

Uma estratégia de negociação para aquisição de serviços em nuvens computacionais

Hélder P. Borges^{1,2}, José N. Souza², Bruno Schulze³, Antônio Mury³

¹ Departamento de Informática - Instituto Federal do Maranhão - (IFMA)
São Luís - MA - Brasil

² Departamento de Computação - Universidade Federal do Ceará - (UFC)
Fortaleza - CE - Brasil

³ Departamento de Computação - Laboratório Nacional de Computação Científica
(LNCC) - Petrópolis - RJ - Brasil

helderpb@hotmail.com, {neuman.souza, bruno.schulze,
a.roberto.m}@gmail.com

Abstract. *The negotiation process for service acquisition in cloud providers is not flexible. Normally it does not take into account the user's perspective regarding which aspects are most relevant for the service execution. Generally it is not possible to specify these aspects in the procurement process. Service Level Agreements are widely used in Cloud Computing, so, it is very important to establish agreements through an automated negotiation process. In this paper we propose a negotiation approach based on user requirements, ranking the most important features as performance, availability and others. This approach was implemented through GerNU, an application for specification and provision of cloud services.*

Resumo. *O processo de negociação para aquisição de serviços em provedores de nuvens não é flexível. Normalmente ele não leva em consideração a perspectiva do usuário sobre quais aspectos são mais importantes para a execução do serviço, além de usualmente não ser possível especificá-los. Acordos em nível de serviços são largamente utilizados na Computação em Nuvem, sendo importante negociações automatizadas para firmar os acordos. Neste artigo propomos uma abordagem de negociação baseada em requisitos do usuário, na qual são classificadas as características mais importantes como desempenho ou disponibilidade. Esta abordagem foi implementada no GerNU, uma aplicação para especificação e provisão de serviços em nuvem.*

1. Introdução

O cenário econômico atual revela o quão indispensável é o estabelecimento de acordos, sendo imprescindível um processo constante de negociação. Neste contexto, observa-se que a computação em nuvem usualmente utiliza o conceito de acordos em nível de serviço ou *Service Level Agreements* (SLA) para controlar o uso dos recursos computacionais. Normalmente, estratégias para gerenciamento de SLA são baseadas no entendimento de duas fases distintas, uma relacionada com a negociação do contrato e a outra focada no monitoramento da execução. Desta forma, o gerenciamento de um SLA

deve incluir a definição do contrato a partir de um esquema com parâmetros de qualidade, a negociação, a execução e ainda o monitoramento do SLA. Estas atividades devem estar de acordo com a política definida entre as partes. A negociação automática de SLAs ainda não está devidamente equacionada, sendo que vários esquemas de SLA e protocolos de negociação já foram propostos, porém, de modo geral, tratam apenas a negociação de um serviço baseado em troca de mensagens.

A negociação é um processo de tomada de decisão que envolve duas ou mais partes, almejando encontrar um acordo que satisfaça os requisitos dos participantes na presença de conflitos e interesses. Cada participante possui interesses independentes, porém todos eles são interdependentes, visto que não conseguem alcançar seus objetivos unilateralmente [Kersten and Lo, 2001]. Neste trabalho, optou-se por uma estratégia que beneficia o usuário, porém, de modo geral, o usuário sempre quer o melhor pelo menor preço, enquanto que o provedor deseja fornecer o mínimo e cobrar o máximo, desta forma, em muitas ocasiões pode não ser possível chegar-se a um acordo.

Em um processo para gestão de SLAs podem ser identificadas diversas atividades de negócios, tais como avaliação do negócio, negociação, contratação e outras. O usuário que deseja utilizar serviços da nuvem precisará avaliar mecanismos para suprir sua demanda. O provedor, por outro lado, precisa constantemente avaliar sua infraestrutura, verificando a viabilidade de atender novas solicitações de serviço. Realizadas estas avaliações iniciais e restritivas, é então iniciado o processo de negociação dos termos do serviço com a intenção de estabelecer um SLA para então o serviço ser disponibilizado.

O escopo deste artigo está relacionado com a apresentação de uma abordagem para negociação de SLAs. Esta proposta é baseada na perspectiva do usuário poder especificar de forma flexível a relevância dos requisitos, tais como *hardware* e parâmetros de qualidade, para execução do seu serviço. Em outras palavras, o usuário poderá definir entre os vários requisitos do serviço, qual é, e o quanto é mais importante para a execução do serviço. A partir desta definição será realizada uma classificação dos parâmetros, utilizando um método de análise hierárquica, possibilitando o oferecimento de propostas personalizadas para a contratação do serviço. Esta abordagem foi implementada no sistema GerNU que será descrito posteriormente e tem como objetivo permitir uma especificação de serviços baseada nos requisitos do usuário [Borges et al., 2012b], mesclando a negociação do SLA com a aquisição do serviço [Borges et al., 2012a]. Esta abordagem tem o objetivo de propor automaticamente descontos no serviço, exatamente nos aspectos que o usuário considera mais relevante.

A seção 2 descreve alguns trabalhos relacionados ao contexto deste artigo. A seção 3 foi utilizada para apresentar a abordagem de negociação a partir da aplicação GerNU. Uma prova de conceito da proposta foi descrito na seção 4. Por fim, a seção 5 apresenta as considerações finais e trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Em sistemas baseados em serviços, a negociação de acordos em nível de serviço ocupa um papel muito importante no ciclo de utilização do serviço. Durante as negociações as partes devem utilizar um mecanismo interativo que possibilite a troca de ofertas. Estes

modelos de negócios têm um grande potencial para reduzir o Custo Total de Propriedade e melhorar o retorno sobre o investimento.

A negociação tem se tornado um grande desafio de pesquisa. Vários conceitos de economia, inteligência artificial e teoria de jogos foram combinados para tratar as preocupações relacionadas com negociação através de abordagens interdisciplinares. Uma das primeiras análises formais do processo de negociação foi realizada por John Nash [Nash et al., 1950] em seu trabalho sobre negociação um-para-um e depois em jogos não cooperativos. Isto popularizou a teoria dos jogos e posteriormente levou à sua absorção pela Ciência da Computação, especialmente entre os agentes inteligentes distribuídos.

Negociações baseadas em *templates* foram implementadas pelo *framework* Web Service Agreement (WSAG) [Andrieux et al., 2007], [Waeldrich et al., 2007] e pelo *framework* Web Services Level Agreement (WSLA) da IBM [Ludwig et al., 2003]. Usando estes modelos, as ofertas e contra-ofertas são trocados entre as partes em uma seqüência determinada pelo protocolo de negociação. Na melhor das hipóteses, um acordo será realizado e documentado como um SLA.

O projeto em [Hauswirth et al., 2001] descreve um *framework* que permite negociações bilaterais totalmente automatizadas entre um provedor e um cliente. A arquitetura OPELIX implementa todas as fases fundamentais de uma transação comercial: ofertas de produtos e de descoberta, processo de negociação, atividades de pagamento e a entrega do produto ao cliente. No entanto, é restrito às negociações bilaterais.

O CAAT [Ncho and Aimeur, 2004] é um *framework* que pode ser usado para projetar sistemas multi-agente para negociações bilaterais e trilaterais automáticas. Este protocolo de negociação permite seqüências válidas de interações usando mensagens construídas sobre o *Agent Communication Language* (ACL) da *Foundation for Intelligent Physical Agents* (FIPA). Uma ontologia que define a semântica de comunicação foi desenvolvida e usada nas mensagens para transmitir uma determinada ação.

Objetivando fornecer uma infraestrutura flexível que pode ser adaptada em termos de multiplicidade, *workflow*, protocolo e modelo de decisão para atender a uma aplicação de domínio específico foi desenvolvido o SECSE [DiNitto et al., 2007]. A arquitetura do *framework* de negociação inclui um mercado de negócio que abriga múltiplos agentes. Cada agente está associado a um participante específico da negociação e a um componente negociador. Os negociadores interagem com os participantes humanos através de interfaces gráficas que permitem fazer ofertas e contraofertas. Além disso, um modelo de decisão interno ou modelo de decisão definido pelo usuário pode ser encapsulado ao *framework* para executar negociações automáticas. O SECSE apoia negociações híbridas, onde alguns participantes são agentes automatizados, enquanto outros são seres humanos.

O trabalho de [Chhtri et al., 2007] descreve um sistema multi-agente que permite negociações automatizadas utilizando o *Iterated Contract Net Protocol* (ICNP) da FIPA. No *framework* ASAPM existem agentes que negociam a partir dos termos de qualidade de serviço.

Analisando as arquiteturas dos projetos propostos, diferentes padrões foram observados: 1) arquiteturas *broker-based*, onde um componente *broker* gerencia negociações um-para-um em nome das partes envolvidas; 2) arquiteturas *marketplace-based*, onde as partes envolvidas em negociações m-para-n são geridos por um mercado intermediário, exigindo que os participantes da negociação exponham suas preferências para o *framework* de negociação; 3) agentes independentes negociam uns com os outros sem mediação. Esses padrões competem ou cooperam livremente com base em racionalidade individual. Do ponto de vista dos protocolos descritos, observa-se abordagens baseadas em regras, onde preceitos de negócio regulam o processo de negociação, o uso de ontologias e esquemas representam o conteúdo e a semântica das mensagens e protocolos de negociação, sendo estes baseados em parâmetros de configurações.

A perspectiva adotada pela proposta deste trabalho é baseada em uma negociação unilateral, objetivando acelerar o acordo entre as partes. As propostas são criadas a partir das regras de negócio do provedor, sendo adicionadas as preferências dos usuários e considerando parâmetros definidos pelo administrador da nuvem, sendo o objetivo principal beneficiar o usuário.

3. GerNU

O GerNU representa um ambiente para especificação flexível e provisionamento de serviços em nuvens. Os usuários podem se conectar e definir requisitos para os seus serviços, sendo então gerado um SLA para estabelecer responsabilidades para o provedor e o cliente. O GerNU objetiva atender de forma eficiente as requisições dos usuários, criando de forma dinâmica e transparente o ambiente virtual do serviço. Para tanto, foi criado um cenário é baseado em quatro fases, sendo que o usuário interage durante a especificação e negociação do serviço, enquanto que a implantação e monitoramento são controladas por processos automatizados. A implantação é realizada do zero, ou seja, as máquinas virtuais que dão suporte ao serviço são construídas dinamicamente, tanto os aspectos de *hardware* quanto de *software*.

3.1 O Processo de Negociação

A metodologia de negociação tem o objetivo de ser simples, intuitiva e automatizada, diminuindo a intervenção humana e acelerando o processo para sua conclusão. Dado este propósito, atributos de negociação são previamente configurados pelo administrador da nuvem, estabelecendo-se limites para que o sistema crie propostas alternativas. Para as situações que excedam os limites especificados, um administrador humano será acionado para intervir e tomar uma decisão. O processo de negociação acontece em dois níveis, primeiramente implicitamente, onde os requisitos do serviço são especificados, então inicia-se a fase explícita, que é relacionada ao valor do serviço.

a) Negociação Implícita

Esta etapa de negociação acontece durante a fase de especificação. O usuário negocia no sentido de escolher entre várias opções ou explicitamente especificando seus requisitos em nível de software, hardware e parâmetros de qualidade.

A negociação dos requisitos de software acontece a partir da flexibilidade que o usuário tem para especificar o sistema operacional e quais aplicações deseja que estejam disponíveis em seu serviço, criando um ambiente de trabalho personalizado. Os requisitos de *hardware* como *cores*, memória, armazenamento e outros, podem ser negociados através da especificação das quantidades que se deseja contratar, atendendo as necessidades computacionais específicas do perfil do serviço. Os atributos de qualidade disponibilizados pela nuvem também são negociados através da seleção de quais parâmetros o usuário considera adequado para o serviço que está contratando, devendo ser priorizado o estabelecimento de um contexto adequado a natureza da proposta do serviço e como o cliente precisa que o serviço se comporte em relação a desempenho e disponibilidade, por exemplo.

b) Negociação Explícita

A fase de negociação explícita é iniciada quando o cliente finaliza toda a especificação do seu serviço, então, o sistema cria uma proposta e utiliza uma interface gráfica com o objetivo de permitir a negociação dos valores, formalizando a relação entre a especificação e os custos do serviço, exibindo sua composição. Desta forma, o usuário pode fazer uma avaliação objetiva do custo, podendo alterar sua especificação considerando sua necessidade e os valores disponibilizados.

A política de propostas automáticas adotadas é baseada em um processo de decisão multicritério, o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), que tem como fundamento a decomposição e síntese das relações entre os critérios de um objetivo geral, de forma a ser possível priorizar indicadores, objetivando aproximar-se da melhor resposta para um problema de decisão [Saaty, 1986]. Ao analisar-se os elementos hierárquicos de um problema, considera-se como o peso dos fatores individuais que compõem o problema influenciam o seu objetivo geral. Usualmente o AHP é utilizado em problemas cuja relação da influência dos fatores não é uniforme, possibilitando a identificação de prioridades, de forma que o julgamento sobre a melhor opção reduza-se a uma sequência de comparação por pares, capturando-se medidas subjetivas e objetivas que esclarecem o domínio de um critério em detrimento dos demais. Modelos hierárquicos são estáveis, visto que, pequenas modificações implicam em pequenos efeitos; e são também flexíveis, porque adições a uma hierarquia bem estruturada não perturbam o desempenho do sistema.

Vários trabalhos justificam a adoção do AHP, além de que, sua aplicabilidade já foi comprovada, tanto academicamente quanto no escopo de negócios. Em [Grandzol, 2005] é apresentado um projeto para seleção de corpo docente; a identificação de prioridades para pesquisas na agricultura é descrito em [Becker and Braunschweig, 2004]; a medição da eficiência do gerenciamento de atividades de pesquisa e desenvolvimento em universidades foi realizada em [Feng et al., 2004]; uma avaliação de riscos em projetos de *Enterprise Resource Planning* (ERP) é feita em [Huang et al., 2004]; a identificação de prioridades em um sistema de gestão de segurança é destacada em [Chan et al., 2004]. Todos estes trabalhos aplicaram o AHP para viabilizar as soluções adotadas.

A prática da tomada de decisões relaciona-se com a avaliação de alternativas que satisfazem um conjunto de objetivos. O problema está em escolher a melhor opção

para satisfazer o conjunto total de objetivos. No caso do AHP, o objetivo é a identificação de pesos numéricos para cada alternativa, sendo esta representação o resultado do julgamento ou comparação da relação entre dois elementos que possuem o mesmo objetivo. O grupo de todos os julgamentos deve ser representado através de uma matriz quadrada, onde os elementos são comparados entre si.

O trabalho de [Saaty, 1986] recomenda a escala representada pela tabela 1. Para representar o elemento mais importante da comparação será utilizado um valor inteiro da escala, e o menos importante, será o inverso dessa unidade, esta relação de reciprocidade é necessária para manter-se a consistência entre dois critérios.

Tabela 1. Escala de [Saaty, 1986] para o AHP

Relevância	Definição
1	Crítérios igualmente relevantes.
3	Um critério é levemente mais relevante.
5	Um critério é moderadamente mais relevante.
7	Um critério é fortemente mais relevante.
9	Um critério é absolutamente mais relevante.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes

O resultado da comparação entre os critérios deve representar as respostas para duas perguntas que seguem:

1. Qual dos dois critérios é mais importante considerando o problema principal?
2. Utilizando a escala de 1-9 da tabela 1 e considerando o problema principal, qual a relevância entre os critérios?

Um aspecto muito importante nesta metodologia está relacionado com a consistência da matriz, sendo que esta característica deve ser garantida. Isto quer dizer que, a partir de uma quantidade básica de dados, deve ser possível deduzir logicamente os demais. Caso a matriz não seja consistente, as comparações precisam ser refeitas para que a metodologia alcance resultados coerentes.

c) Estratégia de Negociação

No contexto deste trabalho, para a política de negociação automatizada do GerNU, foi utilizado o método AHP como mecanismo para possibilitar a geração de propostas de preços alternativas para os usuários durante o processo de negociação. Ou seja, caso o cliente não aprove o valor do serviço que foi inicialmente calculado baseado nos valores especificados pelo administrador da nuvem, o GerNU utiliza esta metodologia para oferecer um novo valor para o serviço, baseando-se nas preferências do usuário e utilizando parâmetros de negociação também especificados pelo administrador, objetivando com isto, finalizar positivamente a negociação.

Considerando os propósitos do GerNU e adequando-o para utilização do AHP, foi definido como problema principal a qualidade do serviço, objetivando identificar, a partir da sua natureza computacional, quais os aspectos mais relevantes para se alcançar este objetivo, ou seja, dentre os critérios/requisitos do serviço, quais são mais importantes para atender a expectativa do cliente. A partir desta definição, foi considerado que os subproblemas que remetem a estrutura hierárquica que será utilizada pelo AHP são: o conjunto de hardware e os n atributos de qualidade do serviço.

O que acontece na prática é que durante a especificação do serviço, também são identificados os graus de relevância de cada critério, sendo então construída uma matriz de decisão para o AHP. Considerando os parâmetros para QoS já definidos no GerNU, esta matriz terá dimensão 5X5. Após a criação da matriz, ela é normalizada, sendo então realizada a avaliação da consistência tradicional proposta por Saaty, visto que, o usuário pode ter dificuldade para qualificar os requisitos do serviço. Caso a matriz esteja inconsistente o processo será repetido a partir de uma interface mais detalhada, destacando-se qual o objetivo deste processo, o que precisa ser identificado e como o mesmo deve acontecer partir da identificação do grau de relevância para cada critério, considerando o objetivo que o cliente deseja alcançar com o serviço. Caso a matriz continue inconsistente o mecanismo de propostas automatizadas é desabilitado, permanecendo apenas a negociação manual, que necessita da intervenção do administrador.

Considerando uma matriz consistente, é possível identificar quais aspectos do serviço são mais relevantes para o usuário, podendo-se então oferecer descontos especificamente relacionados com as necessidades primordiais do usuário. O percentual máximo de descontos e limites para cada etapa de negociação são previamente configurados na base de dados do sistema, determinando a atuação do processo de negociação automática.

A seguir temos um exemplo de como o AHP é utilizado na estratégia de negociação do GerNU, sendo que a tabela 2 descreve o resumo da especificação do serviço e a tabela 3 representa a matriz de decisão gerada pelo usuário. Após a normalização proposta por Saaty, será observado que a disponibilidade foi considerada como o critério mais relevante para o serviço, seguido pela variabilidade, política de *backup*, monitoramento e por fim o *hardware*. O fato é que a matriz está inconsistente, logo o processo de qualificação dos requisitos deverá ser refeito. Caso a matriz fosse consistente e havendo uma solicitação do usuário, considerando os parâmetros de negociação, será criada uma nova proposta de valor que oferece descontos nos requisitos de disponibilidade e variabilidade.

Tabela 2. Critérios AHP

Item	Critério	Status
A	Hardware	Contratado
B	QoS - Disponibilidade	Contratado
C	QoS - Política de Backup	Contratado
D	QoS - Monitoramento	Contratado
E	QoS - Variabilidade	Contratado

Tabela 3. Matriz de Decisão AHP

	A	B	C	D	E
A	1	1/9	1/5	1/3	1/7
B	9	1	9	9	9
C	5	1/9	1	5	1/7
D	3	1/9	1/5	1	1/7
E	7	1/9	7	7	1

Desta forma o GerNU trabalha com uma negociação dinâmica, que permite a especificação dos requisitos do serviço e ainda pode oferecer descontos baseados no propósito do serviço, facilitando que o objetivo do cliente seja alcançado. A figura 1 ilustra o processo de negociação, considerando tanto o lado do sistema / provedor quanto do cliente.

Todos os requisitos que compõem o serviço podem ter seus atributos alterados durante a negociação. O cliente pode aceitar a proposta inicial de valor, solicitar uma nova proposta ou encerrar a negociação. Quando uma nova proposta for solicitada será realizada uma avaliação a partir das informações da negociação em andamento, com o

objetivo de identificar se ainda existe margem para descontos. Havendo margem, uma nova proposta será criada e disponibilizada para o usuário. Caso contrário, a negociação automatizada se encerra, ainda podendo ser acionado uma negociação personalizada diretamente com o administrador da nuvem.

Quando o cliente aceita uma proposta, os recursos computacionais são reservados e um SLA para a prestação de serviço será gerado automaticamente.

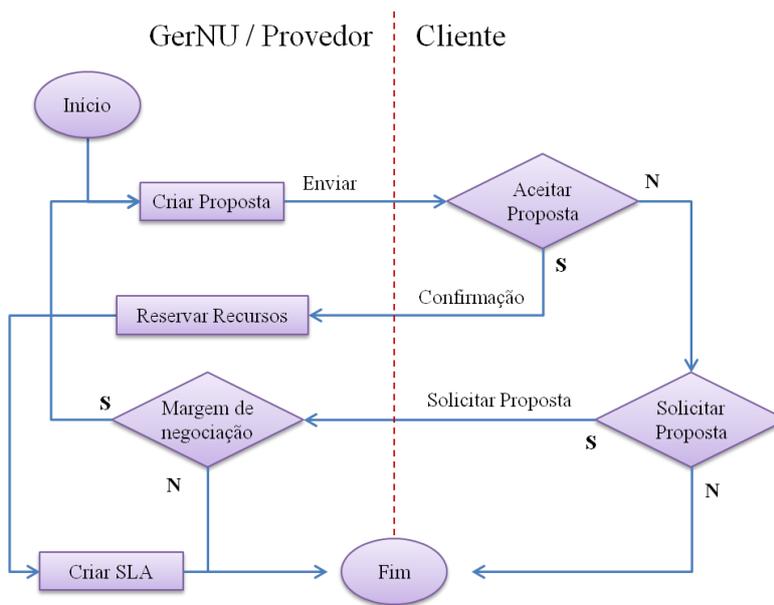


Figura 1. Processo Automatizado de Negociação

d) Finalização da Negociação

Este processo de negociação apresenta duas possibilidades de finalização: uma Negociação Positiva, quando se chega a um acordo e então um SLA com as especificações será gerado, ou uma Negociação Negativa, onde uma das partes desiste e o acordo não é realizado. Quando uma negociação é positiva, a primeira atividade que ocorre é a avaliação dos recursos restritivos. Esta avaliação consiste em verificar se a nuvem, a partir daquele momento, pode atender, em nível de hardware, os requisitos que estão sendo solicitados. Esta avaliação representa uma verificação simples, porém essencial ao bom andamento do processo de criação de um serviço, sendo realizada através da função `existem_recursos()`, observada na figura 2.

```

existem_recursos (id_nuvem, cpu, memoria, armazenamento){
    boolean recursosOK = falso
    para host 1 ate host n
        se host(i).cpu >= cpu AND host(i).memoria >= memoria
            AND host(i).armazenamento >= armazenamento
        então
            recursosOK = verdadeiro
        fim se
    fim para
    retorne recursosOK
}

```

Figura 2. Algoritmo - Função que avalia a disponibilidade de recursos

A função recebe o id da nuvem que deve ter seus requisitos consultados, bem como os valores de cada requisito, retornando um valor booleano, sendo que, no caso de verdadeiro, os recursos computacionais já ficam reservados, podendo o processo continuar. Caso contrário, não havendo recursos suficientes, é solicitado ao usuário refazer sua especificação de hardware.

4. Prova de Conceito

A metodologia utilizada para a esta prova de conceito foi a aplicação de um questionário fechado, objetivando principalmente constatar se o GerNU efetivamente implementava o padrão proposto para especificação e provisionamento de serviços, além de criar corretamente o serviço que foi especificado por cada um dos usuários. A avaliação foi realizada com o objetivo de validar a proposta do GerNU como um todo, porém para este trabalho, focamos na parte relacionada com a estratégia de negociação.

O processo de validação utilizado consistiu na disponibilização da aplicação para um grupo de 15 usuários, constituído por pesquisadores em nível de alunos de graduação (3), graduados (4), mestres (6) e doutores (2). Cada usuário especificou pelo menos três serviços, realizando a negociação destes, sendo ao final disponibilizado um questionário para avaliação do sistema proposto.

A figura 3 retrata a interface onde o usuário realiza a definição dos critérios de relevância que serão utilizados para compor a matriz utilizada pelo AHP. Para cada critério é avaliado e especificado um nível de relevância. Na sequência, será realizada a verificação de consistência na matriz produzida para garantir a correção da avaliação. Após esta etapa é iniciado o processo de negociação explícita.

A figura 4 apresenta do lado esquerdo uma composição de custos sem descontos. A partir da solicitação do usuário, observa-se do lado direito, novos valores, sendo estes propostos a partir da relevância de cada parâmetro para a execução do serviço. Este cálculo também considera parâmetros previamente definidos pelo administrador da nuvem. Esta nova proposta também fica sujeita a aprovação do usuário.

Ger.NU - Mozilla Firefox
Ger.NU
localhost:8084/gernu/

Ger.NU - Service Procurement

Service Value **R\$ 0.345**

Priority Specification

Please, considering your expectations about the service, let us know which characteristics are more important for you. Which aspect is more relevant for your service? Define a relevance level between these criteria.

<input checked="" type="radio"/> Hardware Performance	<input type="radio"/> Availability	7
<input type="radio"/> Hardware Performance	<input checked="" type="radio"/> Variability	5
<input checked="" type="radio"/> Hardware Performance	<input type="radio"/> Backup Police	6
<input checked="" type="radio"/> Hardware Performance	<input type="radio"/> Virtual Environment Monitoring	5
<input type="radio"/> Availability	<input checked="" type="radio"/> Variability	6
<input checked="" type="radio"/> Availability	<input type="radio"/> Backup Police	5
<input checked="" type="radio"/> Availability	<input type="radio"/> Virtual Environment Monitoring	6
<input checked="" type="radio"/> Variability	<input type="radio"/> Backup Police	9
<input checked="" type="radio"/> Variability	<input type="radio"/> Virtual Environment Monitoring	9
<input type="radio"/> Backup Police	<input checked="" type="radio"/> Virtual Environment Monitoring	6

Previous Next

Figura 3. Especificação de Relevância

Outro aspecto considerando durante a avaliação desta prova de conceito foi o nível de importância que os usuários atribuíram ao fato de obterem descontos exatamente nos atributos que consideram mais relevantes para seus serviços, sendo os resultados percentuais apresentados na figura 5, revelando que, a partir da experiência de especificação de serviços no ambiente do GerNU, mais de 70% dos usuários considerou excelente a estratégia de negociação adotada. A figura 6 apresenta um comparativo considerando os preços com os descontos oferecidos durante as simulações e os valores iniciais propostos pelo sistema que foram baseados nos parâmetros definidos pelo administrador da nuvem e que não tem descontos. O eixo y representa os valores dos serviços, podendo-se perceber que, em todos os casos os usuários foram favorecidos pela política de negociação adotada pelo GerNU.



Figura 4. Composição de Custos e Solicitação de Propostas

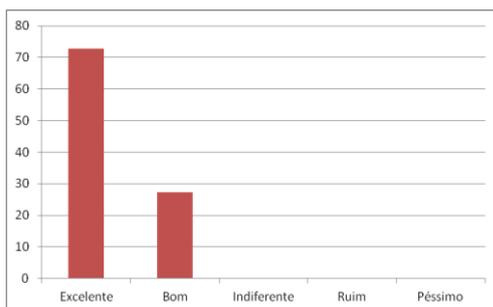


Figura 5. Relevância da Negociação

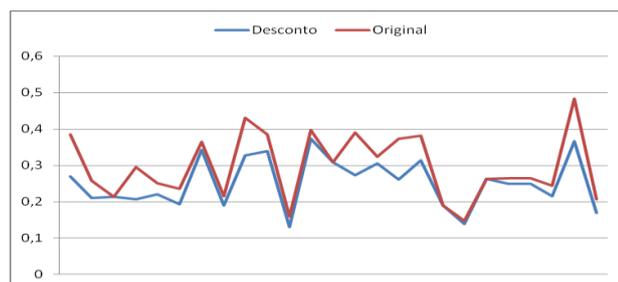


Figura 6. Comparativo de Valores

5. Conclusão

A negociação de SLA é indispensável para o processo de aquisição de serviços em nuvem, desta forma, considerando que a automatização do processo de negociação de SLA ainda carece de amadurecimento, este trabalho apresenta uma proposta de negociação baseada em um processo de decisão multicritérios. Esta abordagem foi implementada no sistema GerNU e utiliza o *Analytic Hierarchy Process* para classificar os parâmetros do serviço e poder oferecer descontos na característica que o usuário considera mais relevante durante a execução do seu serviço.

Objetivando garantir uma decisão global equilibrada e que represente um bom balanceamento entre as preferências do usuário, os requisitos e as prioridades do provedor pretende-se utilizar uma combinação de outras técnicas de suporte a tomada de decisão, como o *Multi-attribute Utility Theory* (MAUT), de forma a ser possível alcançar um solução global para a utilização dos recursos, eficiência e outros aspectos.

Com a execução da prova de conceito foi observado que o nível de satisfação dos clientes foi incrementado com a oferta personalizada, aumentando a possibilidade de efetivação do contrato. O processo de usabilidade da ferramenta foi considerado adequado e intuitivo. A flexibilidade do processo em relação a especificação dos requisitos, proporcionando uma prévia dos valores, permite ao usuário avaliar rapidamente a relação custo benefício da contratação. As propostas de valores imediatas facilitam a finalização do processo e liberam a utilização do serviço pelo usuário. Por fim, considerar o que é relevante para o usuário em detrimento da racionalidade individual se mostra como uma característica muito relevante para os usuários, principalmente pelos benefícios alcançados nos descontos que em média foram de 14,98% relacionados ao valor originalmente proposto pelo sistema.

Atualmente estamos estudando mecanismos para a utilização dos dados usados durante o processo de negociação para auxiliar o monitoramento da QoS e como aplicar políticas mais rigorosas para preservar os requisitos mais relevantes para o usuário. Outra possibilidade de utilização da relevância dos parâmetros está relacionada com o oferecimento de recursos extras com menores taxas, objetivando incrementar a satisfação dos usuários.

6. Referências

- Andrieux, A., Czajkowski, K., Dan, A., Keahey, K., Ludwig, H., Nakata, T., Pruyne, J., Rofrano, J., Tuecke, S., Xu, M. Web services agreement specification (ws-agreement). Grid Forum Document GFD.107, The Open Grid Forum, Joliet, Illinois, United States, 2007.
- Becker, B., Braunschweig T. Choosing research priorities by using the analytic hierarchy process: an application to international agriculture. Swiss Centre for International Agriculture (ZIL), Swiss Federal Institute of Technology, ETHZentrum, SEC C7, CH-8092 Zürich, Switzerland, 2004.
- Borges, H., de Souza, J., Schulze, B., Mury, A., april 2012a. Automatic generation of platforms in cloud computing. In: Network Operations and Management Symposium (NOMS), 2012 IEEE. pp. 1311 - 1318.
- Borges, H., de Souza, J., Schulze, B., Mury, A., november 2012b. A Process for Clouds Services Procurement Based on Model and QoS. In: Latin America Conference on Cloud Computing and Communications, 2012 IEEE.
- Chan, A., Kwok W., Duffy, V. Using AHP for determining priority in a safety management system. *Industrial Management & Data Systems*, Volume 104, Number 5 , pg 430-445, 2004.
- Chhetri M.B., Mueller I., Goh S.K., Kowalczyk R.: ASAPM An Agent-based Framework for Adaptive Management of Composite Service Lifecycle. In:

- Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conferences on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology - Workshops, 2007 (2007).
- Di Nitto E., Di Penta M., Gambi A., Ripa G., Villani M.L.: Negotiation of Service Level Agreements: An Architecture and a Search-Based Approach. In: Proceedings of the 7th International Conference on Service Oriented Computing, ICSOC 2007 (2007).
- Feng, Y.J., Lu H., Bi K. An AHP/DEA Method for Measurement of the Efficiency of R&D Management Activities in Universities. International Federation of Operational Research Societies, International Transactions in Operational Research, Res. 11, pg 181–191, Published by Blackwell Publishing Ltd, 2004.
- Grandzol, R. Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: A Case for the Analytic Hierarchy Process. Bloomsburg University of Pennsylvania. IR Applications Volume 6, August 24, 2005.
- Hauswirth M., Jazayeri M., Miklos Z., Podnar I., Di Nitto E., Wombacher A.: An Architecture for Information Commerce Systems. In: Proceedings of the Sixth International Conference on Telecommunications (ConTEL) (2001).
- Huang, S., Chang I., Li S., Lin, M. Assessing risk in ERP projects: identify and prioritize the factors. Industrial Management & Data Systems, Volume 104, Number 8, 2004, pp. 681–688.
- Kersten, G., Lo, G. Negotiation support systems and software agents in e-business negotiations. In: The First International Conference on Electronic Business, Hong Kong, December, 2001.
- Ludwig H., Keller A., Dan A., King R.P., Franck R.: Web Service Level Agreement (WSLA) Language Specification 1.0 (wsla-2003/01/28) (2003) .
- Nash Jr. J. F.: The Bargaining Problem. Journal of the Econometric Society 18 (2) (1950).
- Nathuji, R., Kansal, A., Ghaarkhah, A., 2010. Q-clouds: Managing performance interference effects for qos-aware clouds. In: 5th European Conf. Computer Systems. ACM Press, pp. 237 -250.
- Ncho A., Aimeur E.: Building a Multi-Agent System for Automatic Negotiation in Web Service Applications. In: Proceedings of the Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (2004).
- Saaty, T. L., 1986. Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process. Management Science 32:841-855; doi:10.1287/mnsc.32.7.841.
- Waeldrich O., Battre D., Brazier F., Clark K., Oey M., Papaspyrou A., Wieder P., Ziegler W.: WS-Agreement Version Negotiation 1.0 (2007). URL <https://forge.gridforum.org/sf/go/doc15831?nav=1>.