

# SAS: Sistema de Avaliação de SLAs para Comércio Eletrônico baseado em Serviços Web

Paulo F. Pires<sup>2</sup>, Flávia C. Delicato<sup>2</sup>, Luci Pirmez<sup>1</sup>, Alexandre Gomes Lages<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Núcleo de Computação Eletrônica - Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Prédio do CCMN - Bloco C, Caixa Postal: 2324 - CEP: 20.010-974

<sup>2</sup> Departamento de Informática e Matemática Aplicada - Universidade Federal do Rio Grande do Norte- Natal, RN - Brasil.

{flavia.delicato, paulo.pires}@dimap.ufrn.br,  
{luci, alexandre.lages}@nce.ufrj.br

**Abstract.** *This work presents SAS (SLA Evaluation System), for the increase of trust in Web Services based e-commerce transactions. The system provides mechanisms to evaluate Web Services providers regarding the QoS delivered to the customers and to validate evaluation values supplied by service consumers. Objective values of services evaluations, computed and stored in SLA monitoring entities, are used along with subjective evaluations supplied by users in order to: (i) detect and address discrepancies among objective and subjective evaluations; (ii) discover the user's preference in terms of the QoS metrics encompassed in a SLA; and (iii) compute a final reputation for the service provider.*

**Resumo.** *Este trabalho apresenta o Sistema de Avaliação de SLAs (SAS), para o aumento da confiança no uso de transações de comércio eletrônico baseadas em Serviços Web. No SAS, valores objetivos de avaliação da QoS fornecida por um provedor de serviços são calculados e armazenados em uma entidade monitora de SLAs e são usados em conjunto com valores subjetivos fornecidos pelos clientes e validados pelo sistema. Ambos os valores são comparados de forma a: (i) detectar e tratar as discrepâncias entre valores subjetivos e objetivos; (ii) estabelecer grupos de preferências em termos dos requisitos de QoS contemplados em um SLA que um cliente julgue mais importante ao avaliar um serviço; e (iii) calcular um valor de reputação final para o provedor.*

## 1. Introdução

Aplicações de comércio eletrônico baseadas em Serviços Web são construídas a partir de contratos eletrônicos sintaticamente definidos utilizando-se a linguagem WSDL [Singh and Huhns 2005], ou seja, as operação, entradas e saídas esperadas, e outros detalhes de um determinado Serviço Web são descritos através de elementos WSDL. Contudo, para que seja possível estabelecer um contrato eletrônico entre duas partes, um provedor e seu respectivo consumidor de serviços (ou cliente), é necessário que outros aspectos sejam tratados, como por exemplo o estabelecimento de um conjunto de garantias de Qualidade-de-Serviço (QoS). Para tanto, a infra-estrutura de Serviços Web incorpora o conceito de SLAs (*Services Level Agreements*) [Keller and Ludwig 2003, Singh and Huhns 2005], que são acordos nos quais são estabelecidas as transações que necessitam ser realizadas, bem como a qualidade mínima exigida na execução destas.

Em ambientes de comércio eletrônico com alto grau de dinamismo, o estabelecimento de um acordo formal e bilateral, como é o caso dos SLAs tradicionais, pode não ser viável ou desejável devido ao seu custo inerente de estabelecimento. Um exemplo desse tipo de ambiente são os serviços Web públicos do tipo *pay per use*, como os disponibilizados no site Amazon.com. Como nesse tipo de serviço toda a Web pode ser vista como potencial cliente, o estabelecimento de SLAs tradicionais não é adequado devido, por exemplo, ao seu custo jurídico de estabelecimento. Um outro aspecto a ser considerado é a liberdade de escolha inerente a Web. Mesmo desconsiderando-se o seu custo, SLAs tradicionais estabelecem um relacionamento bi-lateral de deveres e direitos. A Web caracteriza-se pela liberdade de escolha, onde decisões são influenciadas pela própria interação com a Web. Contratos fixos tendem a cercear essa liberdade e, portanto, não são adequados para todos os cenários de uso da Web. Assim, uma outra forma mais relaxada de SLA pode ser utilizada, onde o modelo bilateral é substituído por um modelo aberto no qual o provedor do serviço publica os parâmetros de QoS do serviço em um diretório público [Singh and Huhns 2005]. Os potenciais consumidores do serviço podem então, se basear na QoS publicada para selecionar os serviços de acordo com os requisitos de suas aplicações. Nesse trabalho, denominam-se **SLAs fechados** os contratos estabelecidos de forma bilateral enquanto que os estabelecidos de forma aberta são denominados **SLAs abertos**.

Contratos baseados em SLAs (abertos ou fechados) só funcionam se os parâmetros estabelecidos em um SLA forem monitorados periodicamente por terceiros, de forma a verificar se a QoS real oferecida pelo serviço está dentro dos parâmetros estabelecidos no SLA. A necessidade de monitoramento por terceiros advém da necessidade de não sobrecarregar o consumidor ou o provedor do serviço com a condução da funcionalidade de monitoramento de SLAs, e da necessidade de garantia de resolução de conflitos no caso de uma das partes não confiar na outra. Para suprir tal necessidade, entidades monitoras atuam como agentes responsáveis por verificar periodicamente a QoS real de um provedor e por comparar com a acordada no SLA. A verificação dos parâmetros de QoS é usualmente feita por mecanismos de *probing*, que consistem no estabelecimento de interações entre a entidade monitora e o serviço monitorado. Para não sobrecarregar o ambiente, a frequência dessa interação deve ser calibrada de modo a ser a menor possível e, ao mesmo tempo, garantir a atualização da informação de QoS. Esse fato gera outro problema de confiança relacionado a quão atualizada é a informação de QoS armazenado na entidade monitora em um dado momento. Portanto, a confiança é uma medida importante no estabelecimento de transações eletrônicas, principalmente em ambientes abertos como é o caso da Web.

O presente trabalho apresenta um sistema, denominado Sistema de Avaliação de SLAs (SAS), para o aumento da confiança no uso de transações de comércio eletrônico envolvendo a utilização de Serviços Web. O SAS é um sistema que gerencia os valores de confiabilidade de provedores de serviços, a partir de (i) avaliações subjetivas, emitidas por clientes que utilizam os serviços e (ii) de valores objetivos de QoS, obtidos e armazenados pela entidade monitora de SLAs. Os valores objetivos e subjetivos são comparados de forma a: (i) detectar, analisar e tratar as discrepâncias entre avaliações subjetivas e os valores objetivos armazenados; (ii) estabelecer grupos de preferências em termos dos requisitos de QoS contemplados em um SLA que um cliente julgue mais importante ao avaliar um serviço; e (iii) calcular um valor de reputação final para o provedor, minimizando o grau de subjetividade de reputações baseadas apenas em avaliações de clientes. Essa reputação é utilizada pelo SAS como medida da confiabilidade esperada em uma transação. Quanto as discrepâncias entre valores objetivos armazenados e avaliações subjetivas, sua ocorrência pode indicar que (i) ou o cliente que forneceu a avaliação subjetiva está se comportando de forma maliciosa (ii) ou o valor objetivo do monitor pode

estar desatualizado. Com o intuito de tratar essa segunda opção, o presente trabalho propõe o uso de uma abordagem de ajuste dinâmico da frequência de *probing*, de modo a refletir de forma mais realista a situação do provedor no estado corrente. Essa abordagem é um diferencial com relação aos sistemas de gerência de SLA existentes, nos quais a frequência de *probing* é fixa, e sua adoção permite aumentar a escalabilidade do ambiente quanto ao número de mensagens de *probing* necessárias. Outra razão para as discrepâncias mencionadas é a ocorrência de valores de QoS mal estipulados nos SLAs (principalmente no caso dos abertos) e, nesses casos, o uso do SAS pode atuar de forma a permitir o ajuste dinâmico dos valores acordados. Já as preferências dos usuários são utilizadas no sistema proposto: (i) como mecanismo de incentivo, para estimular clientes a fornecerem avaliações; (ii) para auxiliar no processo de seleção de provedores, restringindo a escolha dos clientes aos provedores de seu grupo de preferência; e (iii) para compor o valor final de reputação de um provedor. O valor final de reputação pode ser usado como uma medida representativa da confiabilidade de provedores, bem como pode ser usado por clientes como um parâmetro adicional no processo de busca e seleção de Serviços Web.

O trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2 o sistema proposto e aspectos relacionados a sua arquitetura e funcionamento são detalhadamente descritos. Na Seção 3 são descritas as simulações realizadas para sua avaliação. Na Seção 4 são descritos os trabalhos relacionados e apontadas as similaridades e diferenças em relação ao presente trabalho. Finalmente, a Seção 5 apresenta as conclusões e direções futuras do trabalho.

## 2. Descrição do SAS

O SAS foi concebido para ser incorporado a sistemas de comércio eletrônico baseados na arquitetura orientada a serviços (*Service Oriented Architecture* – SOA) [Singh and Huhns 2005]. A SOA consiste de 3 componentes principais: o provedor de serviços, o consumidor de serviços (ou cliente), e o agente de serviços. O provedor publica a descrição de Serviços Web (incluindo o SLA) através de um agente de serviços que é responsável pelo armazenamento dessas descrições em um repositório de descrição de serviços. Os consumidores selecionam os serviços desejados através de uma pesquisa nesse repositório. A partir da seleção de um serviço, o estabelecimento de um SLA pode se dar de duas formas: em um ambiente de SLAs fechados, o consumidor e o provedor do serviço negociam os parâmetros relevantes de QoS e estabelecem um SLA formal; (ii) em um ambiente de SLAs abertos, não existe a necessidade de estabelecimento de um acordo formal logo, essa negociação não é necessária, sendo os valores de QoS publicados pelo provedor utilizados como informação base pelos consumidores do serviço. Desse ponto em diante, a interação entre consumidores e provedores de serviço é monitorada pelo **Monitor de Desempenho** [Keller and Ludwig 2003], responsável pela verificação dos valores dos parâmetros acordados no SLA contra os valores obtidos por *probing*. A atividade de *probing* possibilita a coleta dos valores de QoS efetivamente fornecidos pelo provedor do serviço. No SAS, diferentemente do que ocorre nas arquiteturas SOA tradicionais, o monitor é ainda responsável pelo gerenciamento do mecanismo de avaliação de serviços. Esse gerenciamento consiste em: (i) gerar avaliações objetivas a partir de cálculos de conformidade e tendência para provedores; (ii) receber e validar as avaliações de utilização de serviços enviadas pelos consumidores de serviços (avaliações subjetivas); (iii) estabelecer grupos de preferência de provedores e clientes; (iv) gerar valores de reputação para os provedores; e (v) armazenar todos os valores referentes a avaliações e preferências de consumidores/provedores.

No SAS são levadas em conta tanto as avaliações subjetivas dadas por clientes que utilizaram previamente os serviços quanto as avaliações objetivas obtidas por entidades de

monitoramento. A validação dos valores de avaliação fornecidos por um cliente é feita através da comparação destes com os valores objetivos gerados. Tal comparação serve a dois importantes propósitos: (i) evitar a formação de grupos de clientes maliciosos, que comprometam o uso de um serviço, ou mesmo para evitar avaliações levianas, feitas sem critério; e (ii) ajustar a frequência de *probing* adotada pela entidade de monitoramento.

Já o objetivo da criação de grupos de preferência é o de separar clientes/provedores em grupos segundo critérios de similaridade. Com relação aos clientes, os grupos referem-se a sua preferência de avaliação dos serviços quanto aos parâmetros de QoS (por exemplo, grupos que esperam que o tempo de resposta seja o mínimo possível). Com relação aos provedores, o grupo de preferência diz respeito às métricas de QoS que os mesmos tendem a fornecer com valores mais altos (por exemplo, provedor que tem um enlace com a maior banda provavelmente terá um tempo de resposta menor). Os grupos permitem, então, que clientes dêem preferência para acessar provedores que pertençam ao seu próprio grupo, isto é, provedores que ao longo de sua utilização não desrespeitaram o acordo de SLA na determinada métrica do grupo em questão. Adicionalmente, clientes podem usar a informação de grupos de preferências de outros clientes para orientar seu processo de seleção de serviços, da mesma forma que ocorre com sistemas de recomendação. Ao buscar os valores de reputação de um provedor antes de utilizar seus serviços, o cliente dá um peso diferente à reputação reportada por clientes que possuem preferências similares a dele. O fato de o cliente ter acesso a avaliações de clientes com preferências similares às suas também funciona como um mecanismo de incentivo, estimulando o cliente a fornecer avaliações, já que ele irá se beneficiar das avaliações dadas por outros.

O mecanismo para calcular um valor de reputação dos provedores de serviço possui o objetivo de aumentar a confiança nas transações eletrônicas, no que se refere à qualidade do serviço oferecido, fornecendo para os clientes destes serviços uma medida representativa de sua confiabilidade. Os valores de reputação providos podem ainda ser usados pelos clientes durante o processo de seleção de serviços.

Devido à importância da entidade monitor de desempenho no SAS e visando obter uma arquitetura escalável e robusta, a alocação física dos nós responsáveis pela atividade de monitoramento é feita utilizando-se uma rede P2P sobreposta à Internet. Tal rede é denominada Rede Sobreposta de Reputação (RSR). Os peers pertencentes à RSR são escolhidos dentre os nós que participam do sistema podendo ser: (i) provedores específicos para monitoramento; ou (ii) os próprios nós que atuam como consumidores e/ou provedores de serviços. Uma rede P2P com arquitetura estruturada foi escolhida para a RSR, por realizar de forma rápida a busca e a inserção dos valores armazenados, já que requer um menor número de mensagens para a obtenção da reputação de um nó. Os algoritmos utilizados para a escolha dos nós da RSP estão fora do escopo do presente trabalho. Quanto ao algoritmo que mapeia os dados a serem armazenados pela entidade monitora para os nós da RSR, há diversas propostas na literatura, específicas para redes P2P estruturadas, como por exemplo, o protocolo Chord [Stoica et al. 2001].

No SAS as entidades monitoras são também responsáveis por manter um documento, denominado  $\mu$ SLA, que contém os valores para as várias métricas de QoS que um provedor se compromete a fornecer. Tais valores são obtidos a partir do próprio SLA, no caso de SLAs fechados, ou das informações que constam da publicação do serviço, no caso dos SLAs abertos.

## 2.2 Módulos do SAS

O SAS é composto de cinco módulos que são utilizados para o cálculo de conformidade, tendência, criação ou atualização de grupos de preferência de provedores e clientes, e cálculo da reputação (Figura 1). Todos esses módulos são executados nos peers da Rede Sobreposta de Reputação (RSR) e serão descritos nas sub-seções a seguir.

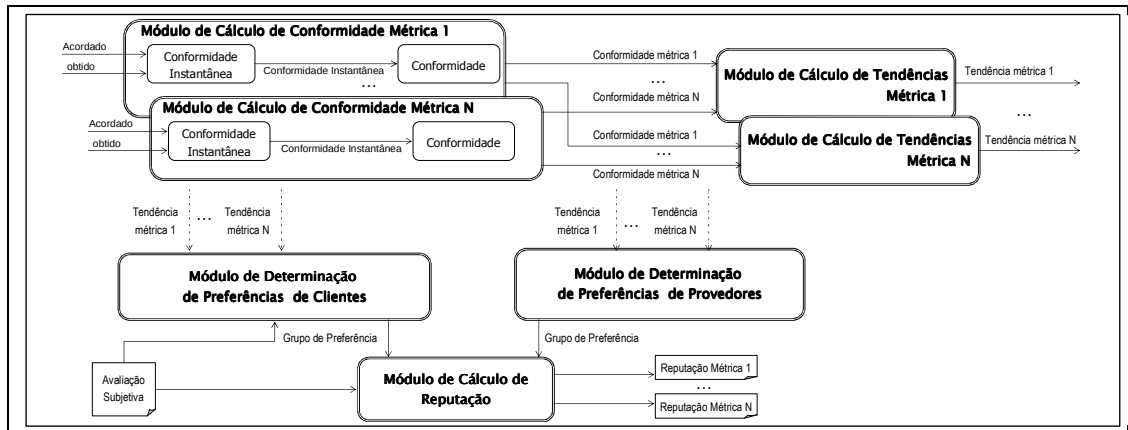


Figura 1 – Módulos do SAS.

### 2.2.1 Módulo de Cálculo de Conformidade (MCC)

O MCC é utilizado para calcular o valor de conformidade final para um dado provedor de serviço, o qual é baseado nos valores das métricas acordadas (armazenadas no documento  $\mu$ SLA) e nos valores das mesmas métricas obtidas quando do fornecimento do serviço. O valor de conformidade calculado é usado para indicar o quanto o mesmo tem cumprido os acordos estabelecidos.

O módulo MCC possui um importante papel na detecção de acordos que precisam ser ajustados. Diferentemente do trabalho apresentado em [Sherchan, Loke and Krishnaswamy 2006], este módulo foi desenvolvido com o intuito de levar em consideração o histórico de serviços oferecidos por um provedor. Dessa forma, um provedor que tenha publicado uma métrica de QoS ou firmado um acordo referindo-se a uma situação de pior caso, pode ter um valor mais real da métrica fornecida quando da efetiva utilização de seus serviços e, dessa forma, ajustar seus valores de QoS publicados.

Uma questão importante para a realização do cálculo de conformidade é a validação dos valores obtidos para as métricas quando da utilização do serviço. No SAS os dados de QoS efetivamente fornecidos são obtidos através de *probing*s realizados pela entidade de monitoramento.

Os parâmetros reportados em cada métrica avaliada não devem apresentar diferenças entre os valores acordados e os obtidos quando do uso do serviço. Entretanto, nem sempre isso ocorre. Por um lado, o envio de *probes* com uma frequência muito grande por parte das entidades de monitoramento pode não ser escalável e, ao mesmo tempo, resultar em um aumento da carga do provedor, afetando seu desempenho (ou seja, o processo da medição estaria influenciando os resultados da própria medição). Por outro lado, o envio de *probes* com uma frequência muito pequena pode produzir avaliações desatualizadas no monitor. Para obter frequências de *probing* que reflitam o estado atual dos provedores e ao mesmo tempo não gerem sobrecarga, a estratégia adotada pelo SAS é realizar a comparação sistemática entre os valores objetivos e valores subjetivos de avaliação dos serviços. Ou seja, comparar os valores objetivos provenientes de medidas, com os subjetivos, fornecidos

por clientes, para validar ambos, um contra o outro. Essa comparação é realizada como parte das funcionalidades e do módulo MDC (Seção 2.2.3).

O mecanismo proposto pelo MCC é uma extensão do método apresentado em [Sherchan, Loke and Krishnaswamy 2006]. O principal diferencial do método proposto nesse trabalho em relação a [Sherchan, Loke and Krishnaswamy 2006] é a utilização não apenas de valores instantâneos mas também históricos, a fim de obter valores mais significativos de avaliação e, ao mesmo tempo, contribuir para eventuais ajustes dos valores acordados nos SLAs. Em [Sherchan, Loke and Krishnaswamy 2006] é utilizado um método denominado **Cálculo de Conformidade**, que tem como entradas os valores das métricas que foram acordadas em um SLA e os valores das métricas correspondentes resultantes do uso do serviço e, como resultado final, o valor de conformidade do serviço. Seja  $A_{\text{acordado}}$ , o valor estabelecido no acordo SLA entre o provedor do serviço e o seu cliente e  $A_{\text{obtido}}$ , o valor final da métrica referente ao acesso ao serviço. O cálculo da conformidade do atributo  $A$  na  $j$ -ésima vez será dado pela fórmula:  $\text{Conformidade}_j = (A_{\text{acordado},j} - A_{\text{obtido},j}) / A_{\text{acordado},j}$ .

Como o intervalo de variação dos valores de  $A$  é diferente para cada métrica, no presente trabalho o valor de conformidade foi limitado no intervalo  $[-1, 1]$ . Valores maiores que 1 ou menores que -1 são definidos como 1 e -1 respectivamente. Na  $j$ -ésima utilização do serviço define-se que: caso  $\text{Conformidade}_j$  (" $<$ " ou " $=$ " ou " $>$ ") 0 para uma dada métrica, o valor obtido referente ao acesso ao serviço tem como resultado um valor (acima ou exatamente igual ou menor) do valor acordado.

Para ilustrar o funcionamento do MCC, suponha que em um SLA é estabelecido que a métrica Tempo de Resposta do serviço (TR) seja de 250 ms e o valor obtido da correspondente métrica ao ser efetivamente utilizado o serviço foi de 200 ms. Usando a fórmula para o Cálculo de Conformidade, obtém-se como resultado o valor 0,2 de conformidade, indicando que o peer cumpriu o estabelecido no SLA. Entretanto, caso o peer estabeleça no acordo SLA para a mesma métrica o valor de 100 ms e o valor obtido ao ser usado o serviço for da mesma forma 200 ms, o resultado de conformidade será de -1,0, indicando que o peer não cumpriu o estabelecido no SLA. De acordo com os exemplos mencionados anteriormente, um peer provedor de um serviço deve estabelecer acordos SLA para as métricas de forma que o valor objetivo final na métrica em questão não tenha como resultado um valor muito baixo. Entretanto, em ambientes de SLAs abertas, muitas vezes os valores publicados não refletem de forma realista os valores entregues na maior parte dos casos. Portanto, ajustes dinâmicos, que reflitam de modo mais realista o que ocorre na prática, são uma forma de tornar os SLAs mais confiáveis.

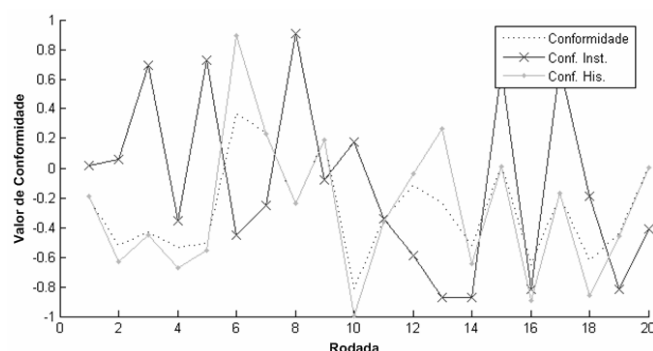
Com o intuito de fornecer um mecanismo que auxilie no ajuste dinâmico das SLAs, no presente trabalho, uma das contribuições é o MCC realizar dois cálculos de conformidade, denominados cálculo de conformidade instantâneo e cálculo de conformidade médio ou histórico. O cálculo de conformidade instantâneo leva em consideração o último valor acordado da correspondente métrica e o valor obtido através do fornecimento do serviço na mesma métrica, enquanto que, para o cálculo de conformidade histórico são consideradas como entradas o último valor acordado da correspondente métrica e o valor médio de fornecimento do serviço na mesma métrica. O valor de conformidade instantâneo será utilizado posteriormente para calcular a preferência do cliente, enquanto que, o valor histórico será utilizado para evitar que oscilações no oferecimento de um serviço por parte de um provedor influenciem a sua reputação final. Outro fator para a utilização do histórico de fornecimento de um serviço é evitar que um provedor manipule os valores acordados de QoS de forma a aumentar a sua reputação.

Como um exemplo do uso do valor médio de fornecimento do serviço, suponha que para a métrica TR, o valor do SLA seja de 800 ms. Considere o valor de TR obtido para uma utilização do serviço como sendo 200 ms e a média de valores obtidos a partir de utilizações prévias deste serviço como sendo 220 ms. Para tais valores, o valor de conformidade instantâneo será de 0,75 e o valor de conformidade histórico de 0,725. Estes valores foram obtidos através da criação de uma máquina de inferência. Nesse caso, o valor de conformidade histórico é alto e indica que o valor do SLA não reflete o que ocorre na prática, considerando o tempo médio de uso do serviço. Em um cenário com SLAs fechadas, esse fato indica que o contrato, com relação ao QoS analisado, não foi estabelecido de forma criteriosa. Já em cenários com SLAs abertas, esse fato indica que o valor publicado no SLA pode estar desatualizado. Se o valor de conformidade médio tivesse um valor próximo de zero, isto indicaria que o valor no SLA está próximo da média, indicando um SLA publicado ou acordado atualizado e confiável, que reflete a realidade.

Por outro lado, considerando o mesmo cenário – ou seja, valor de TR instantâneo de 200 ms e valor do SLA de 800 ms – mas com uma média de 750 ms para os valores obtidos previamente na utilização do serviço, o valor de conformidade histórico nesse caso seria de 0.062, indicando que o valor do SLA está de acordo com a realidade. Nesse caso, o valor de TR instantâneo de 200 ms, apesar de ser bem abaixo do valor do SLA, não configura um problema com o SLA, indica simplesmente a ocorrência de uma anomalia momentânea, já que a conformidade histórica é baixa. O cálculo da conformidade baseada nos valores históricos pode ser utilizado para amortizar os impactos referentes a anomalias no fornecimento de QoS como, por exemplo, os casos onde um provedor esteja passando por um momento de sobrecarga atípica. Esse tipo de situação é facilmente identificável analisando o valor de conformidade histórica e o uso do SAS permite excluir os valores de avaliação obtidos nessas situações.

O MCC foi desenvolvido utilizando Lógica Nebulosa. A Figura 2 ilustra o funcionamento da máquina de inferência para o cálculo do valor de conformidade final de uma determinada métrica em função dos valores de conformidade instantâneo e histórico. Conforme mostra o gráfico, o valor de conformidade final é fortemente influenciado pelo valor histórico de serviços fornecidos. Na interação (rodada) 2 da Figura 2, o valor de conformidade instantâneo é muito alto, enquanto que o valor de conformidade histórico é muito baixo, tendo como resultado um valor de conformidade final muito baixo. Já na interação 6, o valor de conformidade histórico é muito alto e o valor de conformidade instantâneo é baixo, resultando em um valor de conformidade médio.

Cabe lembrar que, para um dado serviço, o valor de conformidade refere-se a uma métrica específica, portanto um provedor de serviços possui vários valores de conformidade, um para cada métrica avaliada.



**Figura 2 - Gráfico resultante do uso do módulo MCC (T)**

### **2.2.2 Módulo de Cálculo de Tendências (MCT)**

O MCT tem como função calcular o valor de tendência baseado nas métricas utilizadas no sistema. O MCT tem como entradas os valores de conformidade retornados (instantâneo e histórico) pelo MCC. O resultado do MCT utilizando os valores instantâneos servirá de entrada para o cálculo da preferência do cliente, enquanto que, o resultado do MCT utilizando os valores históricos servirá de entrada para o cálculo da preferência do servidor.

Como visto, para cada métrica de QoS é calculado um valor de conformidade. A avaliação tendenciosa consiste num valor de avaliação do serviço segundo uma certa tendência, com relação a essas mesmas métricas de QoS. Para esse fim, são definidos diferentes conjuntos de regras de inferência. O primeiro conjunto trata todas as métricas como iguais (sem tendência), os demais consideram, cada um, uma métrica como sendo mais importante que as outras. Como saída de cada conjunto, é gerado então um valor de avaliação objetiva tendenciosa, a partir das entradas dos valores de conformidade.

Para cada métrica utilizada no sistema existirá um módulo MCT associado. Caso estejam sendo utilizadas as métricas Tempo de Resposta e Disponibilidade, o módulo MCT associado a métrica Tempo de Resposta receberá como entradas os valores de conformidade das duas métricas e retornará um valor com tendência a Tempo de Resposta, isto é, um valor que representa uma avaliação com tendência a levar em consideração mais a métrica Tempo de Resposta do que as demais. O mesmo caso se aplica a métrica Disponibilidade. Existirá também um outro módulo responsável por calcular um valor sem tendência, que tem como função retornar um valor de uso do serviço geral, que possa avaliar o uso do serviço em todas as métricas do sistema.

O resultado final do módulo MCT servirá como entrada para o cálculo de determinação de preferência de provedores ou de clientes, conforme será mostrado nas próximas subseções.

### **2.2.3 Módulos de Determinação de Preferência de Provedores (MDP) e de Determinação de Preferência de Clientes (MDC)**

Para a criação e atualização de grupos de preferência de provedores, o **MDP** utiliza um sistema de pontuação simples, que tem como entrada os valores de tendência retornados pelo MCT. Os valores retornados pelo MCT são armazenados em uma tabela denominada **Tabela de Preferências de Provedores (TPP)**. Toda vez que as métricas de QoS providas no uso de um serviço forem informadas, o valor atual do campo referente a essa métrica será incrementado do novo valor. Dessa maneira, para a descoberta da preferência de um provedor, basta verificar em todos os campos de preferência da Tabela de Preferências de Provedor, aquele campo que possui o maior valor associado a uma determinada métrica.

Já o MDC tem por objetivo avaliar a opinião fornecida pelo cliente quanto ao serviço provido (valor subjetivo) em função do valor de avaliação objetivo do serviço (calculado pelos módulos MCC e MCT) e, assim, criar grupos de preferência de clientes segundo uma determinada métrica. O objetivo da criação de grupos de preferência é permitir um melhor uso dos serviços, incentivar a formação de redes sociais [Wang, Zhao and Yuan 2006], que são comprovadamente uma forma de aumentar a confiança nas transações eletrônicas, bem como possibilitar que clientes de um determinado grupo de preferência utilizem serviços no qual poderão obter uma melhor qualidade de serviço.



Como entrada, o **MDC** recebe os valores de avaliação tendenciosa, retornados pelo MCT, e o valor da opinião do peer, denominado de Valor Subjetivo, para um dado serviço. O valor subjetivo consiste em um único número, que traz implícito o raciocínio por trás da avaliação dada pelo cliente, ou seja, a métrica que o mesmo julga mais relevante ao avaliar um serviço. Um dos objetivos do algoritmo proposto é justamente tornar explícito esse raciocínio (preferência) e tirar proveito dele.

Para o cálculo da determinação do grupo de preferência de um cliente, é utilizado um método de pontuação diferente do apresentado no MDP. De posse dos valores de tendência retornados pelo MCT é verificado se o valor subjetivo pertence a uma faixa de mais ou menos X% (na simulação do SAS foi utilizado o valor de 15%) do valor de tendência retornado pelo MCT. Caso o valor subjetivo esteja dentro da faixa, a métrica associada ao valor tendencioso é acrescentada de um ponto. Caso contrário, a métrica associada recebe um valor zero. Estes valores de pontuação são armazenados em uma tabela denominada **Tabela de Preferência de Clientes** (TPC), também armazenada na Rede Sobreposta de Reputação. A preferência de um cliente consiste na entrada da tabela que tenha um número maior de pontos. É importante destacar que não necessariamente um usuário avalia serviços diferentes sob os mesmos critérios. Como resultado, um mesmo usuário pode estar em mais de um grupo de preferências. Na versão atual do trabalho, a TPC vai conter os valores que refletem a preferência global do usuário em termos de avaliação, não sua preferência por tipo de serviço. Futuramente, serão feitas extensões ao mecanismo que associem preferências a tipos de serviços.

Quando um valor subjetivo não se encontra dentro da faixa de nenhum valor de tendência, podem ocorrer duas situações: (1) o monitor de desempenho de Serviços Web pode estar com uma informação desatualizada ou (2) o usuário está com comportamento enganoso ou malicioso e nesse caso sua avaliação seria invalidada.

Na primeira situação, é investigado se o monitor de desempenho de Serviços Web está com os parâmetros de QoS atualizados. Tal verificação é necessária, pois se o monitor ficar ativamente enviando *probes* para avaliar um serviço, sua informação estará atualizada a custa de uma sobrecarga no provedor, diminuindo seu desempenho. Para lidar com essa situação, é associado a cada valor de avaliação das métricas do SLA do monitor um grau que informa o quanto sua informação está atualizada. Caso esse grau esteja abaixo de um limiar desejado, então a avaliação do monitor ainda é considerada atualizada e sobraria apenas a opção de o usuário ser malicioso. Caso contrário, pode-se ajustar a frequência de *probing* do monitor de forma atualizar a informação de avaliação armazenada.

Dessa maneira, poderão existir os seguintes grupos de preferência: (i) um grupo para cada parâmetro acordado na SLA; (ii) um grupo que indica usuário sem preferência; e (iii) um grupo para usuários maliciosos.

Os valores da TPC são armazenados em um formato de vetor de elementos de zeros e uns, e servem de base para a determinação da preferência final de um cliente. Tal preferência é determinada a partir da soma dos valores de cada vetor, na qual a preferência de um cliente é resultado do maior valor de métrica.

Diferente de um provedor, a preferência de um cliente pode variar com o decorrer do tempo. A preferência de um provedor, por ser baseada nos valores efetivos de uso do serviço, possuem uma baixa alteração, uma vez que esta pode ser determinada por uma característica especial do provedor (possui um melhor enlace de comunicação). Entretanto, um cliente pode variar a sua opinião de tempos em tempos, uma vez que a sua utilização dos serviços se dá de forma subjetiva. Para capturar alterações de avaliações fornecidas por

clientes, a determinação da preferência do cliente deve ser feita através da soma, não de todos os valores armazenados no vetor de elementos da TPC, mas de somente uma parte dela (no presente trabalho foi implementada a soma dos 8 últimos elementos).

Baseado no sistema de pontuação para a determinação da preferência de clientes, podem ocorrer casos em que um cliente pertença a mais de um grupo de preferência ou a nenhum grupo de preferência. Um cliente ao acessar pela primeira vez um serviço não possuirá nenhum valor de preferência associado, sendo assim, o seu grupo inicial de preferência será o Grupo Desconhecido. Com a utilização dos diversos serviços, será realizada a determinação e a conseqüente a alocação do cliente a um grupo específico.

### **2.3 Máquina de Cálculo de Reputação Nebulosa**

A Máquina de Cálculo de Reputação Nebulosa retorna o valor da reputação final de um provedor de serviço. A reputação pode ser utilizada como uma medida auxiliar no processo de seleção de um serviço segundo um critério de QoS. Um valor de reputação, ao ser reportado, diz respeito a uma dada métrica de QoS de um serviço. Dessa forma, um provedor possui N valores de reputação, um para cada métrica de QoS acordada. O SAS faz uso de lógica nebulosa em seu mecanismo para a geração dos valores finais de reputação. A utilização de lógica nebulosa permite que se considerem valores imprecisos e dentro de um intervalo, em vez de obrigar a categorizar avaliações apenas na base de valores discretos, dessa forma sendo mais semelhante a forma como humanos realizam seus julgamentos.

Para a versão atual do mecanismo de cálculo de reputação, usou-se um componente da implementação de um sistema de reputação existente [Lages, Delicato and Pirmez 2006]. Em tal sistema, o valor de reputação reportado é resultado de um processo nebuloso onde valores reportados por diferentes nós são ponderados pelo grau de relacionamento dos mesmos com o nó que solicita o valor de reputação. No SAS, tal componente foi estendido, agregando-se uma nova variável a ser ponderada, que é a preferência do usuário. Portanto, o resultado do Módulo de Determinação de Preferência do Cliente, bem como sua avaliação subjetiva de um serviço, serão fornecidos como parâmetros de entrada juntamente com o grau de relacionamento que o provedor possui com o peer que utilizou o serviço. Portanto, a saída da máquina de cálculo será um valor de reputação final segundo uma dada tendência.

## **3. Simulações**

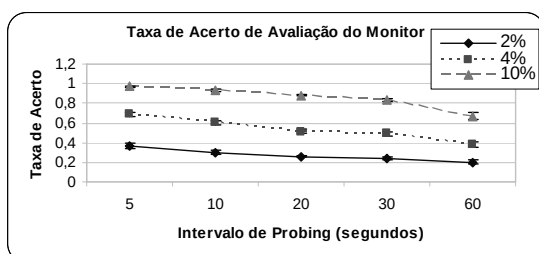
Nesta seção são descritas as simulações realizadas com o intuito de avaliar preliminarmente o SAS. Cabe mencionar que as simulações visam validar os mecanismos adotados no SAS e apontar seu potencial de utilização no contexto de comércio eletrônico baseado em Serviços Web. Novas simulações serão conduzidas para avaliar o comportamento de tais mecanismos em diferentes cenários e sob diferentes métricas e, como meta futura, pretende-se implementar uma versão completa do SAS para utilização em um ambiente real de Serviços Web a fim de demonstrar plenamente todos os benefícios que podem ser obtidos com o sistema. Nas simulações utilizou-se o simulador de redes [ns2 2006]. Simulou-se uma rede com um total de 60 nós configurados como provedores ou clientes.

Estabeleceu-se um modelo de geração de novas requisições de serviços seguindo uma distribuição exponencial, sendo que as taxas de requisição são variadas de acordo com o objetivo das diferentes simulações. Implementou-se um modelo de falhas de QoS dos serviços fornecidos segundo uma distribuição de Bernoulli, no qual um provedor possui 98% de chances de entregar um serviço respeitando a SLA estabelecida. Foram realizadas

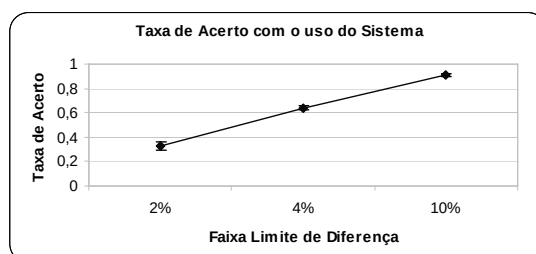
30 rodadas de simulação, sendo em seguida obtidos os valores de desvio padrão e intervalo de confiança de 95%.

Um dos objetivos principais das simulações é comprovar que o uso dos mecanismos do SAS, seja em SLAs abertas quanto fechadas, efetivamente provê um valor de avaliação de QoS de um provedor que reflita o seu estado atual, ao mesmo tempo em que diminui a necessidade de realização de *probing*s. Outro objetivo das simulações consiste em avaliar o benefício da utilização do mecanismo para a criação de Grupos de Preferência. Para tal, foram comparadas as avaliações fornecidas por clientes ao utilizar provedores do mesmo grupo de preferência, com avaliações fornecidas por clientes utilizando provedores de diferentes grupos de preferência, inclusive do seu próprio grupo.

Nas simulações referentes ao primeiro objetivo, a disposição dos nós foi estabelecida da seguinte forma: do total de 60 nós, 1 (um) nó foi configurado como provedor, 1 nó como entidade monitora, e os outros 58 nós foram configurados como clientes. Para atingir a meta dessa simulação, o mesmo cenário foi rodado, primeiramente, sem a utilização do SAS e em seguida com o SAS ativado. A Figura 3 apresenta os resultados das simulações realizadas com o SAS desativado. Os valores obtidos sem a utilização do SAS foram utilizados como valores bases para comparação. Esses valores foram obtidos da seguinte forma: inicialmente o cliente envia uma requisição ao monitor informando o serviço que deseja utilizar. O monitor retorna o valor que ele possui armazenado da avaliação objetiva sem tendência do provedor. Em seguida, o cliente utiliza o serviço do provedor obtendo um valor de QoS efetivo relativo a utilização do serviço. Cabe mencionar que tal valor efetivo reflete o estado atual do provedor, conhecido na simulação, mas que não está disponível para o SAS no mundo real. Nesse ponto, calcula-se um novo valor de avaliação objetiva sem tendência baseado no valor efetivo de QoS obtido através da utilização do serviço. Calcula-se, então, a diferença entre esse valor e a avaliação objetiva sem tendência fornecida pelo monitor. Conforme apresentado na Figura 3, para representar diferentes limiares de atualização do valor de QoS armazenado no monitor, foram criadas três faixas (2%, 4% e 10%), representadas por três curvas. Por exemplo, para a faixa de 2%, o valor armazenado no monitor é considerado atualizado somente se a diferença entre o valor recuperado do monitor e o valor efetivo for menor ou igual a 2% (do valor efetivo). No gráfico da Figura 3 o eixo das ordenadas fornece uma medida, nomeada taxa de acerto, que reflete em termos percentuais o grau de atualização do monitor, ou seja, o quanto os valores armazenados são próximos dos valores efetivamente obtidos no uso do serviço. Um valor de 1 (ou 100%) indica que em todas as requisições o valor armazenado correspondia ao valor efetivo. Foram simulados cinco intervalos de mensagens de *probing* (5, 10, 20, 30 e 60 segundos). A taxa de requisição de serviços foi mantida constante em 1.5s.



**Figura 3 - Taxa de Acerto – Sem o uso SAS**



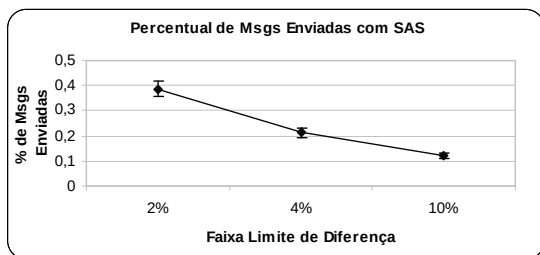
**Figura 4 - Taxa de Acerto - Com o uso do SAS**

Conforme mostra a Figura 3, as taxas de acerto em todas as faixas de valores limites apresentam uma queda conforme o *intervalo de probing* é aumentado. Este fato é

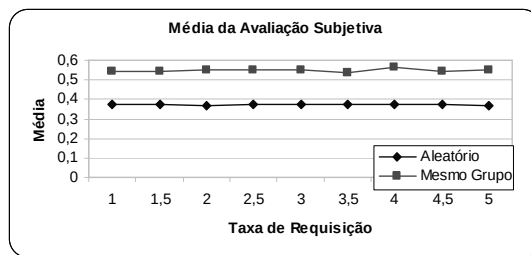
consequência do aumento do intervalo de tempo de envio de requisições para monitoramento. Considerando a faixa de valores limites de 10%, com um intervalo de monitoramento de 5 segundos, a taxa de acerto é de aproximadamente 97%, isto é, em 97% dos casos em que foram avaliados o valor armazenado no monitor com o valor efetivo de QoS do serviço, estes valores foram considerados como sendo atualizados. Analisando a faixa de 2%, este valor cai para 37%.

A Figura 4 apresenta os valores de taxa de acerto obtidas com o SAS ativado, para as faixa de valores limites de: 2%, 4% e 10%. Os eixos do gráfico não apresentam a frequência de monitoramento já que esta é variável quando o SAS está ativado. Para analisar o comportamento do SAS, os valores da curva apresentada no gráfico da Figura 4 foram comparados com os valores do gráfico da Figura 3, considerando o intervalo de *probing* de 5 segundos. Esse intervalo foi escolhido pois configura o pior caso para o SAS (valores de QoS mais atualizados). Os resultados mostraram que, para a faixa de 2%, a taxa de acerto é, aproximadamente, 37% sem a utilização do SAS, enquanto que com a utilização do SAS este valor é de 33%. Para valores de faixa de 4% e 10%, as respectivas taxas de acerto, para o caso sem o SAS, são de 69% e 97%, enquanto que com a utilização do SAS, os valores são de 64% e 91%. Logo, as taxas de acerto obtidas com o sistema SAS são próximas ao que se obtêm sem o sistema e com o monitor utilizando uma alta frequência de *probing*.

O passo final dessa simulação é verificar a possível redução do número de mensagens de monitoramento enviadas por parte do monitor quando o SAS está em funcionamento. A Figura 5 mostra uma curva com a relação entre o número de mensagens de *probing* geradas pela entidade monitora com o SAS ativado e o número de mensagens de *probing* com o SAS desativado e com um intervalo de *probing* de 5 segundos. Para uma faixa limite de 2%, com o SAS ativado, são enviadas aproximadamente 38,6% de mensagens somente, comparadas com o total de mensagens enviadas com o SAS desativado. Para as outras faixas limite (4% e 10%) essa relação é ainda mais favorável (21% e 12%). Esses números demonstram que o SAS provê uma solução altamente escalável sem deterioração da correteza da avaliação.



**Figura 5: Percentual de mensagens com SAS**



**Figura 6 - Média da avaliação subjetiva final de todos os serviços consumidos**

O segundo conjunto de simulações tem como objetivo avaliar o benefício do mecanismo de criação de grupos de preferência do SAS. Nessa simulação, do total de 60 nós disponíveis, 10 nós foram configurados como provedores e o restante como clientes. Para analisar o efeito da utilização de grupos de preferência no SAS foram geradas duas curvas, uma representando a escolha de provedores de modo aleatório, isto é, de qualquer grupo de preferência, e outra representando escolha de provedores do mesmo grupo.

Na Figura 6 é mostrada a média das avaliações subjetivas fornecidas pelos clientes, sobre os serviços utilizados de provedores do mesmo grupo de preferência (“Mesmo

Grupo”) e de diferentes grupos de preferência (“Aleatório”), com respeito a diferentes taxas de requisição de serviços. Nota-se que a média de valores de avaliações subjetivas é maior quando são utilizados provedores do mesmo grupo de preferência em todos os valores de taxa de requisição. A utilização de serviços de provedores do mesmo grupo de preferência implica melhores avaliações fornecidas por clientes e, por consequência, provável melhor oferta de serviço. Entretanto, notou-se que a utilização de serviços de provedores que pertençam ao mesmo grupo de preferência resulta em um maior número de violações dos parâmetros de SLAs por parte dos provedores. Esse fato é decorrente da redução na quantidade de provedores disponíveis que podem ser utilizados pelo cliente.

#### **4. Trabalhos Relacionados**

Mecanismos baseados em reputação vêm sendo utilizados como ferramentas eficientes para a descoberta e seleção de serviços [Singh and Huhns 2005], principalmente em ambientes onde não é desejado ou viável o estabelecimento de contratos eletrônicos tradicionais (SLAs fechados). Na área comercial, sítios como [eBay 2006] e [Mercado Livre 2006] utilizam um processo de cálculo de reputação denominado Processo de Qualificação, que avalia os usuários após a compra ou venda de produtos no sítio. Apesar de útil, esse sistema apresenta limitações como, por exemplo, não levar em conta a reputação do usuário que está atribuindo o valor de avaliação de serviço. Outra desvantagem é que a pontuação atribuída por um usuário novo possui o mesmo peso de um usuário que já realizou diversas operações e, portanto, já possui uma qualificação mais refinada. No âmbito acadêmico, sistemas de avaliação mais elaborados vêm sendo propostos. Os trabalhos apresentados em [Kalepu, Krishnaswamy and Loke 2003] e [Liu, Ngu and Zeng 2004] descrevem modelos para seleção de serviços que levam em conta tanto parâmetros de QoS quanto a avaliação dos usuários. Vários trabalhos [Jurca and Faltings 2005, Dellarocas 2002] propõem a utilização de avaliações de consumidores de serviços para determinar o valor monetário de transações eletrônicas. Nesses trabalhos, a reputação de um provedor é utilizada para ajustar o valor que um determinado provedor pode cobrar pelo fornecimento de serviços.

Nos trabalhos mencionados acima, a reputação é baseada na percepção que um consumidor tem com relação a utilização de um serviço, não sendo adequada para determinar o quão consistente é um serviço com relação a QoS realmente oferecida. Outro problema diz respeito a confiabilidade da própria avaliação fornecida pelos clientes dos serviços [Kalepu, Krishnaswamy and Loke 2003, Kalepu, Krishnaswamy and Loke 2004, Sherchan, Loke and Krishnaswamy 2006]. Visando minimizar esses problemas, em [Kalepu, Krishnaswamy and Loke 2004] é proposto um modelo de cálculo de reputação que leva em consideração, além da avaliação dos clientes – denominada dimensão subjetiva de reputação – o histórico do valor de QoS efetivamente fornecido pelo provedor – denominada dimensão objetiva de reputação. Esse trabalho é estendido em [Sherchan, Loke and Krishnaswamy 2006], onde uma abordagem baseada em lógica nebulosa é utilizada para inferir o raciocínio associado a uma determinada avaliação subjetiva de um provedor. Esse raciocínio é então utilizado para detectar a formação de conluios, identificar preferências de usuários, e fornecer recomendações para os usuários. Esse trabalho é o que apresenta a maior semelhança com o SAS.

A diferença básica entre o SAS e o trabalho de [Sherchan, Loke and Krishnaswamy 2006] é a forma de coleta dos valores de QoS efetivo e de utilização da avaliação subjetiva do usuário. Diferentemente de [Sherchan, Loke and Krishnaswamy 2006], a avaliação do usuário é utilizada não só para calcular valores de reputação de provedores mas também para calibrar a frequência de *probing* de uma entidade monitora de serviço. A vantagem dessa abordagem é o aumento de escalabilidade que advém da diminuição do número de

mensagens necessárias ao funcionamento do sistema de reputação. Isso decorre do fato do SAS receber valores de QoS efetivo somente quando é detectada uma discrepância entre os valores de QoS armazenados no monitor e os efetivamente percebidos pelo usuário. Um efeito secundário é a maior autonomia alcançada na arquitetura do SAS. Como o SAS não requer que a QoS efetiva seja constantemente informada pelo usuário, o acoplamento entre esses e o SAS é mínimo, restringindo-se ao envio das mensagens de avaliação. Outra diferença importante em relação a [Sherchan, Loke and Krishnaswamy 2006], é que o SAS emprega uma arquitetura descentralizada, na qual uma rede P2P é sobreposta a rede que interliga os provedores e consumidores de Serviços Web. Os nós que compõem tal rede são responsáveis pelo armazenamento e gerenciamento dos valores de avaliações referentes aos provedores permitindo, desta forma, a descentralização do cálculo de reputação e conseqüente aumento de escalabilidade e robustez do sistema. Ainda, o SAS tira proveito da comparação das avaliações subjetivas com as objetivas para o estabelecimento de grupos de preferência que são usados tanto como mecanismos de incentivo quanto como auxiliares no cálculo da reputação final de um provedor.

## **5. Conclusões e Direções Futuras**

Esse artigo apresentou um sistema para aumentar a confiabilidade das transações eletrônicas baseadas em serviços Web. Foram propostos mecanismos que permitem: (i) aumentar o nível de garantia do cumprimento de SLAs, sendo tal procedimento realizado de forma distribuída, sem onerar a rede, o que traz como conseqüência um aumento da escalabilidade de mecanismos existentes para sua monitoração; (ii) prover a clientes de serviços Web uma medida da reputação dos provedores de serviços, que consiste em uma métrica mais adequada do que o simples valor objetivo obtido por um monitor; (iii) e criar grupos de preferências que agregam clientes com similaridades na forma como avaliam serviços Web e provedores com similaridade quanto aos requisitos de QoS providos. Os mecanismos propostos, ao mesmo tempo em que fornecem medidas quanto a confiabilidade de provedores, também permitem validar avaliações dadas pelos clientes, diminuindo o grau de subjetividade de tais avaliações e tornando-as uma métrica efetiva. Os grupos de preferência formados podem atuar como mecanismos de incentivo que aumentem a participação dos usuários no processo distribuído de avaliação de SLAs. Portanto, a abordagem proposta aumenta a confiança mútua entre clientes e provedores, alavancando o potencial de utilização da Web para transações comerciais.

Outros benefícios do uso do SAS serão investigados futuramente. Por exemplo, não foram explorados no presente trabalho os benefícios do uso dos valores de reputação finais gerados no processo de seleção de serviços. Também não foi analisada a robustez do sistema quanto a ataques do tipo conluio, que são detectados pelos mecanismos do SAS.

## **Referências**

1. Dellarocas, C. (2002) Goodwill Hunting: An Economically Efficient Online Feedback. In J. Padget and et al., editors, Agent-Mediated Electronic Commerce IV. Designing Mechanisms and Systems, Vol: LNCS 2531, pp. 238-252.
2. eBay (2006), <http://www.ebay.com>, Dezembro.
3. Jurca, R., Faltings. B. (2005) Reputation-based Pricing of P2P Services. In Proc. of ACM SIGCOMM'05 Workshops, Philadelphia, USA, pp: 144-149.
4. Kalepu, S., Krishnaswamy, S., Loke, S.W. (2003) Verity; A QoS Metric for Selecting Web Services and Providers. In Proc. of WISEW, pp: 131- 139.
5. Kalepu, S., Krishnaswamy, S., Loke, S.W. (2004) Reputation = f(user ranking, compliance, verity). In Proc. of the IEEE ICWS, pp. 200- 207.

6. Keller, A. Ludwig, H. (2003) The WSLA Framework Specifying and Monitoring Service Level Agreements for Web Services. *Journal Of Network And Systems Management*, 11(1), pp. 57-81, Kluwer Academic Publishers.
7. Lages, A., Delicato, F.C., Pirmez, L. (2006) Sistema de Reputação Orientado a Serviços baseado em Lógica Nebulosa. In *Anais do VI SBSEG*, São Carlos, Brasil.
8. Liu, Y., Ngu, A.H., Zeng, L.Z. (2004) QoS Computation and Policing in Dynamic Web Service Selection. In *Proc. of the 13th WWW conference*, pp: 66 -73.
9. Mercado Livre (2006), <http://www.mercadolivre.com.br>, Dezembro.
10. Sherchan, W., Loke, S. W., and Krishnaswamy, S. (2006) A fuzzy model for reasoning about reputation in web services. In *Proc. of the 2006 ACM SAC*, pp. 1886-1892.
11. Singh, M.P., Huhns, M.N. (2005) *Service-Oriented Computing: Semantics, Processes, Agents*. Wiley.
12. Stoica, I. et al. (2001) Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for internet applications. In *Proc. of SIGCOMM '01*, New York, NY, pp. 149-160.
13. ns2 (2006), [http://nslam.isi.edu/nslam/index.php/User\\_Information](http://nslam.isi.edu/nslam/index.php/User_Information), Dezembro.
14. Wang, W., Zhao, L., Yuan, R. (2006) Improving cooperation in peer-to-peer systems using social networks”, In *Proc of the 20th IPDPS*, Rhodes Island, Greece.