esta vem a ser uma suposição importante, como se verá – não é capaz de discriminar entre os bens A e B.

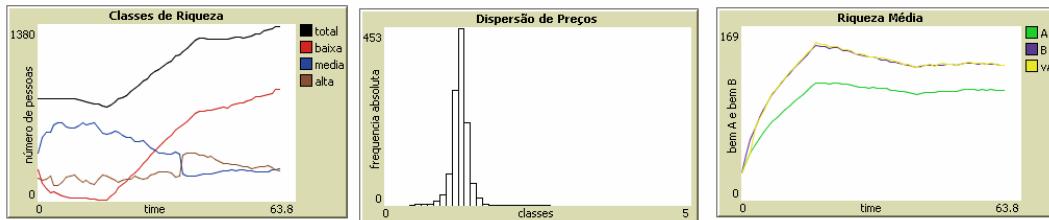
A riqueza material de cada agente é definida como as quantidades que possuem de bem A e de bem B, as quais carregam sempre consigo ao se moverem pelo terreno em busca de mais recursos. Ao colherem certas quantidades de A e de B num determinado sítio, os agentes acrescentam imediatamente essas quantidades aos seus estoques de riqueza. Além de acumular, eles também têm de gastar. Pois, para sobreviverem, têm de se movimentar pelo terreno. E, para fazê-lo, têm de consumir determinadas quantidades de bem A e de bem B. É o observador quem define, previamente, o intervalo de variação dessas quantidades de consumo. Não de um modo totalmente arbitrário, pois elas podem variar entre no mínimo uma unidade de cada bem e certa quantidade máxima que pode ser duas, três ou mais unidades por período. Definido o limite superior, o programa, então, determina aleatoriamente (usando uma distribuição uniforme contínua) as quantidades que devem ser consumidas individualmente pelos agentes que se encontram no terreno. Também por essa razão, os agentes formam um conjunto amplamente heterogêneo: eles diferem amplamente também quanto aos requisitos de consumo que lhes garantem a própria sobrevivência. Ao consumir, os agentes reduzem as quantidades de bem A e de bem B disponíveis em seus estoques de riqueza.

Se a quantidade de riqueza de qualquer agente chegar ao nível mínimo de uma unidade de quaisquer dos dois bens, o agente morre. Cada agente, ademais, tem um período de vida que varia aleatoriamente entre dez e cem períodos. Quando esse período, contado pelos tiques do programa, chega ao fim, o agente também morre. Os indivíduos, porém, enquanto estão vivos, podem ser reproduzir assexuadamente (essa suposição operacional não é essencial para o problema em exame, mas vem a ser adotada porque facilita enormemente a programação). Cada um deles gera pelos menos um descendente ao longo de sua existência; contudo, pode gerar mais do que um e isto depende de uma variável de controle cujo valor é definido pelo observador. Se, por exemplo, essa variável for fixada em 1,30, isto significa que, de cada três indivíduos, um deles terá dois descendentes. Para não criar falsas descontinuidades, o momento da

reprodução para cada indivíduo é escolhido internamente pelo programa de um modo aleatório num intervalo entre dezoito e quarenta períodos. Em resumo, para sobreviver individualmente, os agentes coletam, consomem e trocam bens; para subsistir coletivamente, eles geram descendentes. A influência mútua desses processos define a dinâmica do sistema que pode levar à expansão ou à contração da população durante certas fases; em geral, o total de indivíduos tende a se estabilizar em equilíbrios imprecisamente determinados por meio de flutuações irregulares; eventualmente, porém, ocorre a aniquilação da população.

O andamento do processo é acompanhado por meio de gráficos, os quais são apresentados na figura II. O primeiro deles, mostra a composição da população dividida em três classes de riqueza – riqueza essa que é medida de maneira específica para cada um dos modelos considerados. Para construí-lo, a riqueza total de cada agente é computada; as riquezas são então ordenadas da menor para a maior; três classes de riqueza são, então, definidas do seguinte modo: a primeira contém todos os indivíduos cuja riqueza soma de zero a um terço da riqueza máxima, a segunda contém todos aqueles cuja riqueza se encontra entre um terço e dois terços da riqueza máxima; e a terceira inclui todos os restantes de maior riqueza<sup>4</sup>. O segundo gráfico apresenta o histograma da dispersão dos preços de mercado; ele fornece as freqüências absolutas de indivíduos por classes de preços (definidas em grande número para melhor visualização). O terceiro gráfico fornece o andamento da riqueza média dos habitantes da sociedade artificial; mostram-se aí os níveis de riqueza material medidos em quantidades do bem A e em quantidades do bem B; mostra-se aí, também, a riqueza em valor, computando-se o produto da quantidade média do bem A, por indivíduo, pelo seu preço médio global, período a período. A figura II, em seqüência, apresenta as configurações típicas desses gráficos as quais podem ser sempre observadas no transcorrer das simulações.

Figura II



Além desses três que descrevem em termos agregados a situação da população, um outro gráfico completa a descrição da dinâmica do sistema. Este último é aquele que fornece a representação temporal da evolução dos preços. Nesse gráfico, imprimem-se normalmente duas variáveis que descrevem o andamento dos preços observados em cada período: o preço médio e o preço mediano. A apresentação do preço médio junto com a do preço mediano se faz necessária porque as distribuições dos preços de mercado são em geral assimétricas – e isto aparece já no histograma dos preços, acima apresentado. Imprime-se aí também a razão média entre as quantidades coletada dos dois bens (quantidade de B sobre a quantidade de A) período a período, a qual pode ser entendida como variável que reflete a produtividade relativa do trabalho na produção

<sup>4</sup> O estudo detalhado da repartição da riqueza num modelo básico semelhante aquele aqui empregado foi feita Moraes (2008).

desses bens, enquanto mercadorias. Ademais, nesse gráfico ainda é apresentada uma linha que mostra o andamento temporal da razão entre as riquezas mantidas pelos agentes em bem B e em bem A, ou seja, a riqueza média dos agentes em bem B sobre a sua riqueza média em bem A.

### **Modelo neoclássico impuro**

Nesta seção faz-se a apresentação de um modelo de trocas semelhante ao encontrado no livro de Epstein e Axtell. Isto se justifica, pois a réplica não apenas comprova certos resultados encontrados por esses dois autores, mas éposta aqui como contraponto necessário do modelo original a ser exposto na próxima seção. É este segundo que contém certa novidade teórica discutida neste artigo

O modelo de Epstein e Axtell está construído sobre as ruínas da teoria neoclássica. Se, por um lado, nele se viola a norma fundamental de que os preços de mercado são necessariamente preços de equilíbrio, mantêm-se aí, por outro, ainda certos supostos dessa teoria na fixação das regras de comportamento dos agentes no momento da troca. Em suma, nele se concebe ainda os agentes como seres que possuem preferências bem-definidas, permanentes e bem-comportadas, admitindo em consequência que elas determinam adequadamente seus modos de atuação no processo de mercado. Quando dois agentes eventualmente se encontram no terreno, eles as relevam corretamente uns para os outros no momento que antecede as transações para verificar se elas são ou não, de fato, possíveis. E isto vem ocorrer quando elas são capazes de gerar, em princípio, melhorias para ambos os envolvidos na troca, ou seja, quando permitem alguma aproximação local ao ótimo de Pareto.

Os agentes econômicos aqui, entretanto, não interagem com o sistema de preços figurado usualmente por meio do leiloeiro walrasiano; eles não buscam maximizar a obtenção de bem-estar pondo-se individualmente em equilíbrio e gerando, em conjunto, o equilíbrio geral. O mercado aqui não funciona de modo centralizado seja na geração de informação seja na realização das operações de trocas. Diferentemente, o modelo supõe que eles consideram a possibilidade de trocar apenas nos encontros bilaterais que vão acontecendo no terreno em que vivem conforme caminham em busca dos bens A e B. Para tanto, interagem apenas com os vizinhos próximos locados na vizinhança de Von Neumann, por meio de regras simples de fixação de preços e de determinação das quantidades a serem trocadas. Desse modo – é importante observar –, as grandezas observadas nas transações são sempre determinadas localmente; se implicam sempre em melhora do bem-estar dos agentes envolvidos, não geram necessariamente alocações ótimas seja nos termos do equilíbrio geral seja nos termos de equilíbrios parciais. Mesmo sendo os agentes concebidos ao modo neoclássico, o mercado funciona aqui de modo tateante, descentralizado e não equilibradamente.

Em cada momento, os agentes possuem determinadas quantidades dos dois valores de uso, as quais formam a sua riqueza material. Eles sabem, ademais, as quantidades desses dois bens que precisam consumir em cada momento. Desse modo, eles podem calcular a própria expectativa de vida em relação a cada um deles, para compará-las e empregá-las do melhor modo que sejam capazes. Se as necessidades dos bens são ( $m_A$ ,  $m_B$ ) e as quantidades de riqueza disponível são ( $w_A$ ,  $w_B$ ), então tais expectativas consistem em  $\tau_A = w_A/m_A$  e  $\tau_B = w_B/m_B$ , respectivamente. Essas duas expectativas fornecem critérios racionais para a alocação de recursos em todo momento

do tempo de vida dos agentes. A razão  $\tau_B/\tau_A$  mede a importância relativa dos dois bens no horizonte de cálculo de cada ser que habita o terreno em que crescem os grãos considerados. Se ela for maior do que 1, o bem A se afigurará relativamente como mais importante do que B; caso seja menor do que 1, ocorrerá o contrário.

Parece bem razoável, nesse momento, supor que cada indivíduo, dentro de suas possibilidades locais, coletará e trocará os bens A e B, procurando melhorar a sua própria expectativa de vida. Nessa perspectiva, ele coletará o mais que puder dos dois bens e transacionará A por B ou B por A conforme uma dessas alternativas se mostre capaz de aumentar imediatamente a sua expectativa de vida. Epstein e Axtell, porém, assumiram que seguinte função de bem-estar – trata-se, evidentemente, de uma função de Cobb-Douglas – orienta as suas escolhas individuais no processo da troca:

$$W(w_A, w_B) = w_A^{m_A/m_T} \cdot w_B^{m_B/m_T}$$

Em  $W(\cdot)$ , tem-se que  $m_T = m_A + m_B$ , com  $m_A$  e  $m_B$  constantes. Mediante essa opção, Epstein e Axtell dotaram cada agente de preferências subjetivas capazes de orientá-los racionalmente na coleta, no consumo e na troca de bens. Naturalizando as necessidades sociais sob o rótulo de metabolismos, trataram estes últimos ao modo característico da teoria neoclássica: “se um agente tem metabolismo mais alto pela primeira mercadoria do que pela segunda, então, ele vê um sítio com igual quantidade das duas como se ele tivesse menos da primeira do que da segunda” (Epstein e Axtell, 1996, p. 97). De modo algo diverso, admite-se aqui, explicitamente, que as necessidades sociais são mutáveis, mas não na mesma temporalidade do movimento dos preços e que, por isso, para examinar a formação desses últimos, pode-se perfeitamente tomá-las como fixas. Mantêm-se nesse primeiro modelo, por opção de crítica, os pressupostos neoclássicos sobre a natureza subjetiva e fundadora das preferências. Em consequência, mede-se a riqueza individual dos agentes por meio de  $W(\cdot)$ .

Com base nessa função, os agentes inspecionam e avaliam os sítios da vizinhança de Von Neumann em que se encontram para descobrir aqueles que se mostram mais promissores. Em princípio, todos os quatro possíveis – e eles se encontram a leste, a oeste, ao norte ou ao sul da própria posição considerada – poderão ser visitados; porém, uma direção deve ser escolhida e esta será aquela que aponta para o sítio mais rico no horizonte de observação, qual seja um sítio em cada direção. Para tomar essa decisão, os indivíduos não examinam apenas as quantidades de bens disponíveis em cada locação, mas as consideram como contribuições adicionais ao bem-estar que possam alcançar caso venham a colhê-las. Suponha-se que os sítios potenciais tenham quantidades genéricas dos bens A e B indicadas por  $(x_A, x_B)$ . A significância de cada um deles para o bem-estar do agente fica, então, indicado pelo valor da função de bem-estar:

$$W(w_A + x_A, w_B + x_B)$$

Como base no cálculo sistemático dessa função na vizinhança de Von Neumann, o agente escolhe sempre aquele sítio que lhe proporcionará o maior ganho possível de bem-estar. O agente se moverá, então, para esse sítio, colhendo aí todos os bens que seja

capaz de fazê-lo, o que depende de sua eficiência. Depois disso, ele se deslocará aleatoriamente para um novo sítio tendo em vista encontrar novos parceiros de troca. Ao chegar ao novo sítio, o agente procurará todos os vizinhos próximos que encontrar na vizinhança de Von Neumann para verificar se é possível fazer com cada um deles transações mutuamente vantajosas. Eventualmente, nenhum dos quatro sítios está ocupado; nesse caso, nenhuma troca poderá existir. Se, porém, em pelo menos um deles houver um outro indivíduo, a troca poderá ocorrer. A primeira coisa, então, que terá de acontecer será a mútua revelação das taxas marginais de substituição calculadas na condição inicial da troca. Essa condição, como se sabe, está definida para cada um dos agentes pelas dotações iniciais de A e B que possuem e por sua função de bem-estar. Para poder revelá-las, os agentes terão de calculá-las. Em consequência – bem ao estilo da economia neoclássica –, tem-se de supor que os agentes são capazes de fazer cálculos complicados, os quais, no presente caso, são definidos na seguinte expressão:

$$TMS \equiv \frac{dw_B}{dw_A} = \frac{\frac{\partial W(w_A, w_B)}{\partial w_A}}{\frac{\partial W(w_A, w_B)}{\partial w_B}} = \frac{\frac{m_A}{m_t} w_A^{(m_A - m_t)/m_t} w_B^{m_B/m_t}}{\frac{m_B}{m_t} w_A^{m_A/m_t} w_B^{(m_B - m_t)/m_t}} = \frac{\frac{w_B}{m_B}}{\frac{w_A}{m_A}} = \frac{\tau_B}{\tau_A}$$

Em palavras, diante da troca possível, cada agente obtém a taxa marginal de substituição pontual, ou seja, a proporção segundo a qual ele deseja transacionar naquele preciso instante, calculando a razão entre as suas expectativas de vida relacionadas aos seus estoques de riqueza e necessidades dos bens A e B. Essa razão tem obviamente sentido subjetivo, pois, ela mede a escassez relativa dos dois recursos que está inscrita em seus “mapas” de preferência. Se essa TMS for, por exemplo, maior do que 1, ela estará indicando que o bem A é relativamente mais escasso do que o bem B, de tal modo que o agente considerado “se pensa como relativamente mais pobre” em termos de A.

Quando dois agentes – denominados aqui, genericamente, de I e II – se encontram na vizinhança de Von Neumann, eles revelam um para o outro, a sua taxa marginal de substituição naquele ponto do tempo. Se  $TMS(I) > TMS(II)$ , isto significa que o agente I considera o bem A relativamente mais valioso do que o bem B em relação ao agente II; nesse caso, I se torna comprador de A e vendedor de B e II se torna vendedor de A e comprador de B. Se  $TMS(I) < TMS(II)$ , ocorre o contrário. Caso prevaleça a igualdade, não haverá transação porque os indivíduos já se encontram na chamada curva de contrato. Note-se, nesse ponto, que a situação dos agentes econômicos nos encontros bilaterais sempre pode ser bem descrita por meio da caixa de Edgeworth. Como aqui não há atuação global ou local de leiloeiro walrasiano, os agentes não chegam necessariamente em qualquer dos pontos de equilíbrio possíveis; ao contrário, eles operam de modo tateante no interior do “olho de Edgeworth”, buscando cada um, no seu próprio interesse, melhorar a própria situação de bem-estar; ao fazê-lo, em conjunto, eles procuram se aproximar, implicitamente, o mais possível da curva de contrato.

Havendo decidido a direção de movimento dos bens na troca, especifica-se então as regras de formação de preço<sup>5</sup> e de fixação das quantidades trocadas. Tal como a teoria neoclássica assim o prescreve, o preço de mercado – definido aqui com o preço de A em termos de B – deverá necessariamente se situar no intervalo entre as taxas marginais dos participantes da transação, devidamente calculadas. O leque de possibilidades é, portanto, amplo; poder-se-ia fazer, por exemplo, a suposição de que o preço final irá depender do poder de barganha dos participantes da troca; poder-se-ia supor que eles escolherão um “preço justo”, dividindo entre si, de algum modo, o ganho possível da troca. Epstein e Axtell, seguindo trabalho anterior de Foley e Albin (1998), optaram por fixar o preço por meio da média geométrica das duas taxas de substituição; ou seja:

$$p_A = \sqrt{TMS(I) \cdot TMS(II)}$$

O mesmo suposto, que tende a suavizar a flutuação possível dos preços, foi adotado no modelo aqui apresentado. Quanto às regras regedoras das quantidades trocadas, optou-se por estabelecê-las de um modo simples. Cada agente, em cada transação, busca aproximar-se da curva de contrato trocando montantes fixos que dependem apenas dos montantes de riqueza já possuídos. A tabela abaixo mostra como isso é feito no caso em que I é vendedor e II é comprador de A; o caso inverso em que I é comprador e II é vendedor de A vem a ser, simplesmente, simétrico. Para corrigir, entretanto, o viés introduzido pelo preço nos montantes trocados, faz-se nesse segundo caso uma inversão nas quantidades cedidas de A e de B, tornando-as, respectivamente,  $x/p_A$  de A e  $x$  de B, em que  $x$  vem a ser 2 ou 5.

I: vendedor de A e comprador de B II: comprador de A e vendedor de B	Qte cedida de A	Qte cedida de B
$w_A(I) > 10$ e $w_B(II) > 10$	2	$2 p_A$
$w_A(I) > 20$ e $w_B(II) > 20$	5	$5 p_A$

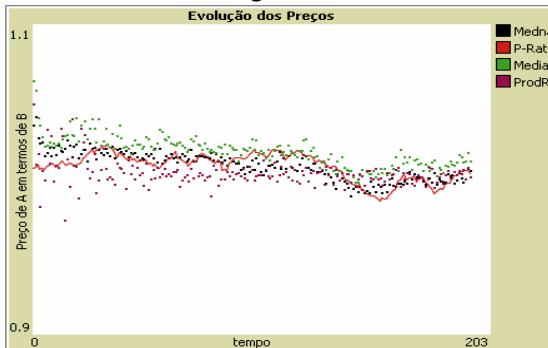
Na perspectiva da teoria neoclássica, a lógica da fixação da quantidade exige que as quantidades a serem transacionadas sejam tais que os níveis de bem-estar de ambos os agentes melhorem sempre quando a troca se efetiva. As regras acima fixadas podem violar eventualmente esse preceito teórico, pois permitem que eles transpassem ocasionalmente a curva de contrato de um lado para outro. Quando isto acontece, pelo menos um deles fica pior em relação à situação que teria caso a curva de contrato não tivesse sido ultrapassada. Porém, se esse caso sobrevém, é possível que ambos piorem. Como as trocas ocorrem continuamente e os montantes trocados são relativamente pequenos em relação às dotações dos agentes, os erros não serão significativos e eles

---

<sup>5</sup> Como se trata de uma economia de troca, ao invés de preço seria mais correto empregar o termo valor de troca. Mantém, entretanto, para melhor comparação, a terminologia usual no contexto da teoria neoclássica.

tenderão a ser corrigidos processualmente. Ademais, testes feitos indicaram que a regra adotada se mostrou eficaz para tornar o funcionamento do mercado mais equilibrador<sup>6</sup>.

Figura III



**Figura III:** População inicial: 800 indivíduos. Disponibilidade máxima de A e de B: 50 unidades. Necessidades: [1, 2] unidades de cada bem por período. Taxa de natalidade: 1,3 por indivíduo. Taxa de regeneração: 2 unidades por período. Eficiência: 0,6 da quantidade existente no sítio.

Com base nessa regras é possível observar – o que, aliás, é impossível na teoria neoclássica padrão – o processo dinâmico de formação de preços na sociedade artificial. Esta é construída, vale lembrar, para representar economias mercantis com base na figuração usual que os próprios agentes econômicos reais fazem do que ocorre nas trocas. Supondo, inicialmente, que as disponibilidades “naturais” do terreno sejam idênticas para os dois bens, a figura III mostra esse processo. Note-se que os preços de mercados, nesse caso em particular, refletem a igualdade aproximada dos níveis de escassez dos dois bens frente às necessidades de consumo dos agentes.

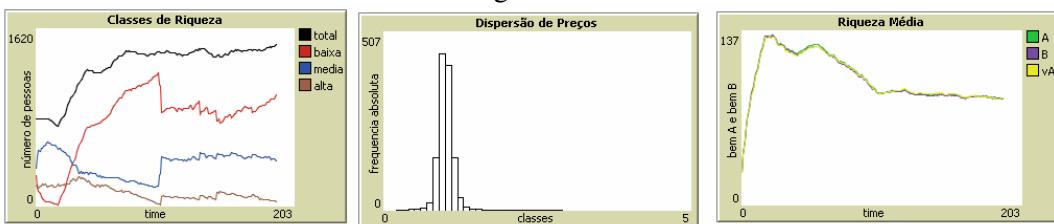
No gráfico temporal da figura III, observa-se a evolução do preço médio (pontos verdes), do preço mediano (pontos pretos), da razão “quantidade coletada de B sobre quantidade coletada de A” (pontos roxos) e da razão “riqueza média em B sobre riqueza media em A” (linha vermelha). Como são centenas aqueles que habitam a sociedade artificial e cada um deles pode realizar mais de uma troca por período – há sempre também aqueles que não conseguem transacionar no período considerado –, cada ponto do gráfico sintetiza uma distribuição de preços que está descrita pelo histograma dinâmico contido na figura IV. Os preços medianos se situam abaixo dos preços médios em virtude da assimetria da distribuição, antes referida. De qualquer modo, o preço médio se situa em torno de 1, o que simplesmente reflete o fato de que, nessa situação, os dois bens são igualmente escassos. A evolução da razão entre as quantidades médias colhidas dos dois bens (linha vermelha) também oscila em torno de 1.

Como pode se observar no gráfico da esquerda contido na figura IV, a população cresce e tende a um valor próximo de 1.600 indivíduos (linha preta). Esse mesmo

<sup>6</sup> Calculou-se o desvio padrão de uma razão – mais a frente, ela será indicada por R – que mede o afastamento da alocação efetiva da alocação de equilíbrio. Verificou-se que a regra adotada de fixação da quantidade a ser trocada é bem eficaz para melhorar a condição de sobrevivência dos agentes. Um gráfico indicativo dessa redução será apresentado na próxima seção.

gráfico, o qual também indica a evolução das classes de riqueza, mostra que tende a existir poucos ricos (linha marrom), muitos pobres (linha vermelha) e uma classe média relativamente numerosa na sociedade artificial considerada (linha azul). Note-se já aqui que isto se manterá nas outras simulações. As riquezas médias em A e em B, observadas no gráfico da direita na mesma figura IV, tendem a se estabilizar em valores menores do que 100 unidades no decorrer das simulações.

Figura IV



A variância da distribuição de preços mostra-se notavelmente baixa nessa simulação – e esta é uma característica constante do modelo. Entretanto, ao se aumentar o intervalo de variação das necessidades de [1, 2] unidades por período para entre [1, 5], essa variância aumenta substancialmente como mostra a figura V. Ora, isto mostra que o grau de heterogeneidade das preferências, como era de se esperar, influí positivamente na variância dos preços.

Figura V

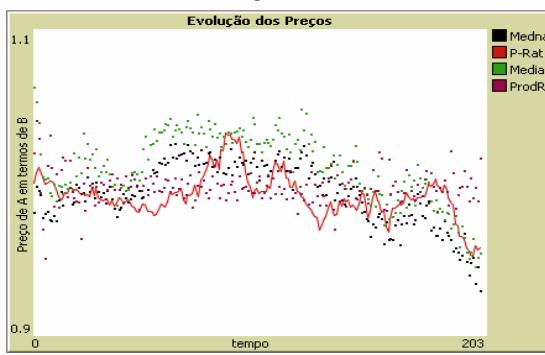


Figura V: População inicial: 800 indivíduos. Disponibilidade máxima de A e de B: 50 unidades. Necessidades: [1, 5] unidades de cada bem por período. Taxa de natalidade: 1,3 por indivíduo. Taxa de regeneração: 2 unidades por período. Eficiência: 0,6 da quantidade existente no sítio.

O que ocorre, agora – e este é o principal experimento que o modelo permite fazer – se a disponibilidade “natural” dos dois bens for assimétrica? Há dois casos a considerar. A figura VI que se segue mostra a situação em que o bem A é mais escasso do que o bem B, na proporção inicial de 2 para 3, mantidos constantes todos os outros parâmetros da simulação precedente.

O gráfico da figura VI indica que o preço de mercado do bem A em termos do bem B (pontos verdes e pretos) atinge um pico imediatamente após o início das simulações, algo em torno de 1,45, para depois passar a cair pouco a pouco até atingir o valor aproximado de 1,2. A partir da condição inicial, a razão indicadora da produção relativa dos dois bens (pontos roxos), por sua vez, tende a declinar para se situar num nível aproximado de 1,1. Ambos esses indicadores mostram existir maior escassez do bem A em relação ao bem B. Entretanto, o andamento temporal dos valores registrados no gráfico mostra, especialmente no caso dos preços, que o grau relativo de escassez inicial (2 de A para 3 de B) não se mantém. Para entender porque surge um pico na tendência dos preços e porque este é seguido de um declive suave, é preciso considerar que os sítios mais ricos são privilegiados em detrimento dos mais pobres na colheita e que esta é sempre proporcional as quantidades existentes no solo. Ora, isto tende a homogeneizar a dotação dos sítios não apenas em relação a um mesmo bem, mas também entre eles. Assim, quanto maior for a eficiência do processo da colheita, compensado pela regeneração paulatina – sempre no mesmo ritmo – da capacidade produtiva do solo, maior tenderá a ser o efeito redutor no diferencial de escassez entre os bens A e B. O gráfico contido figura VII, ao apresentar a evolução dos recursos disponíveis para a eventual colheita, mostra esse fato. Eis que isto também pode ser observado no gráfico “Riqueza Média”, o qual será comentado em seqüência.

Figura VI

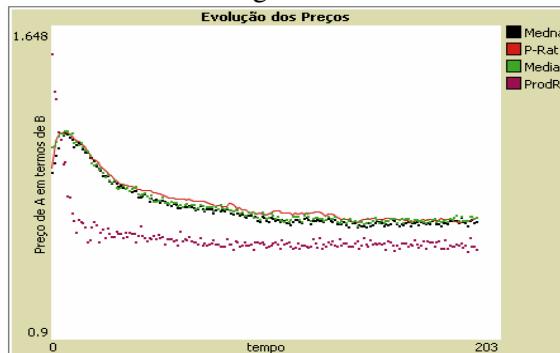
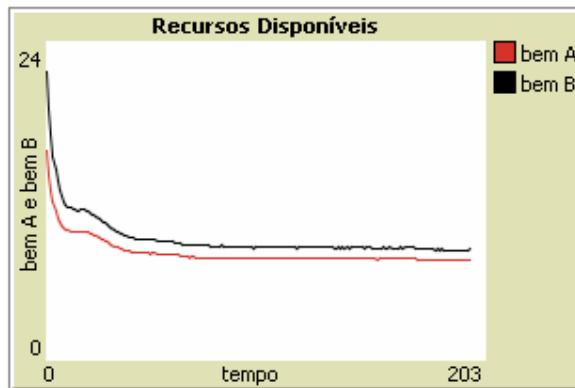


Figura VI: População inicial: 800 indivíduos. Disponibilidade máxima de A: 40; de B: 60 unidades. Necessidades: [1, 2] unidades por período. Taxa de natalidade: 1,3 por indivíduo. Taxa de regeneração: 2 por período. Eficiência: 0,6 da quantidade existente no sítio.

O gráfico VI indica que o preço de mercado do bem A em termos do bem B (pontos verdes e pretos) atinge um pico imediatamente após o início das simulações, algo em torno de 1,45, para depois passar a cair pouco a pouco até atingir o valor aproximado de 1,2. A partir da condição inicial, a razão indicadora da produção relativa dos dois bens (pontos roxos), por sua vez, tende a declinar para se situar num nível aproximado de 1,1. Ambos esses indicadores mostram existir maior escassez do bem A em relação ao bem B. Entretanto, o andamento temporal dos valores registrados no gráfico mostra, especialmente no caso dos preços, que o grau relativo de escassez inicial (2 de A para 3 de B) não se mantém. Para entender porque surge um pico na tendência dos preços e porque este é seguido de um declive suave, é preciso considerar que os sítios mais ricos são privilegiados em detrimento dos mais pobres na colheita e que esta

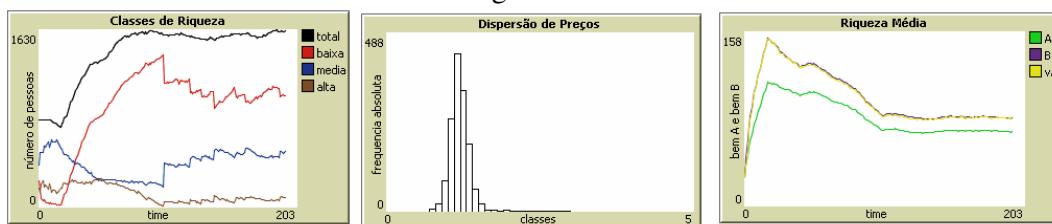
é sempre proporcional as quantidades existentes no solo. Ora, isto tende a homogeneizar a dotação dos sítios não apenas em relação a um mesmo bem, mas também entre eles. Assim, quanto maior for a eficiência do processo da colheita, compensado pela regeneração paulatina – sempre no mesmo ritmo – da capacidade produtiva do solo, maior tenderá a ser o efeito redutor no diferencial de escassez entre os bens A e B. O gráfico contido figura VII, ao apresentar a evolução dos recursos disponíveis para a eventual colheita, mostra esse fato. Eis que isto também pode ser observado no gráfico “Riqueza Média”, o qual será comentado em seqüência.

Figura VII



Examinando os estoques acumulados dos dois bens na figura VIII, verifica-se – tal como era de se esperar – que a riqueza média de A (linha verde) fica sempre abaixo da riqueza média de B (linha roxa). Ora, verifica-se que a distância entre elas atinge um máximo no começo da simulação, mas depois tende a se estreitar. É evidente que as duas linhas estabilizam-se em valores mais próximos, mas diversos entre si, mostrando que o grau de escassez relativa torna-se bem menor em relação àquele fixado inicialmente (2 de A para 3 de B). Nesse gráfico ainda, a linha do valor de A – quantidade média de bem A multiplicada pelo preço de A (linha amarela) – mostra-se quase coincidente com a linha da quantidade média de riqueza em bem B. Isto indica que as trocas estão se dando microeconomicamente a preços que equilibram aproximadamente a oferta e a demanda macroeconomicamente. A população também se estabiliza em torno de 1.600 indivíduos e as classes de riqueza apresentam o mesmo padrão de concentração anteriormente verificado. A dispersão dos preços também não apresenta novidade em relação à simulação anterior.

Figura VIII



O que ocorre, agora, se o bem B se torna mais escasso? A figura IX mostra esse caso quando se adota proporção inicial das dotações inversa à anteriormente empregada, ou seja, 3 de B para cada 2 de A. Claramente, o preço de A em termos do bem B (pontos verdes e pretos) reduz-se, tornando-se menor do que 1. De fato, após passar por um vale inicial em que chega a cerca de 0,7, tende a se situar num nível aproximado de 0,85, quando se estabiliza. A evolução da razão entre as quantidades de B e A colhidas (pontos roxos), nesse caso, atinge valores em torno de 0,9 unidades de B por unidade de A. Tal como já foi anteriormente observado, o desvio padrão dos preços afigura-se bem reduzido.

Os gráficos de controle contidos na figura X apresentam padrões que não diferem substancialmente dos anteriores. No que se refere à riqueza acumulada média, verifica-se, como era de se esperar, que a linha relativa ao bem A se situa sempre abaixo da linha relativa ao bem B. A distância inicial entre elas, que atinge um máximo após os primeiros momentos da simulação, tende a se reduzir conforme passa o tempo, mostrando também aqui o efeito da coleta diferencial e da regeneração a taxas idênticas nas disponibilidades de bens a serem coletados. De qualquer modo, o resultado observado reflete o andamento da escassez relativa de bens fornecidos pelo ambiente e o bem A é, agora, mais escasso do que o bem B. Esse andamento, é preciso ressaltar, não é um fenômeno puramente ambiental, mas depende, também, da eficiência da coleta.

Figura IX

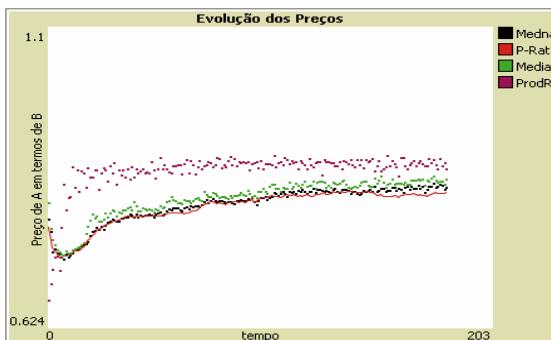
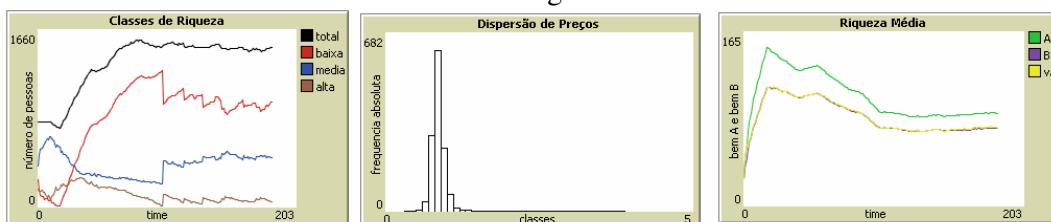


Figura IX: População inicial: 800 indivíduos. Disponibilidade máxima de A: 60; de B: 40 unidades. Necessidades: [1, 2] unidades de A e B. Taxa de natalidade: 1,3 por indivíduo. Taxa de regeneração: 2 unidades por período. Eficiência: 0,6 da quantidade existente no sítio.

Figura X



Algumas conclusões importantes podem ser postas em evidências a partir desses exercícios de simulação. A primeira delas – de certo modo esperada desde o início – é que os teoremas de bem-estar social são falseados pelos experimentos computacionais. Não apenas o ótimo global não é normalmente atingido, como também não são alcançados, em geral, ótimos locais. Entretanto, nota-se que o mercado tende a cumprir a sua função de fazer circular os bens como mercadorias, propiciando certa aproximação da alocação considerada ótima pela teoria neoclássica – o que, aliás, é algo bem trivial<sup>7</sup>. O cumprimento dessa função, entretanto, não é automático, mas depende de certas circunstâncias. No modelo específico aqui apresentado, a competência do mercado na alocação de recursos depende das condições de produção dos dois bens, as quais, por sua vez, dependem das disponibilidades “naturais” dos recursos. Se as trocas tendem de certo modo a aproximar o sistema da situação globalmente ótima, a produção – mediante a colheita dos bens encontrados na “natureza” – tende constantemente a afastá-lo desse ponto. O efeito global do processo é que o sistema fica permanentemente fora e longe do equilíbrio. Este não é um resultado excepcional, uma grande descoberta científica. Entretanto, ele serve para combater a idéia apologética, mas muito difundida, segundo a qual o mercado funciona perfeitamente e que, por isso, não se recomenda nunca ou quase nunca que seja objeto de intervenção governamental.

Talvez o resultado mais notável desses exercícios venha a ser mostrar, contra quase todas as lições recebidas das correntes dominantes na teoria econômica, que se deve associar ao mercado não um equilíbrio pontual para o qual o sistema tenderia de algum modo ou em que se posicionaria com certa proximidade, mas um equilíbrio de natureza estatística<sup>8</sup>. Dito de outro modo, a formação de preços não deve ser caracterizada nem como flutuação em torno de determinado centro de gravidade (o qual a Economia Política Clássica denominou de preço natural) nem como potencialidade que se efetivaria apenas em preços de equilíbrio (mera consequência de *market clearing*, tal como ocorre na teoria neoclássica). Pois, os preços ocorrentes nos mercados se realizam num horizonte restrito de possibilidades seguindo leis probabilísticas. Devendo, por isso mesmo, serem encarados como fenômenos emergentes que não obedecem a leis simples de causalidade. Ademais, se a noção de equilíbrio como perfeita compatibilidade de planos tem de ser ainda mantida de algum modo, ela passa a indicar uma mera virtualidade; tal equilíbrio não apenas jamais é alcançado, mas ele próprio muda constantemente ao longo do processo de mercado. Se ainda, pois, é possível falar em equilíbrio, ele tem de ser considerado como instável. A consequência dessa visão é reforçar que a situação normal do sistema econômico é permanecer fora da situação de balanceamento, num estado fluído que não pode ser caracterizado nem como ordem nem como desordem ou caos. Eis que o seu movimento resulta de leis complexas originadas da combinação de múltiplos eventos, interligados dinamicamente, de modo frequentemente não-linear. Com a conotação apologética usual que costuma encará-lo como maravilhoso e ao modo fetichista, também usual, que o vê como providencial, pode-se pensá-lo como um “processo de mão invisível”, agora anárquico (Epstein e Axtell, 1996, p. 111).

---

<sup>7</sup> Note-se, em adição, que um posicionamento do sistema no equilíbrio neoclássico poderia ocorrer com probabilidade muitíssimo pequena – nula para efeitos práticos.

<sup>8</sup> O modelo aqui apresentado pode ser encarado como implementação computacional, aproximada, do modelo teórico desenvolvido por Foley (1994).

### Modelo neoclássico anômalo

Ainda que o modelo anterior se afaste da teoria neoclássica padronizada, centrada na tautologia de que preços são sempre preços de equilíbrio, ele mantém, ainda, o pressuposto de que os agentes são capazes de formar em suas mentes “mapas” de indiferença. Fornece assim, ainda, sustentação à tese de que os preços estão fundados em valorações individuais e subjetivas, em detrimento da tese contrária segundo a qual os preços são determinados estritamente pelas condições objetivas de funcionamento do sistema econômico, em particular, pelo evolver da produção e pelo andamento das necessidades de consumo dos atores econômicos. Ainda que aqui não se explique como se formam a própria demanda dos consumidores, mostra-se que os preços dependem da escassez relativa tal como ela vem a ser apreendida pelos próprios atores econômicos.

Para tanto, examina-se um modelo alternativo em que esse fundamento é abandonado. Aliás, vale notar que se acompanha aqui a crítica segundo a qual o suposto de perfeita capacidade de comparação de cestas, o qual é necessário assumir para poder pensar tais “mapas” de preferência, implica em propor que os agentes econômicos têm capacidade infinita de computação, o que contraria resultados da matemática recursiva (Velupillai, 2000). Nesse sentido, o modelo neoclássico impuro apresentado ainda mantém alguma coisa dos supostos de racionalidade substantiva característico dessa tradição de pensamento econômico.

Ao invés de preferências bem comportadas que descrevem aquilo que o agente deve fazer em cada situação plausível de dotação inicial e preços admissíveis, supõe-se aqui, simplesmente, que eles têm necessidades as quais procuram atender da melhor forma possível, sejam como produtores de mercadorias sejam como mercadores dos bens que produzem. Assim, os agentes ficam caracterizados simplesmente pelas necessidades sociais ( $m_A$ ,  $m_B$ ) que têm de atender e pelas quantidades de riqueza que dispõem para atendê-las, ou seja, ( $w_A$ ,  $w_B$ ). Na linguagem da teoria neoclássica, eles têm agora preferências de Leontief. De qualquer modo, afiguram-se ainda como importantes para tais agentes as expectativas de vida associadas aos estoques possuídos dos dois bens, ou seja,  $\tau_A = w_A/m_A$  e  $\tau_B = w_B/m_B$ . Nesse sentido, o problema econômico que enfrentam vem a ser prolongá-las. Ora, aquilo que procuram fazer nesse sentido depende da racionalidade de seus comportamentos. Como aqui se admite que os agentes apenas possuem racionalidade limitada, assume-se que procuram manter simplesmente estoques de riqueza nas mesmas proporções das suas necessidades.

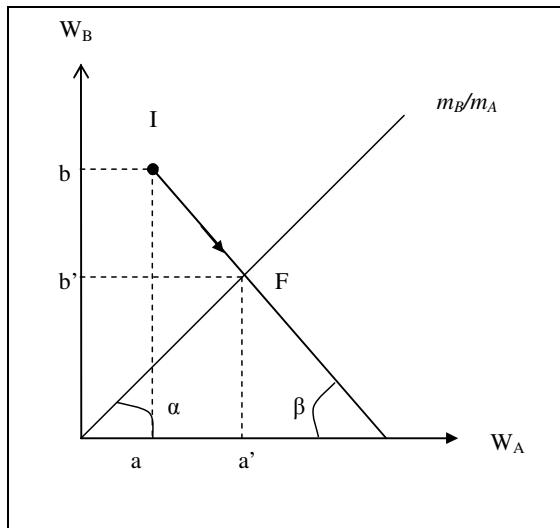
Nessa perspectiva, os agentes econômicos seguem agora um princípio de comportamento que manda maximizar a expectativa de vida. E, para tanto, medem a riqueza pela esperança de vida que suas dotações de A e B permitem alcançar. Quando trocam, dentro do conjunto das cestas que consideram atingíveis aos preços possíveis, buscam aquelas que lhes permitem aproximar-se desse objetivo. Quando coletam, avaliam os sítios pelo incremento de expectativa de vida que podem proporcionar:

$$\text{MaxMin}\{\tau_A + \Delta\tau_A; \tau_B + \Delta\tau_B\}$$

A figura XI ilustra a situação genérica de um agente econômico e como ele pode atuar no mercado visando aumentar o mais possível a sua expectativa de vida. Nesse diagrama, o agente se encontra inicialmente no ponto I determinado pelas dotações

iniciais ( $a, b$ ) de A e B, de modo respectivo. Dito de outro modo, o par ( $a, b$ ) indica a sua riqueza material antes de qualquer troca possível. Dado o preço  $p_A = |\tan \beta|$ , ele quer se deslocar de I para F mediante troca, ou seja, deseja chegar à dotação final caracterizada pelo par ( $a', b'$ ). Esta última é considerada por ele como a melhor dentre aquelas possíveis. Note-se que  $m_B/m_A = \tan \alpha$  e que a situação final desejada implica que  $b'/a' = m_B/m_A$ . O preço  $p_A$  considerado nesse cálculo vem a ser um estimativa do preço de mercado feita pelo próprio agente econômico – estimativa esta que tem o caráter de um requisito prático, requisito este sem o qual a atuação no mercado se torna uma aventura. Na verdade, o preço é considerado como variável aleatória que possui uma distribuição unimodal, possivelmente log-normal ou normal. Note-se, agora, que o agente, na situação em que se encontra, quer vender B para obter A. Se, ao invés de estar à esquerda de  $m_B/m_A$ , ele estivesse à direita dessa reta indicadora da necessidade relativa, ele desejaria vender A para adquirir B.

Figura XI



Nesse diagrama, o agente se encontra inicialmente no ponto I determinado pelas dotações iniciais ( $a, b$ ) de A e B, de modo respectivo. Dito de outro modo, o par ( $a, b$ ) indica a sua riqueza material antes de qualquer troca possível. Dado o preço  $p_A = |\tan \beta|$ , mediante troca, ele quer se deslocar de I para F, ou seja, deseja passar à dotação final caracterizada pelo par ( $a', b'$ ), a qual ele considera a melhor situação dentre aquelas possíveis. Note-se que  $m_B/m_A = \tan \alpha$  e que a situação final desejada implica que  $b'/a' = m_B/m_A$ . É evidente que qualquer ponto à direita da reta vertical que passa por I e que esteja acima da reta indicadora da necessidade relativa é melhor do que aquele determinante da posição inicial. Ainda que haja muitos pontos melhores do que I, inclusive abaixo da reta indicadora da necessidade relativa, dadas a estimativa de preço e a situação inicial, F é o ponto a ser visado pelo agente considerado.

Nos encontros que acontecem no terreno reticulado, sempre que um agente mais carente de A do que de B se encontra com um agente mais carente de B do que de A, por exemplo, a troca se torna possível. Então, a primeira coisa que os dois agentes

fazem é se informarem mutuamente sobre as estimativas de preço um do outro. Como a conduta deles é governada pela necessidade, ainda que o comprador deseje pagar o menos possível e o vendedor deseje receber o mais possível, ambos buscam chegar a um acordo. Como a troca se apresenta como um imperativo de sobrevivência, conforme essas estimativas se mostrem incompatíveis de algum modo, eles procuram compatibilizá-las. O acordo pode ser atingido em duas etapas: na primeira, eles revisam as suas estimativas e, na segunda, eles barganham um preço que torna a efetivação da troca possível. Se as estimativas iniciais assim o permitirem, a primeira etapa é suprimida.

Seja  $R_m = m_B/m_A$  a razão indicadora da necessidade relativa dos dois bens de um determinado indivíduo; seja  $R_w = w_B/w_A$  a razão indicadora da proporção entre os estoques de riqueza de B e A, desse mesmo agente. Nesse caso,  $R = R_w - R_m$  é um indicador importante da situação desse agente. Se  $R > 0$ , o agente compra A e vende B; se  $R < 0$ , ele vende A e compra B; se, por outro lado,  $R = 0$ , ele está em princípio satisfeito. No encontro entre dois agentes, indicados por I e II, se  $R(I) > 0$  e  $R(II) < 0$  ou se  $R(I) < 0$  e  $R(II) > 0$ , a troca será possível.

Sejam, agora,  $p_A^E(I)$  e  $p_A^E(II)$ , os preços estimados por I e II, respectivamente. Se  $R(I) > 0$  e  $R(II) < 0$ , mas  $p_A^E(I) < p_A^E(II)$ , então esses preços precisam ser revisados; lembrando que  $p_A^E$  refere-se sempre ao preço de A em termos de B, então o preço estimado por I, comprador de A, precisa subir e o preço estimado por II, vendedor de A, precisa cair. Os agentes sabem que os preços são flutuantes e incertos e que precisam, sobretudo, aumentar suas expectativas de vida. A revisão dos preços é, pois, um imperativo da racionalidade adaptativa.

Na fixação da regra de reajuste de preço, considerou-se que cada agente, ao fazê-lo, leva em consideração dois fatores: a sua avaliação da escassez relativa dos bens no sistema econômico assim como a sua necessidade relativa. Na percepção dessa escassez relativa, cada agente considera os seus próprios estoques de riqueza (que ele conhece com certeza) e os estoques de riqueza mantidos pela economia como um todo (que ele conhece apenas aproximadamente). A estimativa direta da escassez prevalecente globalmente é feita supondo que o agente avalia a razão momentânea entre o estoque médio de B e o estoque médio de A, mas o faz cometendo um pequeno erro aleatório “ $e$ ”. Para levar em conta essas duas estimativas de escassez, ele as pondera por meio de um parâmetro “ $\alpha$ ” que indica o grau de informação do agente sobre o que está acontecendo no sistema como um todo: se  $\alpha = 1$ , ele tem uma informação quase perfeita da escassez socialmente existente; por outro lado, se  $\alpha = 0$ , ele conhece apenas os seus próprios estoques de riqueza. Já na avaliação de sua necessidade relativa, ele toma em consideração apenas o valor calculado no instante da variável  $R$  acima definida, de tal modo que o preço estimado é corrigido com uma fração  $\beta$ , próxima de zero, desse  $R$ . Todos esses elementos são, então, combinados na seguinte fórmula que expressa o modo de estimativação do preço de A em termos de B:

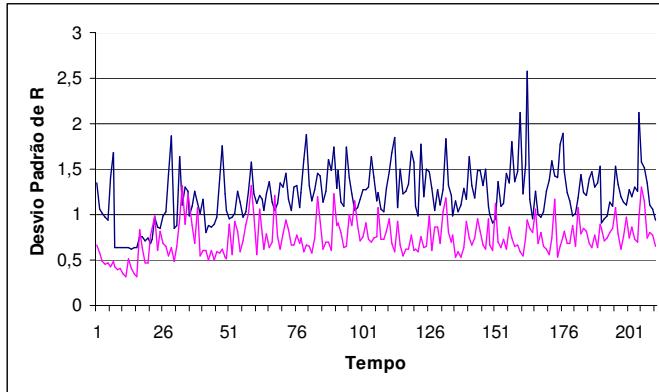
$$p_A^E = \frac{\sum w_B}{\sum w_A} \alpha + e + \frac{w_B}{w_A} (1-\alpha) + \beta R$$

O resultado do processo de reajuste, do ponto de vista dos agentes, é possibilitar a troca; do ponto de vista global, entretanto, quando ele se multiplica ao longo do tempo, é fazer com que o sistema de preços funcione. O comportamento intencional de cada agente adaptativo, nem sempre correto, é funcional para a emergência dos preços de mercado. De qualquer modo, tenha ou não havido reajuste dos preços estimados, supõe-se, agora, que os agentes fixam o preço de transação de forma semelhante àquela empregada no modelo anterior:

$$p_A = \sqrt{p_A^E(I) \cdot p_A^E(II)}$$

Também as regras que regem as quantidades a serem trocadas são as mesmas aplicadas no modelo anterior. Tal como já havia ocorrido anteriormente, ao serem empregadas nas simulações com o modelo aqui examinado, elas se mostraram eficientes para melhorar a alocação dos bens entre os agentes. Ao fazê-lo, aproximam a razão riqueza relativa da razão indicadora das necessidades, aumentando as possibilidades de sobrevivência desses agentes. Desse modo, o mercado funciona efetivamente como um processo equilibrador. Em conjunto, as regras de formação de preço e de determinação das quantidades trocadas formam um processo de mão invisível que se pode chamar de *tâtonnement* descentralizado. Na Figura XII que se segue, compara-se a evolução do desvio padrão da razão R com trocas (linha inferior vermelha) e sem trocas (linha superior azul escuro). O gráfico, ao mostrar uma redução expressiva na grandeza dessa variável, dá uma indicação da magnitude do efeito equilibrador das trocas em ambos os modelos estudados.

Figura XII



Da mesma forma que se procedeu anteriormente, pode-se simular o processo dinâmico de formação de preços na sociedade artificial. O objetivo agora é duplo: não só mostrar que é possível conceber o processo de mercado com supostos que se afastam da teoria neoclássica padrão, mas também poder comparar os resultados obtidos num e no outro caso. Assim, supõe-se, inicialmente, que a capacidade do terreno de fornecer grãos para os agentes é idêntica para os dois bens. As figuras XIII e XIV, em seqüência, mostram os resultados, indicando que eles se assemelham na aparência aos obtidos anteriormente. Há, entretanto, uma diferença importante a ser analisada.

Os preços médios e medianos (pontos verdes e pretos) mantêm-se em torno de 1 e a sua distribuição estatística mostra-se assimétrica, do tipo log-normal. A variância dos preços também não se mostra elevada. A razão das produtividades na produção dos bens B e A (pontos roxos), a qual depende do processo incerto de colheita, também flutua em torno de 1. A sua evolução coincide aproximadamente com a evolução dos preços medianos. A população estabiliza-se em torno de 1.700 indivíduos e essa mesma tendência se repete nas diversas simulações feitas. O nível da razão entre as riquezas médias em B e A (linha vermelha) no modelo neoclássico anômalo não mostrou padrão evolutivo diferente daquele observado no modelo anterior.

Figura XIII

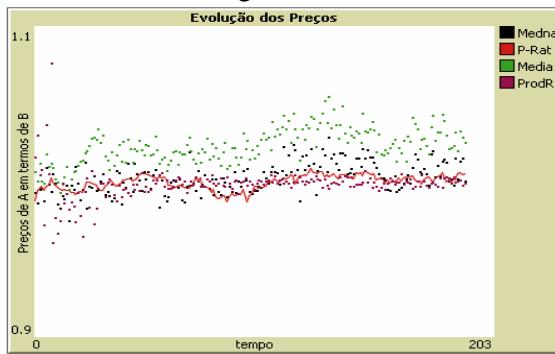
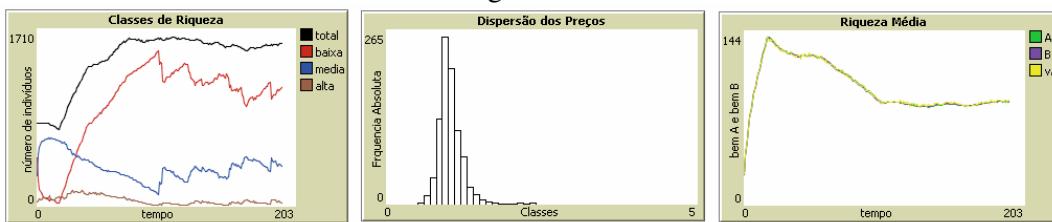


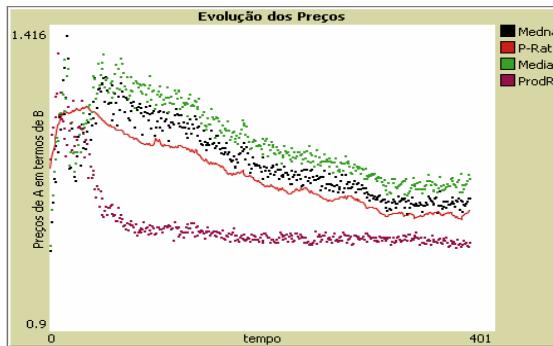
Figura XIII: População inicial: 800 indivíduos. Disponibilidade máxima de A e de B: 50 unidades. Necessidades: [1, 2] unidades de A e B. Taxa de natalidade: 1,3 por pessoa. Taxa de regeneração: 2 unidades por período. Eficiência: 0,6 da quantidade existente no sítio. Parâmetro  $\alpha = 0.5$ .

Figura XIV



As figuras XV e XVI que seguem mostram o caso em que o bem A é mais escasso do que o bem B, na proporção de 2 para 3, mantidos todos os outros parâmetros da simulação anterior. Ao se comparar os novos resultados com aqueles apresentados pelas figuras VI e VIII respectivamente, pode-se observar que se aproximam na aparência. A semelhança observada, entretanto, também tem os seus limites já que a convergência para a situação de equilíbrio é bem mais anárquica neste do que no primeiro caso. Os preços médios tendem a um valor em torno 1,15 e a razão das produtividades tende a um valor aproximado de 1,05.

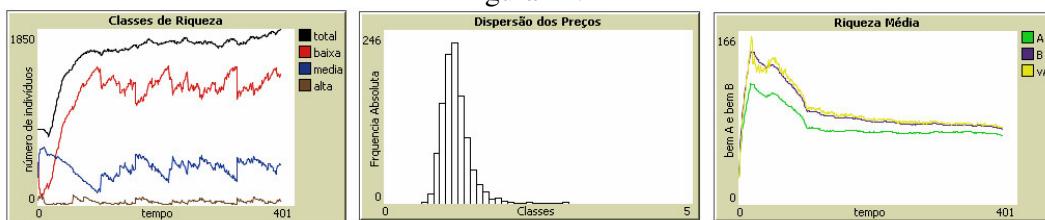
Figura XV



**Figura XV:** População inicial: 800 indivíduos. Disponibilidade máxima de A: 40; de B: 60 unidades. Necessidades: [1, 2] unidades de A e B. Taxa de natalidade: 1,3 por indivíduo. Taxa de regeneração: 2 unidades por período. Eficiência: 0,6 da quantidade existente no sítio. Parâmetro  $\alpha = 0.5$ .

Note-se, entretanto, uma diferença importante entre os resultados dos dois modelos e ela se reflete especialmente nos gráficos da riqueza média. No modelo neoclássico impuro, o valor da produção de A permanece sempre colado às quantidades produzidas de B ao longo das simulações, indicando certa igualdade de oferta e demanda; no presente modelo, em virtude de sua anomalia do ponto de vista neoclássico, isto só ocorre como tendência que se impõe no próprio transcorrer do processo de mercado. A explicação para a divergência é simples, mas crucial: enquanto que, no primeiro modelo, a distribuição dos preços de mercado é já imediatamente correta do ponto de vista macroeconômico, eis que já está implícita nas preferências dos agentes neoclássicos, no segundo, isto só pode ocorrer como algo que emerge das interações mercantis de agentes adaptativos. Nesse último caso, em consequência, o processo se afasta mais acentuadamente do equilíbrio macroeconômico e exige um período de ajustamento mais amplo.

Figura XVI



Para melhor entender o que foi dito, considere-se uma seqüência genérica de troca caracterizada pelas triplas de preços e quantidades  $(q_A^i, p_A^i, q_B^i)$ , em que  $i = 1, 2, \dots, n$ . Como cada troca é uma operação recíproca, a seguinte proposição é e só pode ser uma identidade:

$$\sum_{i=1}^n q_A^i p_A^i \equiv \sum_{i=1}^n q_B^i$$

Entretanto, a proposição seguinte que estabelece o equilíbrio macroeconômico de oferta e demanda e que pressupõem a correção aproximada da distribuição microeconômica dos preços só pode ser encarada como uma igualdadeposta pelo andamento da formação de preços. No modelo neoclássico impuro, ela se estabelece de imediato, mas, no modelo neoclássico anômalo, ela se impõe apenas por meio do processo do mercado.

$$\sum_{i=1}^n q_A^i \bar{p}_A = \bar{p}_A \sum_{i=1}^n q_A^i = \sum_{i=1}^n q_B^i$$

As figuras XVII e XVIII em seqüência mostram o caso em que o bem B é mais escasso do que o bem A, na proporção de 2 para 3, mantidos todos os outros parâmetros da simulação anterior. E, mais uma vez, se pode observar a semelhança dos resultados obtidos com o modelo aqui exposto e com o modelo neoclássico impuro antes apresentado. O preço médio se situou em torno de 0,88, ficando a razão das produtividades nas colheitas dos bens B e A em nível algo superior, aproximadamente 0,95. A população tendeu a crescer para valor acima de 1.500 habitantes. Os níveis de riqueza média de A e B ficam em torno de valores menores do que 100. É óbvio que esses valores se modificam de simulação para simulação, mas é importante notar nesse momento da exposição que apresentam padrões com notáveis regularidades. O mesmo fenômeno da tendência algo lenta à igualação da oferta e da demanda globais, em termos de valor, observa-se nesse caso em que o bem B é mais escasso do que o bem A.

Figura XVII

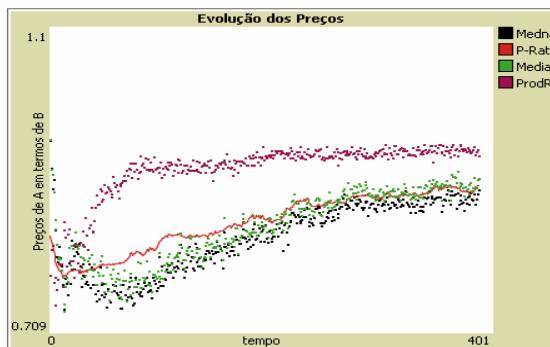
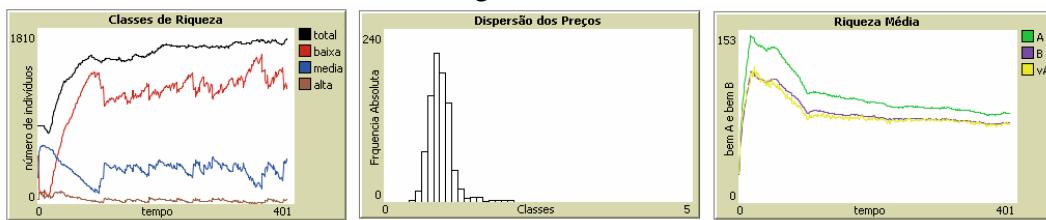


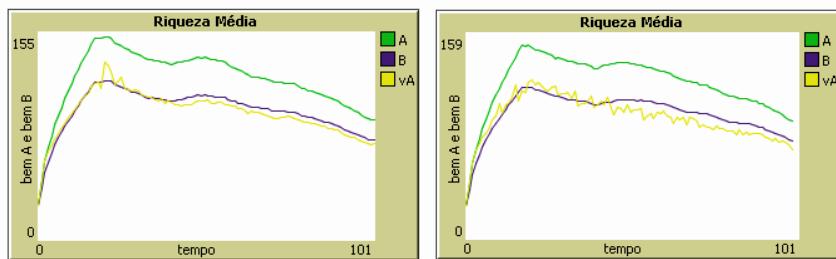
Figura XVII: População inicial: 800 indivíduos. Disponibilidade máxima de A: 60; de B: 40 unidades. Necessidades: [1, 2] de A e B. Taxa de natalidade: 1,3 por indivíduo. Taxa de regeneração: 2 unidades por período. Eficiência: 0,6 da quantidade existente no sítio. Parâmetro  $\alpha = 0,5$ .

Figura XVIII



Antes de concluir, é interessante observar o efeito da variação do parâmetro “ $\alpha$ ” que mede o grau de informação do agente sobre a escassez global do sistema econômico. Na figura XIX, no gráfico da esquerda, tem-se o caso em que o agente tem informação global sobre a escassez existente no sistema econômico, de tal modo que o parâmetro  $\alpha$  é igual a 1 e, no gráfico da direita, vê-se a situação em que o agente detém apenas a própria informação sobre essa escassez, de tal modo que  $\alpha$  é igual a 0. Eis que nesse segundo gráfico, a linha que indica o valor do bem A (linha amarela) oscila muito mais acentuadamente em torno da linha que indica a riqueza média em bem B (linha roxa) do que no primeiro gráfico. Nota-se – como era de se esperar –, portanto, que a convergência para o equilíbrio macroeconômico é muito mais problemática quando os agentes têm apenas informação sobre os próprios níveis de riqueza em A e em B e, em consequência, são capazes de estimar a escassez relativa apenas com base em seus próprios estoques de riqueza. Apesar disso, em ambos os casos, a interação sistêmica dos agentes produz um nível de preços compatível com um razoável equilíbrio macroeconômico.

Figura XIX



## Conclusões Finais

Os resultados dos dois modelos são semelhantes na aparência, mas – na opinião desse autor – isto depõem contra a plausibilidade da teoria neoclássica. Se ambos mostram, ainda que num contexto altamente abstrato, certa eficiência dos mercados em melhorar a capacidade de sobrevivência dos agentes por meio da troca descentralizada, um deles chega a esse resultado com base em supostos muito menos exigentes e muito mais razoáveis do ponto de vista do conhecimento da sociedade e da mente humana. O bom funcionamento do segundo modelo apresentado apóia a tese de que o comportamento do mercado pode ser descrito sem admitir, previamente, que compradores e vendedores de bens sejam capazes de manter em suas mentes contornos de preferência abrangentes, minuciosos e bem comportados. É bom lembrar que esse

tipo de suposição surgiu na teoria neoclássica, historicamente, para fundar os preços de mercado em avaliações subjetivas. Ora, essa espécie de teorização vale-se essencialmente de raciocínios dedutivos que defluem de regras gerais de comportamento. Em tais regras – que costumam ser apresentadas por meio dos axiomas da teoria –, consideradas em conjunto, já está inscrita certa coerência possível das interações mercantis, mesmo se a existência do equilíbrio propriamente dito depende de uma prova matemática sofisticada.

Ora, no modelo neoclássico anômalo, se não se pode negar que os resultados estejam também inscritos nas condições iniciais, essas últimas se sustentam de modo independente dos resultados. Os preços de mercado figuram como resultados emergentes da interação de comportamento adaptativos, os quais seguem regras circunstanciais, baseadas em informação local. Ainda que tudo o que acontece dependa da atuação dos agentes, essa própria atuação encontra-se orientada sistemicamente. É preciso enfatizar que os resultados globais das ações e interações descentralizadas – preços, quantidade trocadas, graus de riqueza, etc. – não são buscados intencionalmente pelos atores econômicos, mas, ao contrário, surgem cegamente, “debaixo para cima”. Mesmo se isto também acontece, até certo ponto, no primeiro modelo, e por isso mesmo ele é visto como neoclássico impuro, a capacidade do mercado de compatibilizar os planos individuais já está aí implícita *a priori* nas preferências dos agentes. E esta não é uma característica da teoria neoclássica que deva ser simplesmente atribuída ao propósito metodológico de fundar os preços; na verdade, a teoria neoclássica quer fundar os preços em preferências subjetivas.

Ao se admitir que a coleta de bens seja feita implicitamente com trabalho, pode-se passar a encarar as quantidades de produtos geradas, período a período, como indicadores diretos da produtividade do trabalho. Se uma unidade de trabalho, medida pelo tempo, é gasta em cada período e se metade dela é despendida na coleta de cada um dos bens, então, a razão das quantidades produzidas – quantidade de B sobre a quantidade de A – pode ser interpretada já como uma razão entre quantidades de trabalho aplicadas na produção de A e B. Dito de outro modo, pode ser vista como a razão do tempo de trabalho necessário para produzir uma unidade de A sobre o tempo de trabalho necessário para produzir uma unidade de B. Essa consideração permite discutir aqui uma versão ingênua da teoria do valor trabalho em que este é entendido positiva e quantitativamente. Ainda que essa versão tenha pouca relação com o que se encontra em *O Capital*, é aquela que os economistas enquanto tais são normalmente capazes de compreender.

Nessa perspectiva, deve-se notar que em ambos os modelos estudados há divergência em geral entre o andamento da razão que expressa tais valores-trabalho relativos (pontos roxos) e a tendência dos preços de A em termos de B (pontos verdes e pretos). Mais precisamente, observa-se certa convergência entre as séries apenas quando a escassez relativa de ambos os bens coincide (casos particulares das figuras III e XIII); porém, quando um bem é mais escasso do que o outro (casos expostos nas figuras VI, IX, XV e XVII), as séries de pontos sempre divergem acentuadamente. E isto implica, contrariamente ao que seria de se esperar, que tal teoria do valor trabalho não vale nos modelos examinados nesse artigo. Mas a explicação para essa discrepância é fácil de encontrar: em ambos os modelos, por construção, a escassez é avaliada com base nos estoques de riqueza detidos pelos agentes e não em relação aos fluxos de produção (ou seja, em relação aos montantes colhidos dos bens, período a período). Note-se que os

estoques de riqueza em certo momento dependem não só dos mesmos estoques no momento anterior e dos fluxos de produção, mas também dos fluxos de consumo. E que, portanto, não há razão para que essas duas avaliações de escassez coincidam a não ser nos casos particulares mencionados. É por isso também que, em todos os gráficos das figuras acima mencionadas, há notável convergência das séries de preços com as séries indicadoras da razão entre os estoques médios dos bens B e A (linhas vermelhas).

Rememorando o assim chamado “estágio primitivo” da “economia comercial” mencionado por Smith em *A Riqueza das Nações*, não seria difícil construir modelos de economias de troca em que a avaliação de escassez fosse feita diretamente sobre os fluxos de produção – e não sobre os estoques de riqueza. Nesse caso, verificar-se-ia que neles teria validade essa teoria ingênua do valor trabalho. Note-se, entretanto, que essa teoria não se verificaría aí enquanto formulação que estabelece uma relação analítica precisa entre preços e valores tal como é usualmente encarda em Economia, mas apenas como formulação que se mantém estritamente dentro de uma perspectiva estatística: preços e valores estariam, assim, apenas correlacionados dinamicamente<sup>9</sup>.

O modelo original aqui apresentado, chamado de anômalo, recupera certas características do sistema econômico encontráveis na economia política clássica. Ele respeita a concepção de que a formação de preços advém de processo socialmente objetivo, resulta do funcionamento descentralizado do sistema econômico e da articulação processual e dinâmica da produção e da circulação de mercadorias. Ainda que o capital e a acumulação de capital não estejam aí presentes<sup>10</sup>, ele apresenta as necessidades sociais como imperativos de sobrevivência, mostrando que elas são em parte satisfeitas, anarquicamente, por meio do funcionamento do “mecanismo” da mão-invisível. Entretanto, não se pode associá-lo às concepções de Smith e Ricardo segundo a qual a formação de preços está regida pela existência de um preço natural. Não há no modelo apresentado, rigorosamente, um “preço central ao redor do qual continuamente estão gravitando os preços de todas as mercadorias”, de tal modo que não se pode dizer também que “quaisquer que possam ser os obstáculos que os impedem de fixar-se nesse centro de repouso e continuidade, constantemente tenderão para ele” (Smith, 1983, p. 85).

Note-se, finalmente, que pensar a formação de preços como um processo estatístico é revolucionário em teoria econômica. É possível argumentar que toda a tradição recebida, clássica ou neoclássica, mantém as suposições de que, numa economia competitiva, cada mercadoria tem um preço natural de equilíbrio e que ele se estabelece para cada uma delas, quando, no sistema como um todo, as taxas de lucros dos capitais investidos na produção das várias mercadorias se tornam uniformes. Farjoun e Machover, entre outros, contestaram essa suposição, argumentando que “um estado de equilíbrio com taxa de lucro uniforme é uma quimera, a qual não apenas falha pela inexistência, como também vem a ser uma impossibilidade teórica”. Não porque não possa ser concebida como uma situação ideal, mas justamente porque não pode ser

---

<sup>9</sup> É evidente que o modelo, como qualquer modelo, está construído no horizonte da racionalidade inherente ao que, na tradição hegeliana, é chamado de entendimento. Ora, nessa perspectiva, como já se adiantou anteriormente, não se pode falar em trabalho abstrato no sentido de Marx, pois este se define somente na duplicidade realmente existente e contraditória entre trabalho concreto e trabalho abstrato. Numa visão orientada pelo entendimento apenas se pode pensar em trabalho homogêneo que, aparentemente sem contradição, produz valores de uso e valor. Eis que essa é uma limitação das análises aqui desenvolvidas que deve de ser encarada conscientemente.

<sup>10</sup> Puty formulou uma contribuição interessante nesse sentido (2005).

pensada como uma situação real em termos razoáveis. Ao afirmá-la como algo realmente possível, estar-se-ia “negando um aspecto fundamental, essencial e vital do sistema de livre competição” (Farjoun e Machover, 1983, p. 17). O movimento do capital entre as esferas da produção não gera uma tendência para que os preços de mercado se movam em direção aos preços de equilíbrio, mas, diferentemente, leva-os a se estabelecerem segundo uma distribuição de equilíbrio – e isto é algo que faz sentido no plano da teoria e que pode ser verificado empiricamente. Para Farjoun e Machover, é uma ilusão pensar que existe algo como o preço do tomate – e se compradores e vendedores acreditasse nisso firmemente, o mercado não poderia funcionar.

## Referências bibliográficas

- Bowles, Samuel – *Microeconomics – behavior, institutions, and evolution*. Russell Sage Foundation e Princeton University Press, 2004.
- Epstein, Joshua M. e Axtell, Robert – *Growing artificial societies – social science from de the bottom up*. Brookings Institution Press e The Mit Press, 1996.
- Farjoun, Emmanuel e Machover, Moshé – *Laws of caos – a probabilistic approach to Political Economy*. Londres: Verso, 1983.
- Foley, Duncan K. e Albin, Peter S. – Decentralized, dispersed exchange without an auctioneer: a simulation study. In: Albin, P. – *Barriers and bounds to rationality*. Princeton Univesity Press, 1998, p. 157-209.
- Foley, Duncan K. – A statistical equilibrium theory of markets. In: *Journal of Economic Theory*, n° 62, 1994, p. 321-345.
- Hahn, Frank – The next hundred years. In: *Economic Journal*, janeiro de 1991, p. 47-50.
- Moraes, Murilo F. – Metáforas sobre a distribuição de riqueza com base em modelagem multiagente. Monografia de graduação, FEA-USP, 2008.
- Puty, Cláudio C. B. – A cellular automata modelo of the general rate of profit. IPE/USP: Seminário temático do Complex, 1995.
- Smith, Adam – *A riqueza das nações – investigação sobre sua natureza e suas causas*. São Paulo: Abril Cultural, 1983, vol. 1-2.
- Velupillai, Kumaraswamy – *Computable Economics*. Oxford University Press, 2000.