

Estratégias para Comercialização de Recursos Computacionais em um Desktop Grid

Lourival A. Gois¹, Walter da C. Borelli²

¹Departamento de Informática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná

²Departamento de Telemática, FEEC, Universidade de Campinas (UNICAMP)
gois@utfpr.edu.br, borelli@dt.fee.unicamp.br

Abstract. The association of idle machines in desktop grids architectures represents a significant progress in the solution of complex problems in areas as science, engineering, trade and others. The difficulty in the implementation and in the continuity of these architectures is to maintain the levels of availability demanded by their users. In its majority, the users are constituted by volunteers that share their resources without any formalized commitment. This article proposes strategies for the design of a resources administration system called DGridE - Desktop Grid Economy, based on the microeconomics principle of traditional markets of goods and services. This approach allowed the structuring of a computational resource market through the utilization of formation prices mechanisms, negotiation inside and outside of the administrative domain and control of commercial transactions of the sharing processes.

Resumo. A associação de máquinas ociosas em arquiteturas denominadas desktop grids, representa um avanço significativo na solução de problemas complexos nas áreas de ciências, engenharia, comércio entre outras. A grande dificuldade na implementação e na continuidade destas arquiteturas está em manter os níveis de disponibilidades exigidos por seus usuários, já que em sua maioria, são constituídas por voluntários que compartilham seus recursos sem nenhum compromisso formalizado. Este artigo propõe estratégias destinadas à modelagem de um sistema de gerenciamento de recursos denominado DGridE - Desktop Grid Economy, fundamentado nos princípios microeconômicos que orientam os mercados tradicionais de bens e serviços. Esta abordagem permitiu a estruturação de um mercado de recursos computacionais através da utilização de mecanismos para formação de preços, negociação intra e inter cooperativas e controle das transações comerciais decorrentes dos processos de compartilhamento.

Keywords: Gerenciamento de recursos, comercialização de recursos, formação de preços.

1. Introdução

As grades foram concebidas visando o compartilhamento de recursos heterogêneos que estejam remotamente distribuídos e sob administrações independentes.

Considerando o grande número de consumidores e fornecedores de recursos comuns a estes ambientes, a adoção de modelos econômicos pelos sistemas de gerenciamento deve estar relacionada com a capacidade dos mesmos em encorajar a participação de seus integrantes na formação do mercado da grade. Com a utilização de um modelo econômico este compartilhamento passa a operar como um comércio real de produtos ou serviços disponível em um mercado tradicional [1][2]. Esta associação dá origem a um mercado virtual de recursos ou serviços computacionais, no qual clientes e provedores atuam como consumidores ou fornecedores [3]. Esse mercado é regulamentado por políticas de definição e informação dos preços de seus recursos, bem como por mecanismos de pagamento pela disponibilização e utilização dos mesmos.

Grosu e Das [4] estudaram diferentes tipos de leilões e fizeram comparações com relação aos pagamentos efetuados pelos usuários, lucros obtidos, estrutura de pagamento e oferta de recursos nos modelos Leilão de Lance Fechado/Primeiro Preço, Leilão de Vickrey e Leilão Duplo. Os autores concluíram que o primeiro é melhor sob as perspectivas dos vendedores de recursos, enquanto Vickrey é melhor sob as perspectivas dos compradores e leilões duplos para ambos. Este último apresenta uma cooperação entre proprietários de recursos inversamente proporcional ao tamanho da grade. A partir destes resultados, Kant e Grosu [9] realizaram comparações entre os diferentes protocolos que podem ser utilizados em sistemas baseados em leilões duplos.

Wolski et al. [6] comparam modelos de mercado de bens e de leilões com respeito à estabilidade de preços, equilíbrio de mercado, eficiência de aplicações e eficiência de recursos. Concluiu-se que nos mercados de bens, são utilizadas as técnicas propostas em 1974 por *Stephan Smale* na definição dos preços unitários por entidades reguladoras baseados nas quantidades existentes de oferta e demanda. Entretanto, a aplicação deste modelo em grades de grande porte deixa de ser viável em virtude do grande número de compradores e vendedores e a baixa cooperação dos mesmos com as entidades formadoras de preços.

As análises das vantagens e deficiências envolvendo estes trabalhos motivaram a definição de um sistema de gerenciamento de recursos, baseado nos princípios que regulamentam um mercado tradicional de bens e serviços. Esta abordagem proporcionou a estruturação de mecanismos destinados à formação de preços para os recursos que forem compartilhados através de negociações entre os integrantes do Desktop Grid. Estas negociações estão fundamentadas na valorização dos fornecedores que contribuem de forma constante na disponibilização de seus recursos computacionais. As próximas seções formalizam o ambiente utilizado, seus mecanismos de comercialização e os resultados obtidos a partir do modelo proposto.

2. Modelagem do DGridE - Desktop Grid Economy

Esta seção descreve o sistema de gerenciamento de recursos responsável por promover os compartilhamentos através de negociações entre os integrantes de um domínio administrativo identificado no modelo como uma cooperativa. Várias cooperativas podem ser integradas visando suprir suas necessidades individuais na

ausência de recursos internos. Considerando estas exigências, o mecanismo foi formalizado através dos seguintes componentes:

- d : diretor do mercado formado pela associação das cooperativas;
- C : cooperativa;
- g : gerente de recursos;
- c : consumidor de recursos;
- f : fornecedor de recursos;
- r : recurso do tipo r (CPU, disco, memória, etc...);
- s : ordem de serviço número s de um consumidor c .

Portanto, $\{r_1, \dots, r_{TR}\}$ é um conjunto de TR recursos compartilhados por f ; uma cooperativa C_i é o conjunto $\{g_b, f_1, \dots, f_{TF}, c_1, \dots, c_{TC}\}$ sendo TF o total de fornecedores e TC o total de consumidores. Uma cooperativa C_i é gerenciada por g_i tal que $0 < i \leq TC$, com TC sendo o número de cooperativas. O modelo assume $C_i \cap C_b = \{\}$ para qualquer i diferente de b . As próximas seções descrevem as estratégias utilizadas por estes componentes e os resultados obtidos com os experimentos realizados com o mecanismo proposto.

2.1 Mecanismo de Formação de Preços

O sistema de gerenciamento de recursos proposto foi baseado no princípio da compensação financeira. Sendo assim, um consumidor repassa fundos ao gerente da cooperativa pelo uso de seus recursos, o qual repassará proporcionalmente a cada fornecedor, a parcela devida pelas alocações efetuadas.

Recursos de capacidades diferentes possuem preços diferentes, assim como recursos similares diferenciam seus preços em função de seus índices de ociosidade. Em função disto, faz-se necessário a utilização de um mecanismo padronizado de *benchmark* que forneça os desempenhos computacionais apresentados pelos fornecedores, para que possam ser normalizados em relação a seus pares tendo como base, o fornecedor com o melhor *benchmark* na grade. O mecanismo de formação de preços do gerente da cooperativa utiliza os índices médios de desempenho computacional normalizado de seus fornecedores $\overline{\varphi}_g^f$ e seus recursos $\overline{\varphi}_{r,g}$ [6].

Estes índices servirão de base aos processos de atribuição e alteração de preços de seus fornecedores, e poderão ser obtidos através das equações (1) e (2).

$$\overline{\varphi}_g^f = \frac{1}{TF_g} \times \sum_{f=1}^{TF_g} \varphi_f^f \quad (1)$$

$$\overline{\varphi}_{r,g} = \frac{1}{TR_{r,g}} \times \sum_{r=1}^{TR_{r,g}} \varphi_r \quad (2)$$

sendo φ_f^f o *benchmark* normalizado do fornecedor f da cooperativa g e φ_r o *benchmark* normalizado do recurso do tipo r cadastrado na cooperativa do gerente g .

Serão considerados para os cálculos de $\overline{\varphi}_g^f$ e $\overline{\varphi}_{r,g}$, somente os fornecedores que estiverem ativos e enviando seus índices de ociosidade regularmente. Estas informações deverão ser atualizadas sempre que um fornecedor iniciar suas atividades

na cooperativa. Portanto, considerando $\overline{F}_g = \{R_1, \dots, R_r\}$, sendo \overline{F}_g um fornecedor fictício de referência com desempenho igual a $\overline{\varphi}_g$, R_r cada um dos tipos de recursos (CPU, memória, disco, entre outros) controlados pelo gerente da cooperativa g com desempenho igual a $\overline{\varphi}_{r,g}$ e $P_{ref_{r,g}}$ o preço de cada um destes recursos, torna-se possível a formulação da equação (3) para calcular o preço base ($P_{base_{r,f}}$) de cada um dos recursos existentes nos fornecedores ativos.

$$P_{base_{r,f}} = P_{ref_{r,g}} \times \left(\frac{100 - L_{r,f}}{100} \right) \times \frac{\overline{\varphi}_{r,f}}{\overline{\varphi}_{r,g}} \quad (3)$$

sendo $L_{r,f}$ para $0 \leq L_{r,f} < 100$, o limite de compartilhamento do recurso r pelo fornecedor f .

Segundo os princípios microeconômicos aplicados no modelo de formação de preços, quanto menor for a oferta de um recurso, maior será seu preço [7]. Baseado nisto, o preço base de um recurso deve estar relacionado ao índice de ociosidade apresentado pelo mesmo no instante de sua alocação. Portanto, a aplicação da lei da oferta e demanda no valor de $P_{base_{r,f}}$ resultará na equação (4).

$$Patual_{r,f} = P_{base_{r,f}} \times \frac{x_h}{100} \quad (4)$$

onde $Patual_{r,f}$ representa o preço atual do recurso r no fornecedor f , ajustado segundo sua condição atual de ociosidade x_h registrado na base de dados do gerente da cooperativa. Quanto menor for a porcentagem de ociosidade do mesmo, menor será sua disponibilidade no instante analisado, e conseqüentemente, menor será o valor a ser cobrado, tal que $Patual_{r,f} \leq P_{base_{r,f}}$.

Para possibilitar aos proprietários certo nível de interferência nos preços aplicados aos seus equipamentos fornecedores, os mesmos poderão configurar em seu contrato de afiliação, o coeficiente de ajuste w identificando suas tendências de utilização, de tal forma que se:

- $0 < w < 1$: o valor a ser cobrado será reduzido em função da utilização do recurso em períodos de baixa ocupação por seu proprietário, como por exemplo, período noturno, finais de semana, feriados, entre outros;
- $w = 1$: o valor a ser cobrado não sofrerá nenhuma alteração por não haver tendências de utilização cadastradas;
- $w > 1$: o valor a ser pago será aumentado em função do uso do recurso em períodos de alta ocupação por seus proprietários, como por exemplo, horário comercial, horários de pico, entre outros.

O sistema de gerenciamento proposto foi modelado para permitir a comercialização de um único recurso através de seu preço individual $Patual_{r,f}$ ou então do fornecedor como um todo através da somatória dos preços de cada um de seus recursos e, neste caso, com a possibilidade de ser influenciado por w conforme apresentado na equação (5).

$$P_{f,g} = w_f \times \sum_{r=1}^{TR_f} Patual_{r,f} \quad (5)$$

sendo TR_f o total de recursos compartilhados pelo fornecedor f . Esta regra foi definida visando incentivar os fornecedores a disponibilizarem seus recursos o maior tempo possível à cooperativa, independentemente da situação de uso dos mesmos.

2.2 Submissão de Serviços pelo Consumidor

Um consumidor cadastrado e validado pelo gerente poderá utilizar seus mecanismos responsáveis pela submissão de uma ordem de serviço em sua cooperativa, solicitando a execução de uma aplicação ou de uma de suas tarefas. Uma ordem de serviço deve ser enviada pelo consumidor com o seguinte formato:

- SERVIÇO(Identificação{idConsumidor, idServiço, desempenho, orçamento{sim|não}},
- Recursos{CPU, MEM, [DISCO], [...]},
- Limitações{TE, [DM], [VM], [PL]},
- Otimização{CUSTO|TEMPO})

O segmento *Identificação* contém os atributos que caracterizam o solicitante (*idConsumidor*), o serviço (*idServiço*), seu desempenho computacional e se o consumidor irá aguardar por um orçamento antes da execução.

No segmento *Recursos* estarão inseridos os componentes mínimos que um fornecedor deverá possuir para executar o serviço. Os atributos CPU e MEM são considerados imprescindíveis para o modelo sendo, portanto, obrigatórios. Para simplificação, foram considerados somente estes recursos, entretanto, o modelo proposto permite que outros possam ser requisitados pelo consumidor, como por exemplo, disco ou largura de banda, desde que sejam controlados separadamente pelo gerente da cooperativa.

O terceiro segmento, *Limitações*, contém os atributos que devem ser cumpridos pelo gerente da cooperativa. Estes atributos permitem ao mesmo reconhecer quais os objetivos esperados pelos consumidores no processo de negociação. Serão disponibilizados quatro atributos:

- *TE*: tempo estimado pelo consumidor para execução do serviço com a utilização plena de sua carga computacional;
- *DM*: tempo máximo de duração do serviço;
- *VM*: valor máximo que o consumidor espera pagar no caso do cumprimento de *DM*;
- *PL*: define se os recursos deverão ser alocados somente dentro da cooperativa ou se poderão ser requisitados a outros gerentes.

Um consumidor pode otimizar a execução do seu serviço fornecendo no segmento *Otimização*, um dos seguintes atributos: *TEMPO*: define que o serviço deve ser executado no menor tempo possível, observando o atributo *VM* e nunca extrapolando *DM*; *CUSTO*: define que o serviço deve ser executado com o menor custo possível e nunca extrapolando *VM*.

No caso do atributo *orçamento* estar configurado como *{sim}*, o serviço será encaminhado ao gerente, que após identificação dos possíveis fornecedores, irá retornar um orçamento para avaliação e aceite do consumidor. O início da execução do serviço irá ocorrer somente após o envio da autorização pelo consumidor.

2.3 Admissão de Serviços e Negociação de Recursos dentro da Cooperativa

Os serviços autorizados são encaminhados para o mecanismo de admissão para que possam ser escalonados e alocados aos fornecedores mais adequados às exigências

dos consumidores. O processo de seleção adotado por este mecanismo foi modelado a partir dos seguintes critérios:

- Se a otimização for pelo tempo, a execução deverá ocorrer nos fornecedores com melhor desempenho dentro da cooperativa, desde que os custos decorrentes não ultrapassem o valor esperado pelo consumidor ou orçado pelo gerente;
- Se a otimização for pelo custo, a execução deverá ocorrer nos fornecedores de menor preço dentro cooperativa, desde que consigam executar o serviço no tempo estabelecido pelo consumidor;
- Caso não existam fornecedores aptos dentro da cooperativa, o gerente deverá negociar com o diretor do *DGridE* a execução do serviço em outras cooperativas, observando neste processo as exigências de execução.

O mecanismo de admissão proposto neste artigo está baseado nos princípios microeconômicos que regulamentam um mercado comum de bens [8]. Segundo esta abordagem, um consumidor ao executar um serviço, buscará a melhor relação custo/desempenho pelo mesmo, ou seja, sua intenção em um processo de submissão é pagar o menor preço possível pelo maior desempenho computacional que conseguir, enquanto que um fornecedor ao disponibilizar seus recursos, tentará obter o maior lucro possível por suas alocações.

Inicialmente é criada uma lista dos possíveis candidatos para alocação, mediante a identificação de quais fornecedores possuem os recursos solicitados, bem como, se os mesmos conseguem executar o serviço no tempo estimado sem ultrapassar o horário limite estabelecido pelo consumidor. Caso existam candidatos dentro da cooperativa, é efetuada uma pesquisa para tentar encontrar o fornecedor mais adequado para atender o atributo de otimização do serviço. Se for pelo custo, será alocado o fornecedor que puder executar o serviço com o menor valor possível, caso contrário, a prioridade será sempre do fornecedor com o melhor desempenho entre os candidatos selecionados. Entretanto, para qualquer critério escolhido, o custo total pelo uso do fornecedor alocado não poderá ultrapassar o valor máximo esperado pelo consumidor. Se o mecanismo não encontrar candidatos dentro da cooperativa, será acionado o processo de negociação com o Diretor da grade. Caso a negociação não obtenha sucesso, será enviada uma mensagem ao consumidor informando a rejeição do serviço por falta de recursos.

2.4 Negociação de Recursos Inter-Cooperativas

Na ausência de fornecedores adequados à execução de um serviço dentro da cooperativa, será necessário efetuar uma pesquisa junto aos outros gerentes antes de informar ao consumidor da impossibilidade do atendimento. Este processo consiste em uma negociação intermediada pelo diretor do *DGridE*, através de um mecanismo de leilão implementado no mesmo. O modelo adotado foi o Leilão Reverso com Lances Fechados, em razão da velocidade apresentada pelo mesmo em seu processo decisório [4][5][9]. Neste modelo, o gerente comprador que iniciou a negociação, envia ao diretor sua intenção em alocar recursos fora de seu domínio administrativo. O diretor por sua vez, desempenhará o papel de leiloeiro, repassando aos gerentes sob sua jurisdição, um aviso de abertura de um leilão visando a obtenção de recursos para

execução de um serviço. Os gerentes após analisarem as exigências contidas no aviso, enviarão seus lances de venda baseados em suas disponibilidades.

O diretor após receber um lance de compra efetua a abertura do leilão, enviando a cada gerente um aviso contendo as especificações do serviço e por quanto tempo ficará aguardando por lances de venda. Expirado o tempo de duração do leilão, o diretor irá analisar os lances de venda, retornando aos participantes, uma mensagem do tipo *Lance Vencedor* ou *Sem Vencedor*, dependendo do resultado obtido. Considera-se como lance vencedor o que oferecer o menor valor entre todos, associado ao menor tempo de execução, limitados aos atributos *VM*, *TE* e *DM* contidos no serviço.

Os Gerentes vendedores vislumbram nos leilões a oportunidade para a comercialização da capacidade computacional excedente em sua cooperativa. A concorrência existente entre os mesmos força a adoção de estratégias que, bem aplicadas, resultarão em um número maior de lances vencedores. A estratégia implementada deve levar em consideração que, no tipo de leilão utilizado pela plataforma, os lances são conhecidos somente pelo diretor, ou seja, um gerente vendedor não tem conhecimento dos lances de seus adversários, bem como, das expectativas do gerente comprador que originou o processo.

3. Aplicação do Modelo Proposto e Análise de Resultados

Os experimentos foram realizados em cento e onze microcomputadores de diferentes configurações distribuídos em seis laboratórios interconectados por uma rede local e organizados de acordo com a infra-estrutura apresentada na Tabela 1.

Tabela 2 – Infra-estrutura do ambiente DGridE

Cooperat	FORNECEDORES			
	Qtidade	Desempenho	Ociosidade	Preço médio
1	10	0,50	67,5	0,17
2	20	0,90	67,5	0,31
3	15	1,00	80,0	0,63
4	30	1,10	67,5	0,39
5	20	1,25	67,5	0,74
6	10	1,50	67,5	1,03

As configurações individuais dos cento e cinco fornecedores foram selecionadas para permitir a análise dos comportamentos dos mecanismos propostos sob diferentes níveis de desempenho. Em cada cooperativa foi instalado um consumidor e para isso foram selecionados seis microcomputadores com configurações idênticas. Cada consumidor submeteu duzentas ordens de serviço com as seguintes especificações:

- Identificação{idConsumidor, idServiço, desempenho=0,4, orçamento=não};
- Recursos{CPU, MEM};
- Limitações{TE=4, DM=4, VM=2, PL="sim"|"não"};
- Otimização{CUSTO|TEMPO}.

Todos os serviços alocados foram executados com sucesso. Os custos foram contabilizados pelos gerentes, ficando a cargo destes, a definição dos preços adotados por sua cooperativa baseado em informações fornecidas pelo diretor. O coeficiente de ajuste do preço total ($P_{f,g}$) foi configurado com $w = 1$ para todos os fornecedores.

Os experimentos foram realizados visando a análise dos serviços atendidos pelas cooperativas, bem como o faturamento gerado de acordo com o modelo econômico aplicado. Os dados foram coletados e analisados segundo os seguintes cenários:

- *Cenário 1*: distribuição de serviços *sem leilão* e execução otimizada pelo custo e pelo tempo;
- *Cenário 2*: distribuição de serviços *com leilão* e execução otimizada pelo custo e pelo tempo.

No primeiro cenário, os consumidores contaram apenas com os recursos oferecidos por seus Gerentes. Para isto, seus serviços foram configurados com o atributo $PL = "sim"$. Os dados coletados a partir deste cenário podem ser observados nas Fig. 1, 2 e 3.

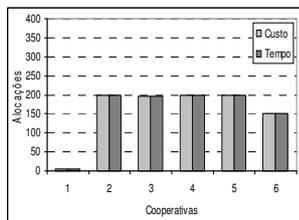


Fig. 1 - Serviços alocados pelas cooperativa com $PL = "sim"$

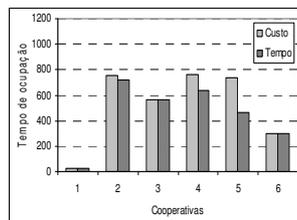


Fig. 2 - Ocupação dos fornecedores após a distribuição dos serviços com $PL = "sim"$

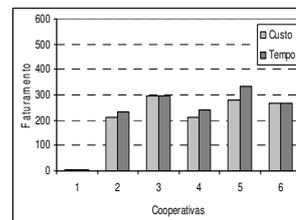


Fig. 3 - Faturamento bruto dos gerentes após distribuição dos serviços com $PL = "sim"$

As análises dos mesmos mostraram que em decorrência do baixo desempenho apresentado por seus 10 fornecedores, o gerente da cooperativa 1 conseguiu distribuir somente 6 dos 200 serviços submetidos a ele. Em razão disto, obteve uma baixa ocupação de sua carga computacional e conseqüentemente um faturamento que irá no decorrer do tempo, inviabilizar a continuidade da cooperativa;

A cooperativa 3 com seus 15 fornecedores permitiu ao seu gerente, distribuir 195 dos 200 serviços submetidos a ele, sendo que 5 foram rejeitados por não haver recursos que atendessem às limitações de custo e tempo enviadas pelos consumidores. Entretanto, o mecanismo utilizado conseguiu aproveitar grande parte do tempo disponibilizado pelos fornecedores, gerando com isto um faturamento próximo ao que foi obtido pelo gerente da cooperativa 2;

Em razão dos altos preços praticados pela cooperativa 6, seu gerente não conseguiu atender as exigências de custos contidas em 50 dos 200 serviços. Estes preços são decorrentes dos desempenhos computacionais apresentados por seus fornecedores;

Em razão da quantidade de fornecedores e de seus preços, procedentes de seus desempenhos e de seus índices de ociosidade, foi possível aos gerentes das cooperativas 2, 4 e 5 a distribuição da totalidade dos serviços submetidos a eles, fazendo com que seus faturamentos fossem maiores do que os apresentados pelas cooperativas 1 e 6.

O cenário 2 foi proposto para exemplificar o comportamento do mecanismo de leilão utilizado pela plataforma. Sua função é permitir aos gerentes das cooperativas 1, 3 e 6, negociar por recursos com os gerentes das cooperativas 2, 4 e 5 através do envio de lances de compra ao diretor. Todos os gerentes foram novamente requisitados a executar os 200 serviços de seus consumidores, entretanto, com o atributo *PL* configurado para “*não*”.

Como definido no mecanismo de admissão, somente as cooperativas 2, 4 e 5 irão enviar lances de venda por apresentarem recursos disponíveis. Estes lances terão seus valores otimizados pelo tempo de execução sem extrapolar o valor máximo sugerido pelo consumidor.

Como esperado, as Figuras 4, 5 e 6 mostram que os serviços leiloados foram direcionados aos gerentes que, em seus lances de venda, demonstraram que poderiam executá-los segundo as exigências do gerente comprador, ressaltando que nas negociações intra-cooperativas os consumidores poderão optar por uma otimização pelo custo ou pelo tempo de execução, enquanto que nas inter-cooperativas todos os serviços serão otimizados pelo tempo.

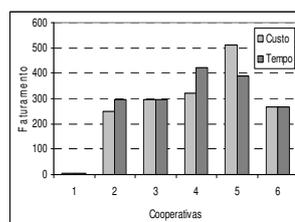
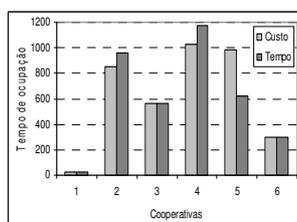
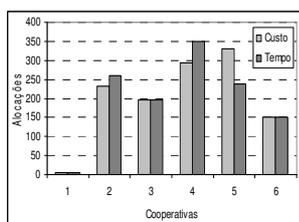


Fig. 4 - Serviços alocados pelas cooperativa com fornecedores com *PL*=“*não*” **Fig. 5** - Ocupação dos **Fig. 6** - Faturamento bruto dos Gerentes com *PL*=“*não*” *PL*=“*não*”

Nas execuções otimizadas pelo custo, o gerente 5 venceu 130 leilões permitindo o aproveitamento da carga computacional ociosa de seus melhores fornecedores, em virtude dos mesmos não terem sido utilizados pelos consumidores internos, os quais deram prioridade aos que apresentavam preços mais baixos. O mesmo comportamento foi observado nos gerentes 2 e 4.

Para os serviços otimizados pelo tempo, o gerente 5 não obteve um número satisfatório de lances vencedores, o que está correto levando-se em consideração que seus melhores fornecedores já haviam sido ocupados pelos consumidores internos.

A quantidade de fornecedores existente na cooperativa 4 foi um fator preponderante nos faturamentos obtidos por seu gerente. Isto pode ser explicado considerando alguns fundamentos básicos da microeconomia: maior a oferta, menor o preço, maior a negociação por recursos [10].

4. Conclusão

Neste artigo foi proposto o sistema de gerenciamento *DGridE - Desktop Grid Economy* e os mecanismos econômicos utilizados na formação do mercado virtual de

recursos computacionais. As transações financeiras dentro deste mercado iniciam com a submissão dos serviços pelos consumidores contendo suas requisições de desempenho e custos, as quais deverão ser atendidas pelo gerente na alocação dos fornecedores. Os consumidores definem suas expectativas de preços de compra em função da utilidade que o recurso terá na execução de suas tarefas, enquanto que os fornecedores são precificados pelos gerentes de acordo com o tipo e a disponibilidade dos recursos dedicados à cooperativa.

A eficiência do modelo econômico utilizado foi avaliada através de análises dos serviços submetidos e alocados, utilização de recursos e movimentações financeiras. Durante as simulações, para cada serviço enviado, um fornecedor foi indicado pelo gerente para sua execução, dando início a uma transação comercial. Os resultados obtidos com estas transações mostraram que, dependendo do nível de exigência dos consumidores, seu gerente foi capaz de atendê-los utilizando os recursos sob sua administração, aumentando o tempo de utilização dos mesmos e gerando faturamentos que justificaram a participação dos fornecedores no mercado interno da cooperativa. O equilíbrio entre a oferta e demanda foi obtido através de negociações externas entre os gerentes, utilizando leilões promovidos pelo diretor do *DGridE*. Estes leilões fizeram com que cooperativas com escassez de recursos utilizassem os excedentes de outras.

Referências

1. Buyya, R., Abramson, D. e Venugopal, S.: The Grid Economy. Proc. of the IEEE, Volume 93, Número. 3, pp. 698-714, IEEE Press, New York, Estados Unidos (2005).
2. Buyya, R., Abramson, D. e Giddy J.: Nimrod/G: An architecture of a resource management and scheduling system in a global computational grid. 4th International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region, Beijing, China (2000).
3. Buyya, R.: Economic-based Distributed Resource Management and Scheduling for Grid Computing. Tese de Doutorado, Monash University, Austrália (2002).
4. Grosu, D. e Das A.: Auction-Based Resource Allocation Protocols in Grids. International Conference on Parallel and Distributed Computing and Systems, p. 20-27, São Francisco, Estados Unidos (2004).
5. R. F. Mello.: Proposta e Avaliação de Desempenho de um Algoritmo de Balanceamento de Carga para Ambientes Distribuídos Heterogêneos Escaláveis. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
6. Wolski R., Plank J. S., Brevik, J. e Bryan, T.: Analyzing Market-Based Resource Allocation Strategies for the Computational Grid. International Journal of High Performance Computing Applications, vol. 15, no. 3, p. 258-281 (2001).
7. Góis, L. A., Borelli, W. e Tenório, M. M.: Princípios Microeconômicos Aplicados no Comércio de Recursos Computacionais em Ambientes Distribuídos de Larga Escala. Congresso Internacional de Administração, 2008, Ponta Grossa (2008).
8. Mankiw, N. G.: Introdução a Economia: princípios de micro e macroeconomia. 2ª Edição, Editora Campus, Rio de Janeiro (2001).
9. Kant, U. e Grosu, D.: Double Auction Protocols for Resource Allocation in Grids. International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC'05), vol. 1, p. 366-371, Las Vegas, Estados Unidos (2005).
10. Leftwich, R. H.: O Sistema de Preços e a Alocação de Recursos. 6ª Edição, Editora Bisordi (1983).