



ESTUDO E SIMULAÇÃO DE MERCADOS VIRTUAIS COM AGENTES AUTÔNOMOS FORNECEDORES, CONSUMIDORES E ATRAVESSADORES

Jeferson dos Anjos

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Rua Santa Marta, 650 – Sagrada Família – CEP 31030-090, Belo Horizonte – MG, jeferson-anjos@bol.com.br

Ricardo Poley Martins Ferreira

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Rua Walter Ianni, 255 - São Gabriel – CEP 31980-110 Belo Horizonte – MG, poley@pucminas.br

Resumo

Uma nova forma de computação está surgindo com a crescente interconectividade provida pelas redes, sistemas de computação distribuída estão substituindo os sistemas centralizados. Os fornecedores e consumidores do mundo real interagem através dos mercados descentralizados (distribuídos). Este trabalho tem como objetivo principal pesquisar os mecanismos e as estruturas de mercado que permitam grupos de agentes autônomos simularem o comportamento de fornecedores e consumidores de recursos em um mercado virtual. Espera-se compreender quais são as regras necessárias para simular o comportamento de fornecedores e consumidores em um mercado. Uma melhor compreensão destas regras pode permitir o estabelecimento de regras mais justas que permitam uma melhor distribuição de recursos. Experimentos foram realizados para avaliar diferentes regras propostas.

Palavras Chaves: Alocação de Recursos; Agentes Autônomos; Mecanismos de Mercado;

Abstract

A new kind of computation is emerging with the increasing connectivity of networks, distributed computational systems are replacing monolithic systems. The real world suppliers and consumers engage trades in decentralized markets (distributed). This paper studies the mechanisms and market structures that allow autonomous software agents to simulate bargaining behaviors in virtual market-based environments. We want to identify which are the necessary rules that endow to simulate the market based environments. Better understanding these rules can allow to establish which are the fair ones to allocate scarce resources. Experiments were carried to evaluate different proposed rules and market mechanisms.

keywords: Resource Allocation; Autonomous Agents; Market Mechanisms;

1 INTRODUÇÃO

A alocação de recursos escassos é um problema muito estudado pela economia e pela pesquisa operacional. O recurso escasso pode ser tempo, o espaço para armazenamento de dados, dinheiro, bens e serviços. A noção de um recurso escasso tem uma definição precisa: é todo o recurso "... para o qual a demanda em um preço zero excede a oferta disponível" [Begg et alii, 1994]. A quantidade de recursos que fornecedores estão dispostos a fornecer a um dado preço é denominada oferta, a quantidade de recursos que os consumidores estão dispostos a comprar é chamada de demanda. Quando a demanda é igual à oferta o equilíbrio no preço é encontrado, Figura 1.

Os defensores da economia de mercado livre afirmam que as ações de grupos de indivíduos, que se ocupam dos seus próprios interesses, podem resultar em uma boa ou ótima alocação de recursos. Afirmam que os mercados livres fazem isto de uma forma distribuída. Nos mecanismos de

mercado livre não há nenhum controle central de processamento e a alocação de recursos "emerge" das interações entre consumidores e fornecedores [Smith, 1992]. Neste contexto este trabalho se propõe a estudar os diferentes mecanismos de mercado com o objetivo de avaliar qual seria mais apropriado para alocar recursos. Existem diversos exemplos de aplicação de mecanismos de mercados virtuais na solução de problemas de alocação de recursos escassos. Algoritmos que simulam agentes autônomos podem ser aplicados em problemas de largura de banda da rede [Miller et alli, 1996], alocação de memória [Harty et alli, 1996], regulamento de poluição [Marron et alli, 1996].

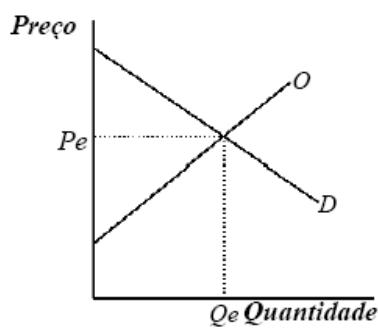


Figura 1: Ilustração simples da oferta versus demanda. A curva de oferta O inclina-se para cima e a curva de demanda D inclina-se para baixo. O ponto de interseção das duas curvas indica o preço de equilíbrio Pe e a quantidade de equilíbrio Qe [Cliff, 1997-91].

A economia pode agir como uma fonte valiosa de terminologia, inspiração, e metáforas para solução de problemas de controle e distribuição de alocação de recursos. Este tema tem sido explorado em um crescente campo de pesquisa conhecido como mercado baseado em controle (MBC) [Cliff, 1997].

Um mercado pode ser definido como "... um jogo de arranjos no qual os fornecedores e os consumidores entram em contato para trocar bens ou serviços (produtos)" [Begg et alli., 1994].

O comportamento do mecanismo de mercado pode ser observado em diferentes tipos de leilão. Um leilão é um mecanismo dinâmico para alocação de recursos e pode ser definido como "um método formal para alocar recursos baseados na competição onde o fornecedor quer obter o maior lucro possível e o consumidor quer gastar o mínimo possível" [Walsh et alli, 1998]. Há um grande número de mecanismos de mercado. Os principais podem ser classificados em dois tipos: mercados centralizados e mercados descentralizados.

Nos mercados centralizados um único fornecedor oferta para vários consumidores. Os mercados centralizados podem ser caracterizados em dois dos tipos mais comuns de leilão: o leilão inglês e o leilão holandês. No leilão inglês, um único fornecedor (leiloeiro) oferta produtos para vários consumidores que propõem lances cada vez maiores até que reste apenas um único consumidor [Agorics, 1996]. No leilão Holandês o leiloeiro anuncia o lance desejado e decrece o preço gradualmente até que o preço mínimo desejado pelo leiloeiro seja alcançado (neste caso a oferta não foi aceita pelos consumidores) [Agorics, 1996].

Nos mercados descentralizados a figura do leiloeiro desaparece, fornecedores e consumidores interagem diretamente entre se. A estrutura deste mercado é conhecida como leilão duplo, os fornecedores ofertam produtos a um preço e os consumidores submetem seus lances. Os fornecedores podem aceitar ou negar a oferta dos consumidores ou submeter uma contra oferta; os consumidores podem aceitar ou negar uma oferta ou submeter uma nova [Agorics, 1996]. Desta forma, fornecedores e consumidores tendem a um preço de equilíbrio [Cliff, 1997-91]. O preço de equilíbrio teórico é a média dos preços de oferta de compra e de venda.

Neste trabalho utilizamos agentes autônomos para simular o comportamento de fornecedores e consumidores dentro de um mercado virtual.

Um agente autônomo é uma unidade que interage com seu ambiente (o qual provavelmente consiste de outros agentes), mas que age independentemente de todos os outros agentes. Ou seja, ele

não obedece a comandos de nenhum líder, e nem possui idéia de um plano global que ele deveria estar seguindo. Em outras palavras, um agente simplesmente cuida de seus próprios interesses. O processo pelo quais agentes autônomos interagem de tal forma a criar uma ordem global é conhecido como auto-organização e é vista em diferentes fenômenos como, super-organismos, coletividade animais, sistemas econômicos [Flake, 2001].

Os agentes autônomos representam bem o paradigma de um sistema distribuído. O estudo destes agentes permite o aumento da compreensão de como funcionam estes sistemas. O estudo dos mecanismos de mercado permite compreender quais são as regras que definem estes mecanismos. Uma melhor compreensão destas regras pode permitir o estabelecimento de regras mais justas, tanto para o consumidor quanto para o fornecedor.

Para realização do trabalho foi utilizada uma ferramenta que implementa um mercado virtual onde, agentes autônomos do tipo “Zero Intelligence Plus” (ZIP) propostos por David Cliff [Cliff, 1997] simulam o comportamento de fornecedores e consumidores. A ferramenta foi modificada para considerar a presença de um novo tipo de agente. Este agente faz o papel de um atravessador comprando do fornecedor e vendendo para o consumidor. No estudo realizado o atravessador representa uma barreira que impede a interação direta entre fornecedores e os consumidores.

Este trabalho pesquisa os mecanismos que permitem os agentes autônomos simularem o comportamento de fornecedores, consumidores e atravessadores em um mercado virtual. O estudo das regras que definem estes mecanismos permite compreender quais são necessárias para reproduzir as características de diferentes tipos de mercado. Espera-se que com a compreensão destes mecanismos seja possível propor ferramentas para o auxílio à solução de problemas de alocação de recursos escassos [Arthur, 1993].

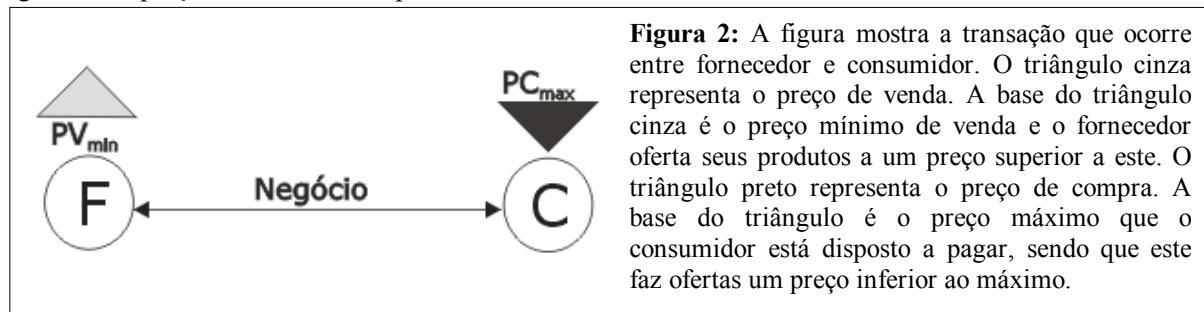
A próxima seção descreve como um mercado virtual é criado a partir das interações entre agentes autônomos comerciantes. Na seção 3 são apresentados os resultados experimentais. A seção 4 apresenta os comentários sobre o trabalho.

2 Mercados Virtuais

No contexto deste trabalho um mercado virtual pode ser definido como, um ambiente formado por estruturas de dados onde agentes autônomos interagem neste. Estes agentes são utilizados para simular o comportamento de um comerciante dentro de um mercado virtual.

2.1 O agente autônomo e o mercado virtual

Em um mercado virtual agentes fornecedores e consumidores interagem diretamente entre si ofertando e comprando produtos. Cada consumidor possui um preço máximo de compra pré-estabelecido e cada fornecedor um preço mínimo de venda pré-estabelecido. O preço mínimo de venda é “aquele que permite ao produtor pagar os seus custos, o seu salário como administrador, e extrair o rendimento normal do capital empregado, compatível com outros usos alternativos” [Simonsen, 1994]. O valor máximo que um consumidor está disposto a pagar por um produto é denominado preço máximo. Um fornecedor só vende um produto se o valor da transação for maior ou igual a um preço mínimo de venda. Da mesma maneira, um consumidor só compra se o valor da transação for menor ou igual a um preço máximo de compra.



Na Figura 2 temos uma relação direta entre o fornecedor e consumidor. Muito embora isso ocorra nos mercados reais, o mais comum é a existência de um intermediário entre eles. Este intermediário será denominado atravessador. Neste trabalho estudamos a figura do atravessador.

Existem diversas ferramentas que simulam mercados virtuais. A ferramenta utilizada neste trabalho implementa um agente conhecido como agente do tipo ZIP. O ZIP (“zero intelligence plus”) é um agente autônomo artificial que interage em mercados virtuais utilizando técnicas simples de aprendizagem de máquina [Cliff, 1997].

2.2 Os agentes do tipo ZIP

O ZIP foi uma evolução do agente ZI (“zero intelligence”) que foi proposto por Gode e Sunder em [Gode et al, 1993]. A diferença entre os agentes ZI e ZIP está principalmente nas regras que definem os preços de oferta. Os agentes ZI operavam no mercado virtual fazendo lances aleatórios e não utilizavam nenhuma técnica de aprendizagem. Gode e Sunder afirmavam que a convergência para o preço de equilíbrio teórico era determinada mais pela estruturas de mercado do que pela inteligência dos agentes comerciantes. Os resultados obtidos por Cliff [Cliff, 1997] posteriormente demonstraram que os preços de negócio dos agentes ZI poderiam variar significativamente em relação ao preço de equilíbrio teórico. Os resultados obtidos com os agentes ZIP são mais consistentes com as características observadas em mercados reais [Cliff, 2001].

A técnicas de aprendizagem dos agentes ZIP permitem que eles ajustem seus preços ofertados observando as ofertas e os negócios efetuados por outros agentes. Esta forma de ajuste se aplica ao comportamento dos seres humanos nos mercados reais. Cada comerciante ajusta seu preço de oferta com base em quatro fatores. O primeiro é se o comerciante está ativo (capaz de fazer negócio) ou inativo (já atingiu uma cota máxima pré-estabelecida de negócios em um período). Os outros fatores baseiam-se na última oferta: seu preço, se a oferta é do fornecedor ou do consumidor, e se foi aceita ou não.

Quando um comerciante está inativo há pouco incentivo para baixar seu preço de oferta. Se um comerciante inativo observou que no mercado os valores das transações diminuíram, este ainda pode no próximo período ofertar seus produtos no valor do período anterior, pois realizou transações neste valor, mas se observou que os valores das transações aumentaram o que indica que poderia ter realizado transações a um valor mais elevado, o comerciante pode aumentar seu preço de oferta antes do começo do próximo período. Por essas razões, um comerciante pode aumentar seu preço se estiver ativo ou inativo, mas somente comerciantes ativos pode diminuir seus preços.

Por outro lado, decidir quando baixar um preço de oferta é difícil. Se os fornecedores começarem a competir reduzindo seus preços sempre que um consumidor fizer uma oferta abaixo de seu preço alvo, os fornecedores estariam nas mãos dos consumidores e seus preços ficariam em níveis mínimos, enquanto os dos consumidores em níveis máximos. O contrário acontece se os consumidores reduzirem seus preços sempre que um fornecedor fizer uma oferta que seja rejeitada.

O pseudo-código abaixo apresenta as regras para alteração dos preços dos agentes ZIP

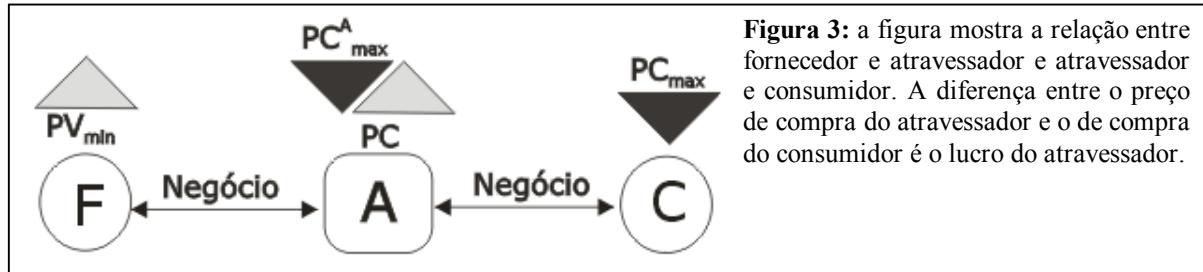
O preço de oferta dos comerciantes é representado por q .

O preço mínimo e máximo dos comerciantes é representado por p .

- Para fornecedores
 - se (o último lance foi aceito ao preço q)
 - então
 1. todos fornecedores f_i para o qual $p_i \leq q$ deve aumentar sua margem de lucro
 2. se (o último lance era uma oferta de um fornecedor) então
 1. todos os fornecedores ativos f_i para o qual $p_i \geq q$ deve reduzir sua margem de lucro
 - senão
 1. se (o último lance era uma oferta de um fornecedor) então
 1. todos os fornecedores ativos f_i para o qual $p_i \geq q$ deve reduzir sua margem de lucro
- Para consumidores
 - se (o último lance foi aceito ao preço q)
 - então
 1. todos consumidores c_i para o qual $p_i \geq q$ deve aumentar sua margem de lucro
 2. se (o último lance era uma oferta de um consumidor) então
 1. todos os consumidores ativos c_i para o qual $p_i \leq q$ deve reduzir sua margem de lucro
 - senão
 1. se (o último lance era uma oferta de um consumidor) então
 1. todos os consumidores ativos c_i para o qual $p_i \leq q$ deve reduzir sua margem de lucro

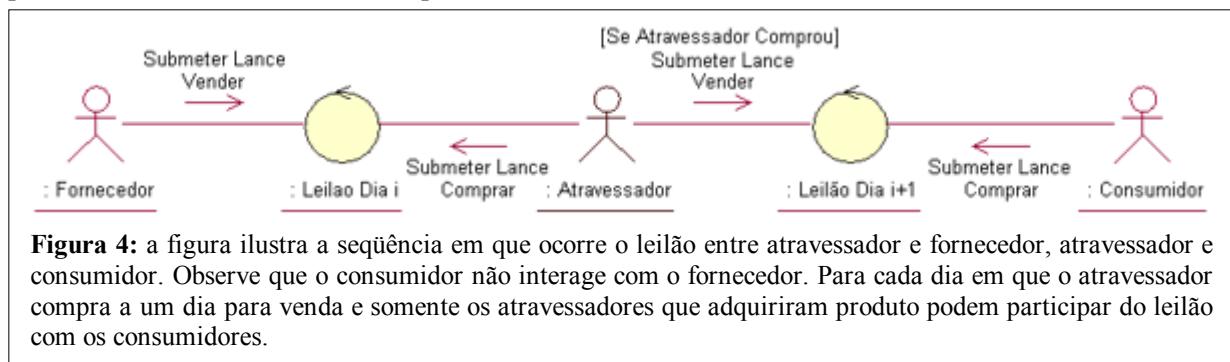
2.3 Mercado virtual com atravessador

O atravessador afeta tanto o fornecedor quanto o consumidor. Para o fornecedor, o atravessador assume os custos de disponibilização dos produtos no mercado e possibilita que os produtos possam alcançar um maior número de consumidores. Para os consumidores, o atravessador pode aumentar as opções de escolher entre marcas. O atravessador representa um agente que compra do fornecedor e vende para o consumidor final. A diferença entre preços de comprar e venda dos negócios que o atravessador realizou é seu lucro. Na Figura 3 é ilustrada a presença do atravessador.



Se o atravessador compra a um preço PC e vende a um preço $PC+L$ (onde L é seu lucro) isso causa um impacto no mercado. O atravessador interfere na forma como os negócios são efetuados, representando uma barreira entre fornecedores e consumidores. Esses não terão mais livre acesso aos consumidores e aos fornecedores. Ou seja, o preço de mercado será influenciado diretamente pelo atravessador.

A forma em que o leilão é feito com a presença do atravessador é ilustrada na Figura 4. Sem a presença do atravessador, haveria apenas um leilão a ser realizado entre o fornecedor e consumidor.



3 RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Para estudar as regras que definem os mercados virtuais baseados em agentes do tipo ZIP com ou sem a presença de agentes atravessadores foram feitos conjuntos de experimentos.

Para os mercados sem atravessador foi realizado um conjunto de três experimentos. Um experimento básico, um experimento com variação na demanda e oferta e um com a presença de um agente consumidor cujo preço máximo de compra estava muito acima da média, este agente foi denominado “consumidor rico”. Para avaliar a influência da presença de atravessadores no mercado foi realizado um conjunto de experimentos no qual também foram avaliadas diferentes estruturas de mercado.

3.1 Mercado sem atravessador

Nesta seção serão apresentados os resultados experimentais dos testes realizados em um mercado sem atravessador.

3.1.1 Caso básico

Um caso básico foi adotado para servir com base de comparação. Os parâmetros de controle como número de dias, número de agentes, número de negócios efetuados por dias, demanda, oferta, preços de mínimo de venda e preços máximo de compra são definidos pelo usuário da ferramenta.

Para o caso básico foram definidos dez agentes ZIP fornecedores e dez agentes consumidores que negociavam em um leilão do tipo duplo durante quinze dias. O número máximo de negócios que poderiam ser efetuados em um dia foi fixado como nove. Cada agente consumidor deseja comprar um produto por dia e cada agente fornecedor oferta um produto por dia. Os preços mínimos e máximos dos agentes foram pré-estabelecidos de forma aleatória.

Os fornecedores fazem ofertas acima do preço de equilíbrio, enquanto os consumidores fazem oferta abaixo do preço de equilíbrio. Podemos observar Figura 5, que sintetiza os resultados obtidos, que os negócios tendem inferiormente a serem efetuados no preço de equilíbrio teórico. Nos primeiros dias o mercado encontrava-se desequilibrado. Mas, com o passar dos dias o mercado se estabilizou. Isso ocorreu porque os agentes comerciantes não possuíam inicialmente referência sobre os preços negociados.

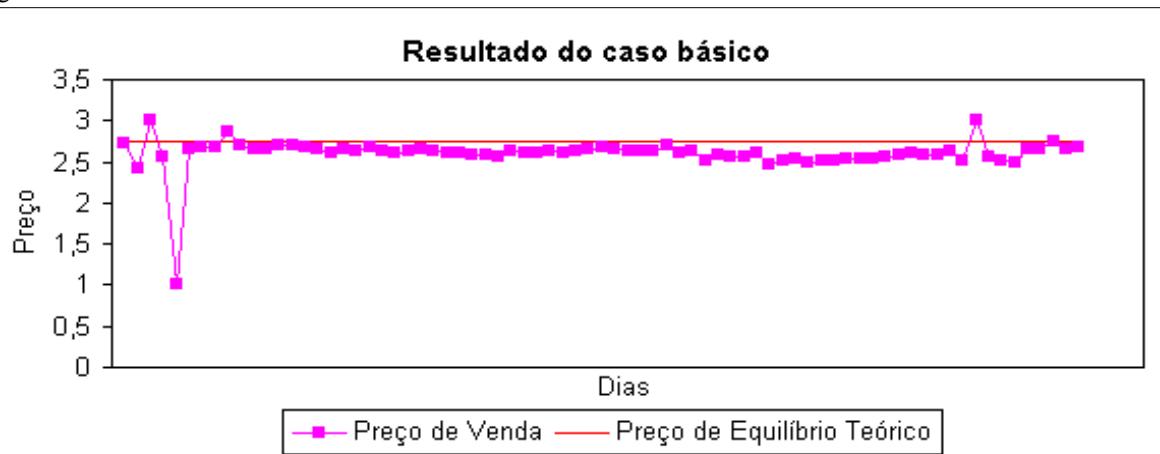


Figura 5: Transações efetuadas ao longo de 15 dias pelos comerciantes. Podemos observar que no início das transações, o mercado encontra-se desequilibrado, mas no decorrer do tempo as transações tendem a convergir para o preço de equilíbrio teórico.

3.1.2 Variando a oferta e a demanda

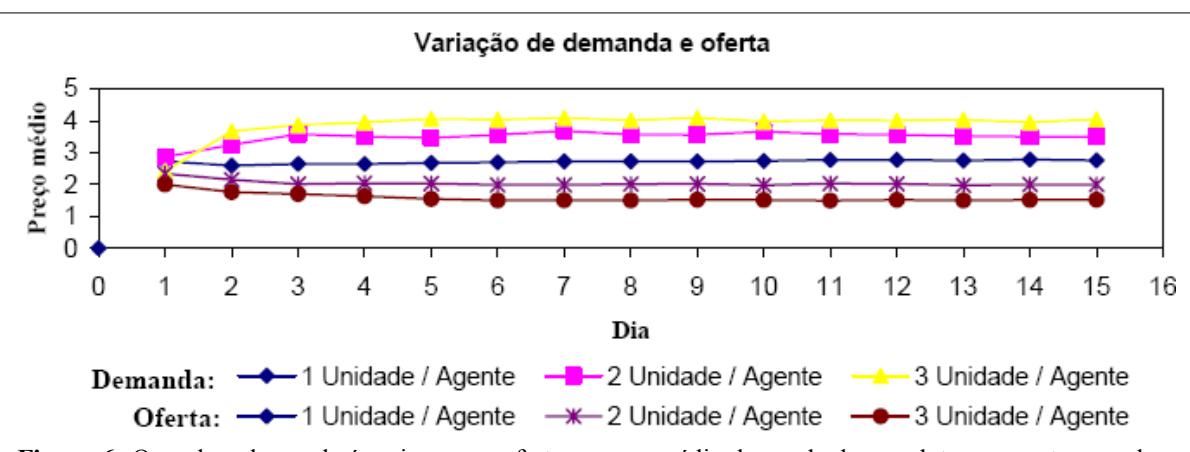


Figura 6: Quando a demanda é maior que a oferta o preço médio de venda dos produtos aumenta quando a oferta é maior que a demanda o preço médio de venda diminui.

Os Figura 6 sintetiza os resultados obtidos quando a oferta e a demanda sofreram variações. Quando a demanda foi aumentada os testes indicaram que o preço de equilíbrio real também

aumentou. Isso ocorreu porque os fornecedores com preço mínimo elevado tiveram oportunidade de efetuar negócios uma vez que aumentou a demanda dos consumidores dispostos a pagar mais. O contrário ocorre quando a oferta é maior do que a demanda. Quando existe excesso de oferta, os fornecedores para não ficarem com produtos encalhados vendem a um preço cada vez menor. Isso faz com que o preço de equilíbrio real diminua. O fornecedor cujo preço mínimo de venda é elevado corre o risco de não conseguir fazer negócio.

3.1.3 Um consumidor rico

Vejamos o caso em que um dos consumidores está disposto a pagar muito mais do que os demais (Figura 7). Ou seja, possui um preço máximo de compra elevado. No primeiro dia ele poderia fazer um lance que estivesse muito acima do preço de equilíbrio. Já nos próximos dias ao observar que outros comerciantes fizeram negócio a um preço menor do que tinha feito ele reajustará seus lances para que se aproxime do preço de equilíbrio, veja Figura 7. Podemos notar que o algoritmo de ajuste de preços atua de forma similar ao comportamento humano diante da situação avaliada. Os testes realizados com ZIP indicam isso.

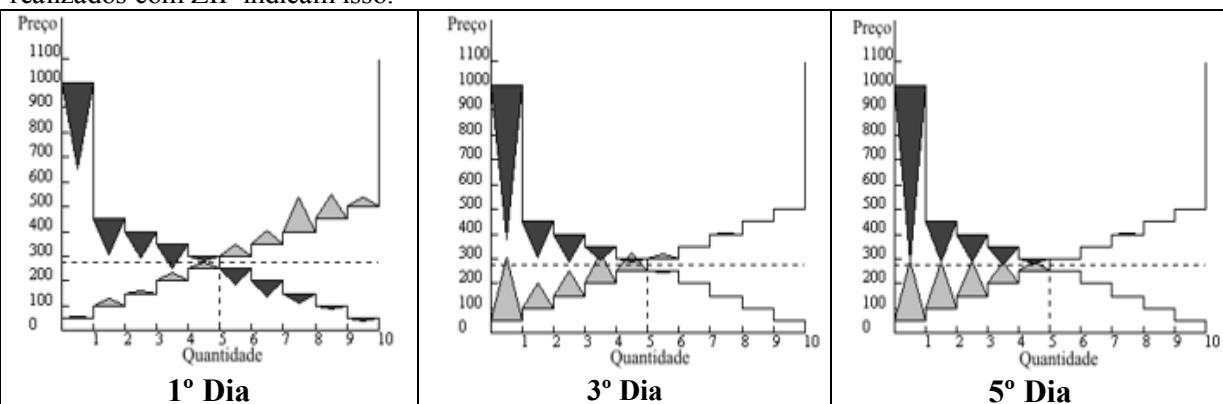


Figura 7: Figura que mostra as transações e ofertas feitas pelos comerciantes. Os triângulos pretos representam os lances dos consumidores, sendo que sua base representa o preço máximo que o consumidor está disposto a pagar. O triângulo cinza representa os lances dos fornecedores, sendo que sua base representa o preço mínimo de venda do produto. A linha horizontal pontilhada representa o preço de equilíbrio teórico. O primeiro triângulo preto está representando nosso consumidor rico. Repare que seu teto máximo é 1000 e que o dos demais consumidores está abaixo de 500. No primeiro dia o consumidor rico realiza lances acima do preço de equilíbrio teórico. Nos dias seguintes ele observa que existem consumidores fazendo transações a um preço menor do que ele e então aumenta sua margem de lucro. Já no quinto dia, o consumidor rico já está fazendo transações próximas ao preço de equilíbrio teórico.

Nos testes realizados observamos que o número de dias é importante para que o mercado alcance o equilíbrio, uma vez que os comerciantes ajustam suas ofertas observando os negócios efetuados nos dias anteriores. Nos testes realizados observamos que o mercado tende ao equilíbrio em poucos dias.

Outro fator que dever ser observado é o número de comerciantes. O número de comerciantes tem que ser maior do que dois. Isso é necessário para que haja competição e os comerciantes possam regular seus lances com base nos negócios efetuados por outros. O número de comerciantes interfere também no tempo necessário para que o mercado encontre o equilíbrio. Nos testes realizados verificamos que se o número de agentes é maior que 500, o mercado pode encontrar o equilíbrio no primeiro dia.

O preço de equilíbrio encontrado nos resultados obtidos com a variação de número de dias, agentes e negócios é igual ao do caso básico. Isso ocorre porque, ao variarmos o número de dias, agentes e negócios por dia não interferimos no preço máximo e mínimo dos comerciantes, na demanda e na oferta o que acarretaria em uma mudança no preço de equilíbrio.

3.2 Mercado com atravessador

Nesta seção serão apresentados os resultados experimentais do segundo conjunto de experimentos onde o mercado possui atravessadores. A ferramenta que simula mercados virtuais usando agentes do tipo ZIP foi modificada e uma nova classe de agentes foi criada. Os agentes desta classe foram denominados de atravessadores. Foram realizados diversos experimentos em mercados virtuais com a presença de atravessadores.

Este conjunto de experimentos é dividido em duas partes. Na primeira parte o atravessador não possui um preço mínimo de venda e seu preço máximo de compra é igual ao do consumidor. Na segunda parte o mercado foi modificado e uma nova regra foi estabelecida. Os atravessadores possuíam um preço mínimo de venda pelo menos 50% superior ao que efetuou a compra do produto.

3.2.1 Atravessador sem preço mínimo de venda

O atravessador possui o mesmo teto máximo de compra que o consumidor. Os parâmetros de entrada deste experimento são os mesmos do caso básico. No algoritmo, um dia os atravessadores fazem o papel de consumidores dos fornecedores originais e no dia seguinte fazem o papel de fornecedores dos consumidores finais. O resultado de cada dia é armazenado e então ocorre a inversão, os atravessadores passam a vender e o teto mínimo de venda passa a ser o preço de compra. Para cada dia de compra há um dia de venda.

Observamos que os atravessadores mesmo tendo teto máximo de compra igual ao dos consumidores conseguem obter lucro, conforme a Figura 8. Entretanto, como era de se esperar, o lucro do atravessador foi menor do que o do fornecedor. Isso ocorre porque o preço mínimo de venda do atravessador é maior do que o do fornecedor e o preço máximo de compra do consumidor continua inalterado, sendo o mesmo do atravessador. Na Figura 8, podemos observar os negócios efetuados ao longo de 15 dias entre fornecedores, atravessadores e consumidores. A diferença entre o preço de venda e compra é o lucro do atravessador.

Apesar dos atravessadores terem obtido lucro na maioria dos casos, houve um momento em que seu lucro chegou próximo de zero ou teve prejuízo. Este fenômeno ocorre porque os atravessadores não possuem um preço mínimo de venda.

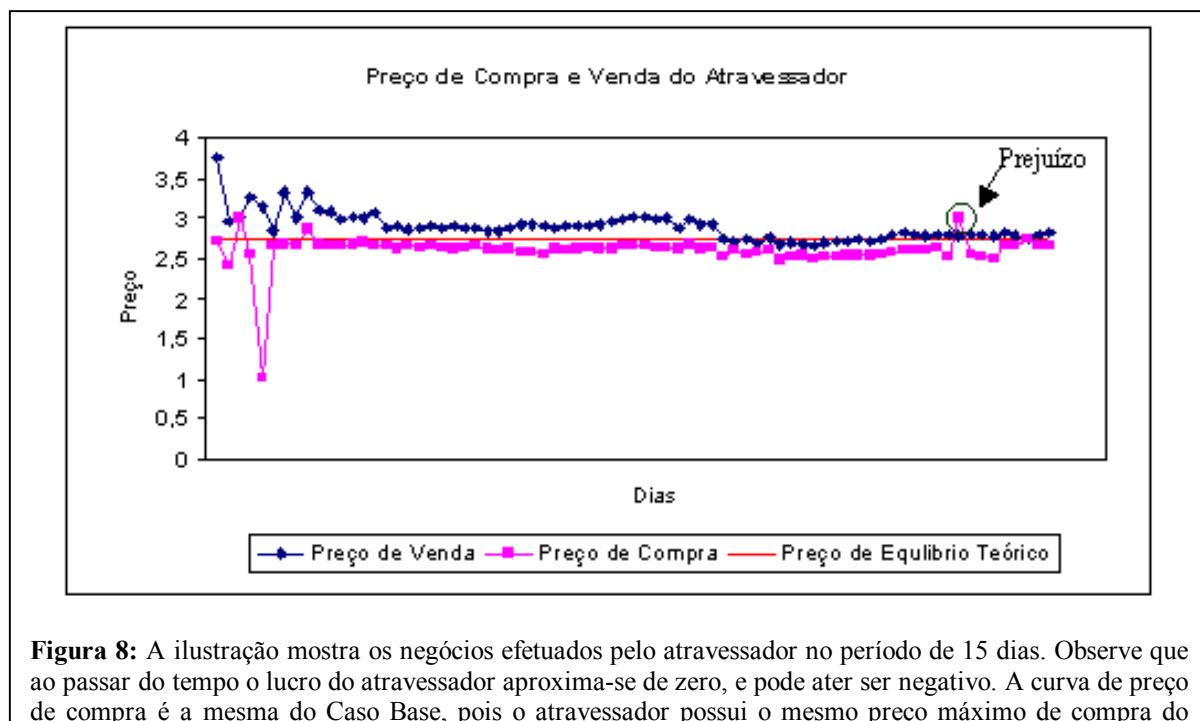


Figura 8: A ilustração mostra os negócios efetuados pelo atravessador no período de 15 dias. Observe que ao passar do tempo o lucro do atravessador aproxima-se de zero, e pode atingir ser negativo. A curva de preço de compra é a mesma do Caso Base, pois o atravessador possui o mesmo preço máximo de compra do consumidor.

3.2.2 Atravessador com preço mínimo de venda

O segundo experimento consiste em estabelecer um preço mínimo de venda para o atravessador. O algoritmo ZIP foi modificado e foi acrescentada uma nova regra para estabelecimento dos preços ofertados. O atravessador no papel de fornecedor só submete e aceita ofertas cujo valor sejam no mínimo 50% maiores do que o preço que ele pagou por um produto. Com isso o lucro mínimo é garantido.

Na Figura 9, podemos verificar que a margem de lucro realmente aumenta, mas número de negócios efetuados foi menor. Alguns atravessadores não venderam todos os produtos adquiridos. Embora a margem de lucro por negócio realizado tenha aumentado, o volume total de vendas diminuiu. O atravessador precisa analisar os dois leilões para vender suas mercadorias. Ele deve evitar comprar um produto cujo preço acrescido do seu ganho mínimo ultrapasse o preço de equilíbrio teórico do mercado. Outra variável que deve ser observada é a demanda do consumidor. Se o atravessador comprar muita mercadoria poderá não conseguir vender tudo, neste caso devido ao aumento do preço de venda para o consumidor.

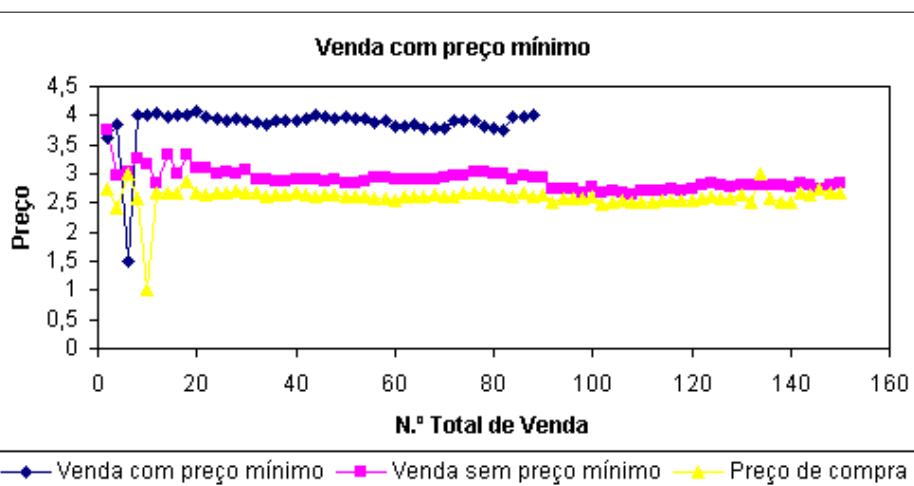


Figura 9: A ilustração mostra os negócios efetuados em um período de 15 dias. A linha azul representa as vendas efetuadas pelos atravessadores com preço mínimo de venda superiores em 50% aos de venda. A linha rosa representa as vendas sem definição de preço mínimo, enquanto a linha amarela representa as compras efetuadas pelos atravessadores.

3.3 O ATRAVESSADOR EM NOVAS ESTRUTURAS DE MERCADO

As estruturas de mercado são modelos que definem como os mercados são organizados observando os mercados existentes. Cada estrutura possui características específicas e irão impactar de maneira distinta o preço de equilíbrio e o acesso à informação sobre o ambiente externo.

A informação sobre o ambiente externo é fundamental para qualquer agente. Os eventos ocorridos no ambiente externo ajudam a formar a estratégia de atuação dos agentes.

Para verificarmos o impacto de uma configuração de mercado para seus participantes foram feitos, quatro arranjos com as principais estruturas de mercado mudando a forma como os atravessadores interagem com os fornecedores e consumidores.

1º Arranjo: O atravessador compra de um único fornecedor e vende para um único consumidor. Nesta configuração de mercado se existem n fornecedores e m consumidores existirão $n \times m$ atravessadores. O leilão entre fornecedores e atravessadores caracteriza um monopólio e o leilão entre atravessadores e consumidores caracteriza um monopsônio. Este arranjo ilustra o caso de algumas empresas de representação que possuam contrato de exclusividade com o fornecedor e apenas um cliente (governo).

2º Arranjo: O atravessador compra de diversos fornecedores, mas vende para um único consumidor. O leilão entre fornecedores e atravessadores forma uma estrutura de mercado com

concorrência perfeita. Este arranjo ilustra o caso de algumas cooperativas. Uma cooperativa compra de diversos fornecedores, mas vende para um único consumidor.

3º Arranjo: O atravessador compra de um fornecedor e vende para qualquer consumidor. Neste arranjo existe uma estrutura de concorrência perfeita entre atravessadores e consumidores. Um exemplo deste arranjo são as concessionárias de veículos.

4º Arranjo: O atravessador compra de qualquer fornecedor e vende para qualquer consumidor. Existe neste caso um mercado com “concorrência perfeita”. Um exemplo deste arranjo é o CEASA. No CEASA os agricultores vendem seus produtos para os atravessadores. Os atravessadores, que podem ser restaurantes, feirantes, super-mercados, negociam os produtos com os consumidores finais.

Os leilões executados nos diferentes tipos de estruturas foram do tipo duplo. Para realização dos testes, agentes do tipo ZIP foram utilizados e uma ferramenta para criar os arranjos desenvolvida. Os resultados obtidos foram sumarizados nas Figuras 10, 11, 12 e 13. Os testes efetuados com os diferentes tipos de arranjo verificam o impacto que cada estrutura de mercado tem sobre os preços de compra e venda. A concorrência perfeita também contribui para um comportamento mais previsível do mercado. Podemos observar que nos arranjos sem concorrência perfeita o comportamento da variação dos preços ao longo dos dias não é suave.

A Tabela 1 apresenta os valores médios dos preços e dos lucros no horizonte de tempo avaliado. Observamos que nos arranjos (arranjo 2, 3, 4) com “concorrência perfeita” nos negócios entre fornecedor e atravessador ou nos negócios entre atravessador e consumidor promoveu uma redução nos preços negociados (PV) o que beneficiou os consumidores. Por outro lado, com o preço melhor houve maior consumo o que acarretou em um maior lucro dos atravessadores. Nos arranjos (arranjos 1,3) onde ao fornecedor tinha monopólio ele obteve um lucro médio maior.

Tabela 1 - Resultado dos negócios do atravessador nos leilões efetuados em diferentes arranjos

	C	$\sum_{i=1}^n PC$	V	$\sum_{i=1}^n PV$	L_A	\overline{PC}	\overline{PV}	\overline{L}_F	\overline{L}_A
Arranjo 1	42	86,92	27	94,79	7,87	2,07	3,51	1,44	0,87
Arranjo 2	42	74,97	29	83,43	8,46	1,79	2,88	1,09	0,94
Arranjo 3	42	87,8	39	109,33	21,53	2,09	2,80	0,71	2,39
Arranjo 4	42	76,37	40	105,27	28,9	1,82	2,63	0,81	3,21

$C \rightarrow$ Número de produtos comprados
 $\sum_{i=1}^n PC \rightarrow$ Somatório dos preços de compra
 $V \rightarrow$ Número de produtos vendidos
 $\sum_{i=1}^n PV \rightarrow$ Somatório dos preços de venda
 $L_A \rightarrow$ Lucro total do atravessador

$\overline{PC} = \frac{\sum_{i=1}^n PC}{n} \rightarrow$ Preço médio de compra do atravessador
 $\overline{PV} \rightarrow$ Preço médio de venda do atravessador
 $\overline{L}_F \rightarrow$ Lucro médio do fornecedor
 $\overline{L}_A \rightarrow$ Lucro médio do atravessador

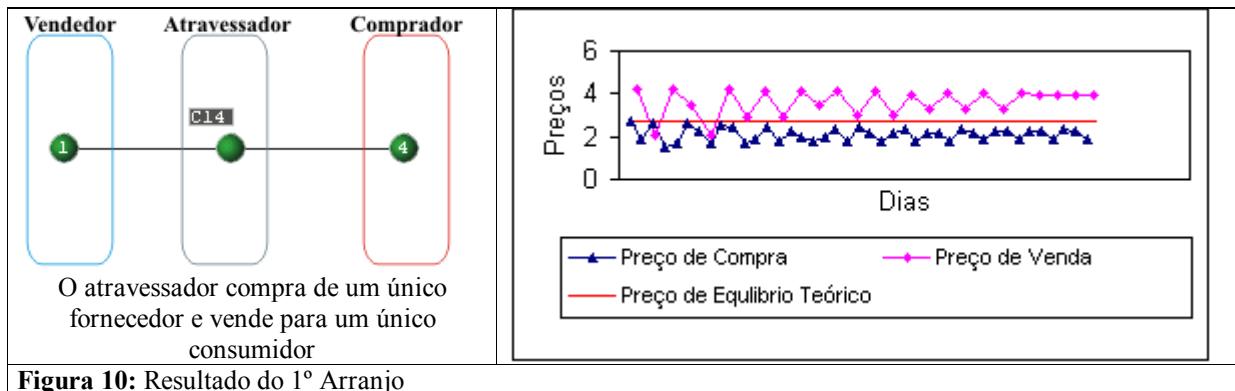


Figura 10: Resultado do 1º Arranjo

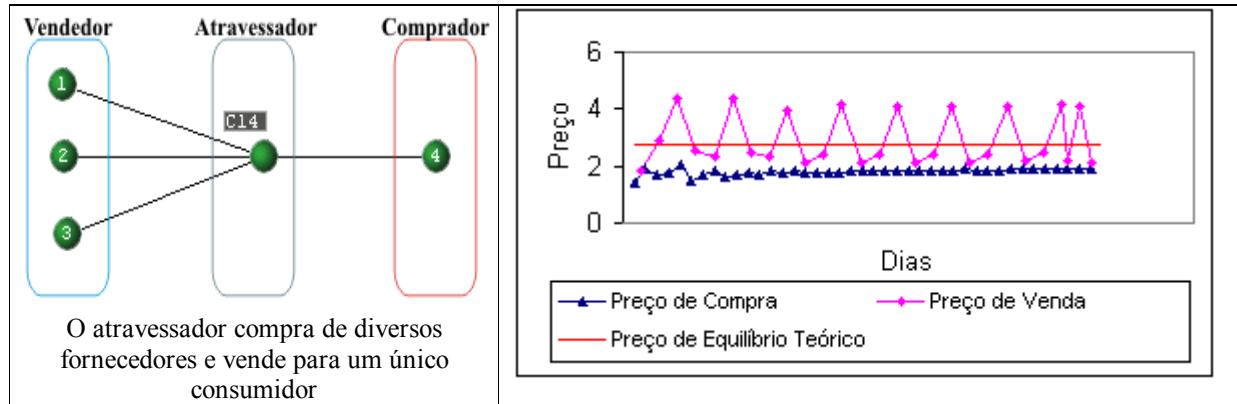


Figura 11: Resultado do 2º Arranjo

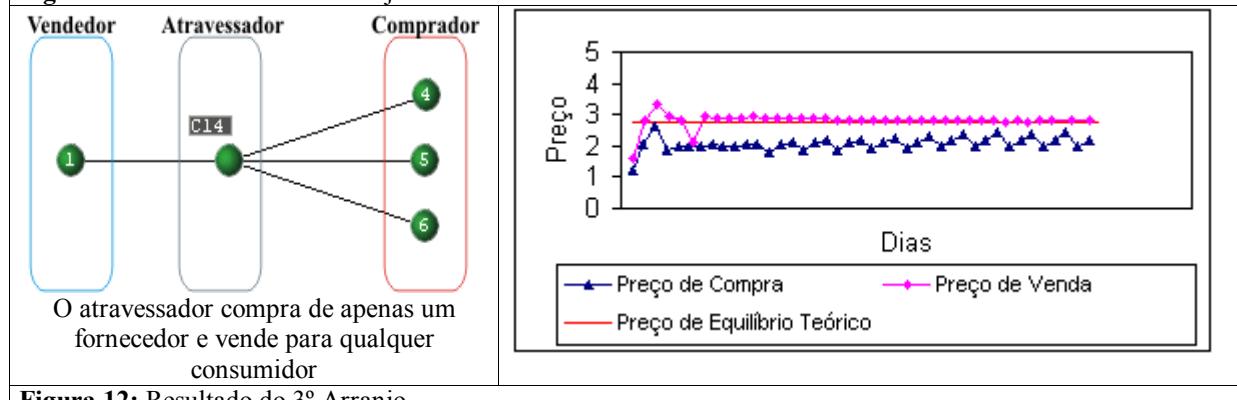


Figura 12: Resultado do 3º Arranjo

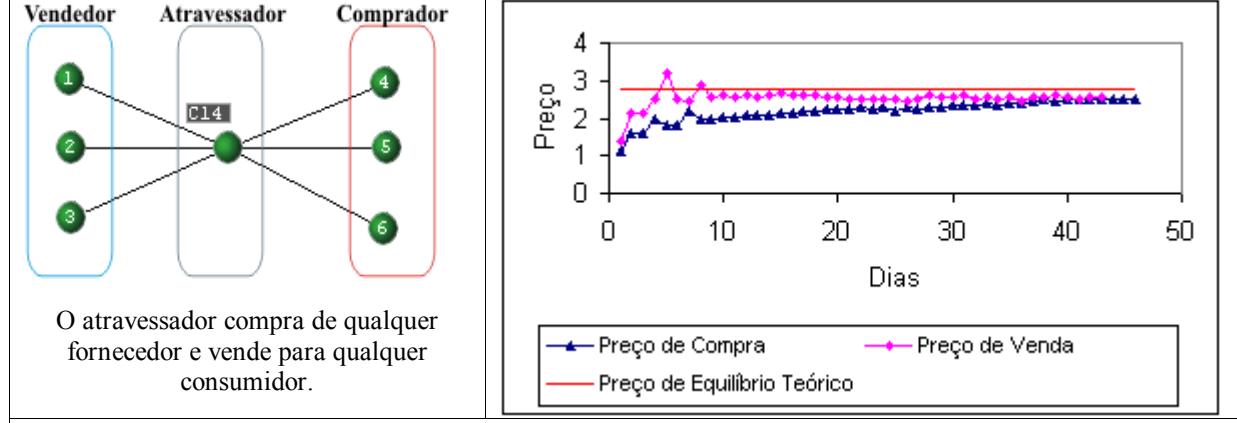


Figura 13: Resultado do 4º Arranjo

4 COMENTÁRIOS

Foi implementada uma nova classe de agentes autônomos que representa a figura do atravessador nos negócios entre agentes fornecedores e consumidores. Esta nova classe de agentes permitiu que fossem simuladas novas estruturas de mercado.

Os resultados obtidos indicam que configurações onde existe concorrência perfeita entre os agentes resultam em uma distribuição mais eficiente dos produtos no mercado, se considerarmos o lucro do atravessador e o preço final ao consumidor.

O aumento ou decréscimo dos preços e quantidade ofertada ou demandada interfere no preço de equilíbrio teórico. Os resultados experimentais indicam a mesma conclusão.

Adam Smith, na sua obra *Riqueza das Nações*, afirma que existe uma mão invisível que regula o mercado, o seu principal regulador é a lei da oferta versus demanda. As ferramentas que simulam mercados virtuais usando agentes autônomos, mesmo que simplificando ao extremo a realidade, oferecem recursos para o estudo das hipóteses e princípios da economia. Perguntas sobre como a mão

invisível atua surgiram. Ela é fruto do comportamento individual de cada agente, ou da estrutura do mercado? Os resultados obtidos parecem indicar que a estrutura do mercado tem grande influência. Entretanto, Cliff [Cliff, 1997] demonstra que as regras que definem o comportamento do agente também são importantes.

Em situações onde as informações estão distribuídas o uso de agentes autônomos interagindo em estruturas de mercado pode ser uma boa alternativa para a alocação dos recursos escassos.

REFERÊNCIAS

- [Agorics, 1996] Agorics, Inc. (1996). “*Going, Going, Gone! A Survey of Auction Types*”. (<http://www.agorics.com/Library/auctions.html>)
- [Arthur, 1993] Arthur, W. B. (1993). “*On designing economic agents that behave like human agents*”. Evolutionary Economics.
- [Begg et alli, 1994] Begg, D., Fischer, S., Dornbusch, R. (1994). “*Economics (fourth edition)*”. McGraw-Hill, London.
- [Cliff, 1997] Cliff, D. “*Minimal-intelligence agents for bargaining behaviours in market environments*”. Technical Report HPL-97-91, Hewlett-Packard Labs. (<http://www.hpl.hp.com/techreports/97/HPL-97-91.html>)
- [Cliff, 2001-326] Cliff, D. “*Evolution of market mechanism through a continuous space of auction-types*”. Presented at Computational Intelligence in Financial Engineering (CIFEr02) session at WCCI2002, Hawaii, May 2002. Technical Report HPL-2001-326: Hewlett-Packard Laboratories, 2001. (<http://www.hpl.hp.com/techreports/2001/HPL-2001-326.html>)
- [Flake, 2001] Flake, G. Willian. “*The computational beauty of the nature, computer explorations of fractals, chaos, complex systems, and adaptation*”. MIT Press, 2001.
- [Gode et al, 1993] Gode, D. K.; Sunder, S. (1993). “*Allocative efficiency of markets with zero intelligence traders: market as a partial substitute for individual rationality*”.
- [Harty et alli, 1996] Harty, K., & Cheriton, D. (1996). “*A market approach to operating system memory allocation*”. In Clearwater, S. H. (Ed.), Market-Based Control: A Paradigm for Distributed Resource Allocation, pp. 126-155. World Scientific, Singapore.
- [Marron et alli, 1996] Marron, D. B., & Bartels, C. W. (1996). “*The use of computer assisted auctions for allocating tradeable pollution permits*”. In Clearwater, S. H., (Ed.), Market-Based Control: A Paradigm for Distributed Resource Allocation, pp. 274-299. World Scientific, Singapore.
- [Miller et alli, 1996] Miller, M. S., Krieger, D., Hardy, N., Hibbert, C., & Tribble, E. D. (1996). “*An automated auction in ATM network bandwidth*”. In Clearwater, S. H. (Ed), “*Market-Based Control: A paradigm for distributed resource allocation*”.
- [Simonsen, 1994] Simonsen, Henrique Mario. “*Ensaios Analíticos*”. Fundação Getulio Vargas.
- [Smith, 1992] Smith, V. L. (1992). “*Experimental economics*”. Cambridge University Press.