

# Um Modelo de Reputação Fuzzy de Dimensão Variável

Henrique D. N. Rodrigues<sup>1</sup>, Graçaliz P. Dimuro<sup>1,2</sup>, Diana F. Adamatti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Ciências Computacionais – Universidade Federal do Rio Grande (FURG)  
Rio Grande, Rio Grande do Sul

<sup>2</sup>Institute of Smart Cities – Universidad Publica de Navarra  
Campus Arrosadía, Navarra, Spain

**Resumo.** *Reputação pode ser entendida como a representação de crenças ou opiniões sobre alguém ou algo, e é reconhecida como um mecanismo de controle social. Os mecanismos de reputação são amplamente aplicados em comércios eletrônicos, sistemas multiagentes (MAS), redes P2P e outras aplicações que requerem informações distribuídas e conhecidas sobre agentes. O processo de avaliação da reputação do agente envolve claramente imprecisão, ambiguidade e incompletude.*

*Neste artigo, introduzimos um modelo de reputação baseado em lógica fuzzy para processos de troca social em MAS. Consideramos uma avaliação de sistema dimensional variável, utilizando funções de agregação ponderada para agregar continuamente a informação fuzzy das experiências do agente (relacionada a todas as dimensões consideradas), dando maior peso a informações mais recentes. Alguns estudos de caso são apresentados para analisar o comportamento do modelo. Para isso, consideramos um cenário MAS no contexto do comércio eletrônico. Adotamos o framework JaCaMo para a implementação, que utiliza a arquitetura de agentes BDI (Believe, Desires and Intentions) e artefatos.*

## 1. Introdução

É conhecida a importância de modelos computacionais de confiança e reputação aplicados a sistemas multiagentes (MAS). De fato, a relação confiança-reputação é reconhecida como uma forma implícita de controle social. As informações extraídas de tais modelos contribuem para interações em MAS na forma de cooperação, trocas, formação de coalizões, escolha de parceiros, entre outros [11].

A definição de confiança, por sua vez, está relacionada a confiabilidade, verdade ou habilidade de alguém ou algo. Reputação por sua vez é definida como crenças ou opiniões realizadas sobre alguém ou algo. Pinyol e Sabater [11] tem discutido sobre as fronteiras de alcance dos atuais modelos propostos sobre essas definições. Este artigo não irá se ater a essa discussão e assume-se que o modelo é um provedor de informações sobre a reputação dos agentes envolvidos.

A informação sobre a reputação de um agente pode ser armazenada de forma centralizada, comumente utilizada em sites de comércio eletrônico, ou de forma distribuída onde muitas vezes os agentes são responsáveis por armazenar os resultados de suas próprias experiências [11, 17]. Além do e-commerce, MAS é outro contexto ao qual o conceito de reputação é frequentemente abordado. Em particular, em sistemas multiagentes cognitivos [11], agentes necessitam confiar em outros agentes pois frequentemente é necessário cooperação para atingir objetivos coletivos ou individuais.

Observando que o processo de avaliação da reputação de um agente claramente envolve imprecisão, ambiguidade e incompletude [19], no contexto ao qual sistemas fuzzy [21, 22] podem prover resultados mais adequados [3, 8], uma vez que permite um modelo similar ao raciocínio humano e oferece suporte teórico para modelagem da agregação de informações de grupo sobre as interações sociais dos elementos do grupo. Além disso, o uso de termos linguísticos [21] para modelar o domínio do problema permite que esses sistemas sejam facilmente aplicados e compreendidos pelos usuários finais de aplicações do mundo real.

O objetivo deste artigo é introduzir um modelo de reputação baseado em lógica fuzzy para o processo de trocas sociais em MAS. Para tanto, além da modelagem fuzzy da avaliação individual da reputação dos agentes, considera-se um sistema de avaliação de dimensão variável, usando funções de agregação ponderadas para agregar a informação fuzzy das interações dos agentes (relacionado a todas as dimensões) continuamente, dando maior peso a informações mais recentes. Um estudo de caso é apresentado para análise do comportamento do modelo. Considerou-se um cenário MAS no contexto do comércio eletrônico. Para a implementação, adotou-se o framework JaCaMo [1], que usa a arquitetura de agente BDI (Believe, Desires and Intentions) e artefatos.

Este artigo é organizado como se segue: A Seção 2 discute os trabalhos relacionados. A Seção 3 explica a motivação deste trabalho. O modelo proposto é introduzido na Seção 4. O método de avaliação fuzzy está na Seção 5. O estudo de caso está na Seção 6. A Seção 8 é a Conclusão.

## 2. Trabalhos Relacionados

Modelos de reputação podem ser divididos em dois grupos: (i) modelos de reputação centralizados, onde toda informação é calculada e armazenada em um repositório de forma que qualquer agente tenha acesso; e (ii) modelos de reputação descentralizados, onde a informação não é armazenada em um repositório e sim cada agente armazena suas próprias experiências individualmente [11, 17].

Modelos de reputação centralizados são comumente usados em comércios eletrônicos, onde toda a informação sobre a reputação é armazenada por uma unidade centralizada, como o modelo SPORAS [20]. No modelo SPORAS, novos usuários recebem o valor mínimo possível de reputação, construindo sua reputação durante as atividades no sistema. Isso pode desencorajar novos usuários, mas no entanto é uma medida preventiva para que usuários com uma reputação ruim saiam e entrem novamente no sistema com uma reputação melhor que a anterior.

Modelos de reputação centralizados concedem aos agentes o poder de fazer suas próprias avaliações sobre a reputação de outros agentes, sem depender de uma unidade centralizada. Alguns exemplos que adotam essa abordagem são: Jurca e Faltings [7], ReGreT [16] e TRAVOS (Trust and Reputation model for Agentbased Virtual OrganisationS) [19].

O modelo ReGreT [16] é um mecanismo completamente descentralizado, onde cada agente classifica os demais ao fim de cada interação (-1 = absolutamente negativa, 1 = absolutamente positiva e 0 = neutra), e a essas classificações possuem pesos de acordo com o tempo. ReGreT também divide a avaliação em três dimensões, onde a Dimensão

Individual examina apenas as interações diretas entre os agentes envolvidos; a Dimensão Social, é a qual, em algumas ocasiões é possível obter informações sobre o agente alvo baseado nas avaliações dos demais agentes na sociedade; e a Dimensão Ontológica, a qual combina Dimensão Individual e Social em uma única dimensão.

TRAVOS [19] adota uma classificação binária ( 1 para interação bem sucedida, e 0 quando não é bem sucedida). Depois de interagir com o próprio agente-alvo, o avaliador compara o relatório das testemunhas com suas próprias observações.

Em [24], a lógica fuzzy é usada para auto avaliação e avaliação de recomendações de terceiros para a composição de confiança. Assim como será apresentado neste trabalho, o modelo é baseado em expectativas, isto é, a avaliação é obtida através da relação de uma expectativa inicial do serviço e sua efetiva realização. O modelo também oferece uma função de atualização dinâmica da confiança. Basicamente o modelo consiste nas seguintes etapas: (i) busca de parceiros (contractor's agents), (ii) escolha do parceiro e por fim (iii) atualização da confiança. Como se trata de um modelo de confiança, o modelo não se preocupa em armazenar cumulativamente o histórico das interações e sim, modificá-lo dinamicamente.

No modelo [25], assim como o PATROL-F usa fatores de decaimento para qualificar as informações de acordo com o espaço temporal. Outro fator importante é que ambos os modelos usam agentes de *suporte* para o obter informações sobre o agente alvo, isto é, agentes que fornecem algum tipo de informação sobre experiências anteriores do agente alvo, sejam estes agentes do próprio sistema como é o caso de [24]), ou agentes que participam desempenhando papéis de mesma hierarquia (como é o caso de [23]).

Em [5], o Artefato de Reputação [5, 13, 14] funciona como uma unidade centralizada que armazena o desempenho ou competência do agente, visível para outros agentes. Este modelo trabalha com medidas de competência, que podem ser quantificadas em uma forma binária, neste caso 0 ou +1. Além disso, o modelo fornece uma arquitetura capaz de levar em conta os aspectos sociais do agente, como seu(s) papel(is) e as políticas implementadas.

### 3. Motivação

Comunidades virtuais surgiram nas últimas décadas e mudaram a forma como encaramos as relações humanas. Algumas como comércio eletrônico e jogos virtuais multiplayer reúnem várias pessoas em diferentes lugares em uma escala sem precedentes no mundo físico [9]. O comércio eletrônico por exemplo, oferece ao usuário uma vasta consulta sobre diferentes produtos e vendedores em busca do melhor negócio, mas ao mesmo tempo demanda confiança de que o acordo estabelecido virtualmente irá se concretizar, por isso reputação e confiança são fatores sociais importantes.

Mui [9] apresentou alguns aspectos dessas interações virtuais:

- Membros de comunidades virtuais muitas vezes superam fronteiras geopolíticas, onde mecanismos formais que garantem a confiança são difíceis de estabelecer.
- Interações virtuais não tem pistas físicas diretas, como tom de voz, a linguagem corporal, apertos de mão, loja de fachada, etc, que muitas vezes são usados como primeira impressão para medir a confiabilidade nas interações cotidianas.

- Os membros são muitas vezes anônimos e podem entrar e sair de uma comunidade com facilidade.
- Membros muitas vezes interagem com estranhos que os outros membros e nem os seus amigos tinham encontrado antes.

As comunidades virtuais, mesmo com todas essas limitações vem prosperando e cada dia mais fazem parte do cotidiano das pessoas. Sites como Ebay (<http://www.ebay.com/>) e Amazon (<http://www.amazon.com/>) são uma mostra disso e agregam uma vasta comunidade assim como movimentam toda uma economia. Para atender essas limitações, mecanismos de confiança e reputação foram adotados, afim de fornecer mais segurança aos seus participantes.

MAS cognitivos são geralmente populados por poucos agentes, devido ao alto grau de especificação desses agentes. Agentes cognitivos são capazes de representar e observar o ambiente onde atuam, conseguem manter um histórico de suas ações, se organizam socialmente e possuem objetivos próprios. Por tais motivos, comunidade de agentes necessitam de um mecanismo de controle para que os agentes possam escolher seus parceiros com base em alguma informação. No entanto, um valor de reputação não pode ser analisado sob uma abordagem nítida, devido à sua imprecisão, natureza ambígua e incompleta, como outros tipos de valores que estão embutidos em contextos de informação imperfeita [22]. O desempenho dos sistemas de reputação sempre foi uma preocupação para os usuários devido à existência de classificações injustas/irrealistas [8].

Por isso, um modelo de reputação baseado na lógica fuzzy [21] objetiva fornecer uma abordagem mais realista para avaliar e agregar informações qualitativas, incertas, subjetivas, imprecisas e/ou ambíguas, mais próximas das relações, do pensamento e do raciocínio humano. Tal abordagem apresenta um caráter interpretável, usando termos linguísticos e variáveis, assim pode ser confiável para aqueles que adotam papéis na organização social.

#### **4. O Modelo Proposto**

O modelo de reputação é inspirado na estrutura adotada pelo modelo ReGreT [16], onde a avaliação da reputação se baseia em uma composição de diferentes dimensões. No caso do modelo ReGreT, existem três dimensões: Dimensão Individual, Dimensão Social e Dimensão Ontológica.

A Dimensão Individual é o resultado de interações diretas entre os agentes. Em [16], esta dimensão é tratada como a mais confiável, porque expressa resultados de interações diretas com o agente alvo, isto é, uma avaliação dada pelo resultado da interação entre os agentes envolvidos. As interações diretas não são exclusivas dos agentes envolvidos no processo, mas também podem ser causadas por uma observação direta dos agentes envolvidos, porém esse tipo de informação é menos comum.

A Dimensão Social está relacionada à relação de grupo [16]. Nesta dimensão, os agentes podem obter informações sobre um determinado agente quando não há interações diretas com ele, com base em informações fornecidas por outros agentes, constituindo assim uma expectativa inicial para a reputação do agente. Quando esta dimensão é adotada, os agentes podem aumentar sua rede de relacionamentos de forma mais segura, com informações iniciais sobre seus futuros parceiros. Portanto, o sistema pode relacionar

**Table 1. Base de Regras Fuzzy para qualificar o API**

Qualificação API	Provedor de Informação		
	ruim	regular	boa
ruim	bom	regular	ruim
regular	regular	bom	regular
boa	ruim	regular	bom

a capacidade de um agente para fornecer qualquer informação sobre outros agentes (o agente provedor de informação - API), proporcionando assim maior compatibilidade na troca de informações e avaliações. A tabela 1 mostra a base de regra fuzzy para qualificar o API. Observe que quanto mais distante a informação recebida pelo API a partir da interação real, pior ele deve ser qualificado.

A Dimensão Ontológica por sua vez é capaz de combinar os conceitos de Social Dimension e Individual Dimension em uma única dimensão.

O modelo proposto estende o modelo ReGreT pressupondo existir quantas dimensões possíveis forem necessárias para constituir uma reputação avaliando diferentes aspectos com seus respectivos pesos ou influências.

O uso de outros tipos de dimensões, diferentes das dimensões Individual e Social, também apareceu em outros trabalhos. Por exemplo, em [10, 15, 18], os autores adotam uma dimensão chamada Dimensão Normativa, onde agentes com certos papéis devem cumprir certas obrigações e os agentes reguladores são capazes de inserir informações sobre a obediência do agente em uma unidade centralizada, permitindo que todos os demais agentes verifiquem o desempenho dos demais em relação à política normativa.

Além disso, os agentes podem assumir vários valores de reputação com um mesmo agente, isso devido a um agente poder assumir diferentes papéis num mesmo ambiente, portanto, a avaliação de cada papel desempenhado pelo agente deve ser distinta. Isso porque quando um agente desempenha mais de uma papel ele pode ter performances distintas exercendo-os.

Em nossa abordagem, a Dimensão Ontológica é a combinação de todas as dimensões e seus respectivos pesos. Os pesos são usados para atribuir importância às dimensões, ou seja, a relevância de um aspecto particular na formação da opinião. Ressaltamos que as interações diretas (Dimensão Individual) devem sempre ter maior peso em relação as demais, pois são mais confiáveis.

Assim, a avaliação fuzzy de um agente  $\alpha$  é dada pela função de agregação n-ária ponderada  $evaluation_{(\alpha)} : [0, 1]^n \rightarrow [0, 1]$ , for  $n > 0$ , definida por:

$$evaluation_{(\alpha)}(ID_{(\alpha)}, SD_{(\alpha)}, \dots, Dn_{(\alpha)}) = \frac{\gamma ID_{(\alpha)} + \delta SD_{(\alpha)} + \dots + \epsilon Dn_{(\alpha)}}{\gamma + \delta + \dots + \epsilon} \quad (1)$$

para todo  $ID, SD, \dots, Dn \in [0, 1]$ , onde  $ID, SD, \dots, Dn$  são as avaliações fuzzy das dimensões Individual, Social,  $\dots, Dn$ , respectivamente, e os fatores  $\gamma, \delta, \dots, \epsilon$  definem a importância dessas dimensões. Esta função de agregação é chamada média ponderada sempre que os pesos são fixos. Quando os pesos são dados de forma diferente de acordo com os diferentes agentes, então essa função é chamada de operador de mistura [4].

## 5. Avaliação Fuzzy

Cada aspecto avaliado para constituição de uma imagem deve ser definido em uma função fuzzy qualquer, com seus respectivos termos linguísticos, bases de regras e método(s) de

defuzzificação. Uma imagem é a avaliação que o agente percebe de uma única interação com um agente.

Em um comércio eletrônico por exemplo, a avaliação de um produto poderia ser baseada em seu preço, tempo de entrega e qualidade. A relação entre a satisfação esperada no ato da compra, e o recebimento do produto poderia gerar um feedback.

Em uma base de regras esses fatores que compõem a avaliação do produto se combinam afim de prover alguma informação extraída das funções de pertinência. De posse de tais inferências fuzzy, convém agregar essas informações e extrair um valor defuzzificado utilizando um método de defuzzificação apropriado, que será usado para compor a reputação de um agente. Para mais informações a respeito de sistemas fuzzy, veja [21].

Considere que o histórico de informações é alocado em uma lista  $V$  correspondente às interações ocorridas. No modelo proposto, o agregado de imagens, isto é, a informação sobre o agente, é feito pelo mapeamento de agregação ponderada  $I$ , onde são atribuindo pesos maiores às interações mais recentes, definidas por:

$$I(\text{size}(V), V) = \sum_{i=1}^{\text{size}(V)} \frac{v_i * a_i}{\text{size}(v)}, \quad (2)$$

onde  $a_i = a_1 + (i - 1) * \beta$ , e  $\beta$  é dado por  $\beta = \frac{a_1+1}{\text{size}(V)+1}$  e  $a_1 = 0.1$

Ao atribuir pesos maiores às interações mais recentes permite-se que os agentes reconheçam uma possível mudança no comportamento de seus parceiros mais rapidamente.

## 6. Atitude de Avaliação de Serviços

A atitude de avaliação de serviço refere-se à possibilidade de o agente poder combinar vários aspectos observados para formar uma imagem da interação que está sendo avaliada. Por exemplo, no e-commerce, o agente poderia avaliar apenas o tempo de entrega em uma mercadoria, ou até mesmo a qualidade da mesma, até mesmo combinar tempo de entrega e qualidade do produto para formar uma avaliação. Esta combinação é feita através de tabelas de regras fuzzy, como as apresentadas nas Tabelas 2 e 3. Os atributos dos serviços são representados por variáveis linguísticas, cujo valor é expresso qualitativamente por termos linguísticos e quantitativamente por funções de pertinência.

Algumas considerações sobre o modelo: (1) se houver necessidade de definir um valor de reputação inicial, este deve ser o valor inicial para novos agentes no sistema; (2) cada agente pode ter diferentes atitudes de avaliação de serviço em relação a diferentes agentes e serviços; (3) Dimensão Individual e Dimensão Social podem ou não coexistir; (4) agentes que assumam diferentes papéis devem ser avaliados individualmente para cada função; (5) os valores máximos e mínimos de reputação alcançados pelos agentes estão relacionados com a definição das funções de pertinência, regras fuzzy além do método de defuzzificação usado; (6) o menor valor de reputação deve ser atribuído a novos agentes de acordo com [20], porque inibe os agentes que têm má reputação de sair e entrar no sistema com uma reputação melhor do que o anterior; isso pode desencorajar as interações com novos agentes porque, em alguns casos, as informações sobre eles podem ser desconhecidas.

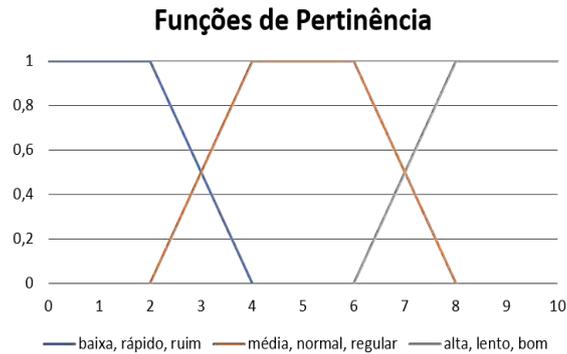


Figure 1. Funções de pertinência usadas no experimento do comércio eletrônico

## 7. Estudos de Caso

Nesta seção, apresentamos um estudo de caso relacionado ao comércio eletrônico. Adotamos a plataforma JaCaMo [1], que é uma estrutura para programação de MAS que consiste em três ferramentas: Jason, CArTAgO e MOISE+. Jason [2] é um intérprete da linguagem AgentSpeak(L) [12] baseado na arquitetura BDI.

### 7.1. Comércio Eletrônico

As comunidades de comércio eletrônico ilustram relações diretas entre agentes. Geralmente, esse relacionamento acontece entre vendedores e compradores que podem assumir um ou ambos papéis, dependendo da dinâmica da comunidade. Geralmente, as informações são colocadas centralmente para que todos os participantes tenham acesso à reputação de um agente. Este tipo de sistema, embora simples, é capaz de orientar a escolha dos parceiros do agente, isto é, uma Dimensão Social que fornece uma visão geral das atitudes de um determinado agente tendo em conta as suas interações com um número variado de agentes.

Para este estudo de caso, consideramos o lado individual, ou seja, a Dimensão Individual que expressa as interações entre pares de agentes vendedores e compradores, porque uma Dimensão Social neste caso não é mais do que uma consideração ampla de Dimensões Individuais de vários agentes.<sup>1</sup>

As funções fuzzy associadas a esse experimento são demonstradas na Fig. 1. Um produto é composto de três atributos: preço, tempo de entrega e qualidade. O preço varia entre 0 e 10, já o tempo de entrega e a qualidade vão de uma escala entre 0 e 100. Preço está associado aos termos linguísticos *baixo*, *médio* e *alto*. Tempo de entrega está associado aos termos linguísticos *rápido*, *normal* e *lento*. Qualidade está associada aos termos linguísticos *ruim*, *regular* e *boa*.

A relação entre satisfação esperada e satisfação real correspondente ao feedback é a imagem de cada interação. O feedback está associado aos termos linguísticos *ruim*, *regular* e *bom*. Agentes que excedem as expectativas tendem a ter valores de imagem maiores do que aqueles que decepcionam seus compradores.

<sup>1</sup>A construção dos cenários de simulação foi baseada em cenários encontrados na literatura relacionada ao e-commerce, experiências de simulação social, plataforma JaCaMo e aplicações MAS.

**Table 2. Satisfação baseada no Tempo de Entrega e Qualidade**

Satisfação	Qualidade		
Tempo de Entrega	baixa	média	alta
lento	baixa	baixa	média
normal	baixa	média	alta
rápido	média	alta	alta

**Table 3. Satisfação com base apenas no Tempo de Entrega (Qualidade)**

Tempo de Entrega (Qualidade)	Satisfação
lento (baixa)	baixa
normal (média)	média
rápido (alta)	alta

**Table 4. Feedback baseado na Satisfação Esperada e Satisfação Real**

Feedback	Satisfação Real		
Satisfação Esperada	baixa	média	alta
baixa	regular	bom	bom
média	ruim	regular	bom
alta	ruim	ruim	regular

As bases de regras fuzzy que compõem esse sistema são apresentadas nas tabelas 2, 3 e 4.

#### 7.1.1. Experimento 1 - Analisando a atitude de avaliação de serviços

Os agentes podem avaliar o serviço de diferentes maneiras de acordo com suas Atitudes de Avaliação de Serviço, a fim de alcançar seus interesses individuais. De acordo com as Tabelas 2 e 3, os agentes podem avaliar um serviço tendo em conta uma combinação de tempo de entrega e qualidade do produto, ou apenas qualidade ou apenas tempo de entrega. Este experimento visa demonstrar como a Atitude de Avaliação de Serviço influencia a composição de uma reputação. Para tanto, realizamos simulações para avaliar o mesmo produto com valores inalterados e com diferentes avaliações de serviço de apenas dois agentes (comprador e vendedor) (Fig. 3).

O produto em causa tem um valor de preço de 8, um prazo de entrega estimado de 30 dias e uma qualidade esperada de valor 25. Quando o serviço é efetivamente entregue, o prazo de entrega excede as expectativas esperada em 3 dias, isto significa uma ligeira melhoria em comparação com o estimado. A qualidade, no entanto, supera as expectativas, tomando o valor de 64. Desta forma, o agente levando em conta apenas a qualidade do produto, cria imagens de valores maiores e calcula uma melhor reputação em relação ao agente de venda do que aquela tomando em consideração o tempo de entrega e qualidade ou apenas o tempo de entrega.

#### 7.1.2. Experimento 2 - Análise mais profunda das expectativas

Neste experimento, demonstra-se como a base de regras fuzzy é determinante para a construção de uma imagem. Neste estudo de caso, há três situações distintas em simulações: a primeira é quando o agente atende plenamente as expectativas (Simulação 1); O segundo é quando o agente excede as expectativas (Simulação 2); E o terceiro é quando o agente decepciona o comprador ao entregar um produto com um tempo de entrega muito maior do que o combinado e uma qualidade inferior (Simulação 3) (ver Fig. 2). Para a avaliação do produto utilizamos a Atitude de Avaliação de Serviço que leva em conta o Tempo de Entrega e Qualidade.

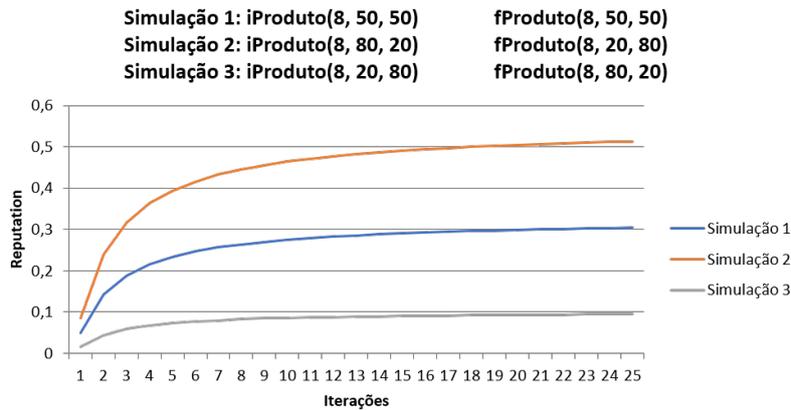
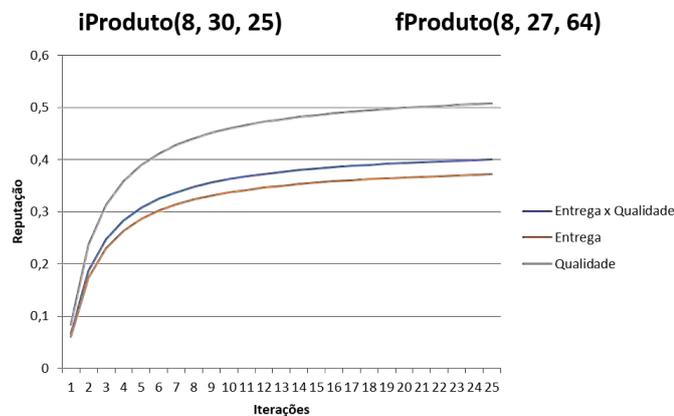


Figure 2. Experimento 1: Resultados da análise da simulação de expectativas



0.2cm

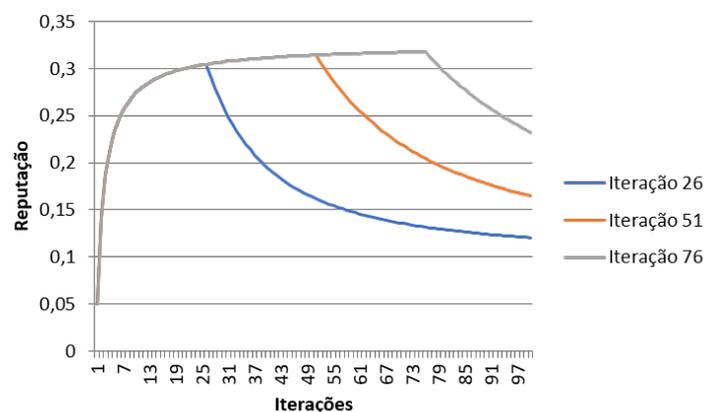
Figure 3. Experimento 2: Resultados para diferentes Atitudes de Avaliação de Serviços

### 7.1.3. Experimento 3 - Mudanças de comportamento

O objetivo é avaliar o quanto uma mudança no comportamento do agente afeta a reputação do agente. Para isso, foi escolhida uma variação negativa, isto é, o agente em tempo determinado altera a sua estratégia oferecendo um serviço ou produto com valores mais baixos do que tem vindo a realizar ou a oferecer. O modelo não é apenas capaz de avaliar mudanças negativas, bem como mudanças de comportamento positivas também.

A avaliação de uma mudança de comportamento é relativa porque a geração de imagens das interações está relacionada as funções fuzzy e suas bases de regras. O objetivo deste experimento é demonstrar que o modelo é capaz de levar em conta a história das interações entre os agentes, bem como identificar, mesmo levando em conta esse histórico, uma possível mudança no comportamento de um agente de forma satisfatória. Uma mudança muito profunda na reputação de um agente devido a sua mudança de comportamento desconsideraria todo seu histórico de interações e uma mudança pouco acentuada colocaria todo o sistema em risco, não sendo capaz de identificar que esse agente não mais executa no mesmo suas atribuições.

Foram efetuadas três simulações onde para todas as simulações o valor inicial



**Figure 4. Experimento 3: Análise da mudança de comportamento tendo em conta o histórico das interações**

do serviço é Produto(Preço, Prazo de Entrega, Qualidade), com os respectivos valores iProduto(8, 50, 50), tanto para o cálculo da satisfação esperada, quanto para a satisfação real, ou seja, o agente correspondeu exatamente a todas as expectativas, sendo analisado pelo comprador o tempo de entrega combinado com a qualidade do produto. Para analisar a mudança de comportamento, assumiu-se que em determinados períodos o agente alterou seu comportamento em relação à geração da satisfação real, decepcionando seu cliente neste caso.

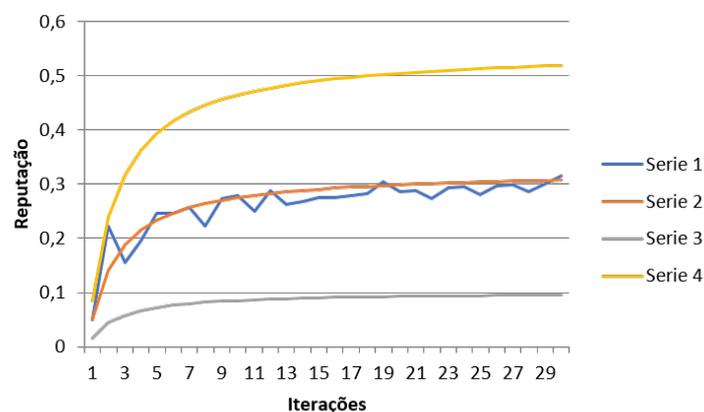
Na primeira simulação, a mudança de comportamento ocorreu na iteração do número 26. Na segunda iteração, a mudança ocorreu na iteração do número 51 e na terceira simulação a mudança de comportamento ocorreu na iteração do número 76, ou seja, após 76 iterações correspondentes às expectativas, o agente começa a "decepcionar" as expectativas de seu cliente, e o mesmo aconteceu com as outras simulações em suas respectivas iterações. Essa alteração de comportamento ocorreu quando na verdade o agente fornece o serviço e para isso foram definidos os atributos para o produto final fProduct(8, 80, 20). A satisfação esperada calculada pelo agente não foi alterada (Fig. 4).

#### 7.1.4. Experimento 4 - Reputação Centralizada

Comércios eletrônicos geralmente agrupam as informações de forma centralizada, combinando avaliações de usuários para formar a reputação de um agente. Neste experimento agrupou-se as várias avaliações de três agentes que avaliaram com base nos valores de expectativa inicial iProduct(8, 50, 50) e produto final fProduct(8, 80, 80), com as atitudes de avaliação: Tempo de Entrega e Qualidade, somente Tempo de Entrega e somente Qualidade, cada agente assumiu uma destas independentemente.

No Jason[2] a execução de um ambiente multiagente é não determinística e distribuída, assim sendo, não é possível especificar uma ordem previamente para qual agente inseriu uma imagem de uma interação no Artefato de Reputação, o que confere um grau de realismo maior nesse experimento, pois em um ambiente virtual de e-commerce, agentes podem receber feedbacks a qualquer tempo, inclusive fora da ordem de venda.

A Fig. 5 mostra o resultado desta experiência para as simulações. A série 1 combina 10 interações de cada agente, totalizando 30 interações. Nesta série, cada agente



**Figure 5. Experimento 4: Reputação armazenada centralmente e não-deterministicamente**

depois de interagir com o vendedor inseriu a imagem no Artefato de Reputação. Nas séries 2, 3 e 4 as interações foram simuladas entre pares de agentes, um vendedor e um comprador interagindo por 30 vezes. Cada série apresenta uma grande diferença, uma vez que todos usaram diferentes critérios de avaliação de serviço.

## 8. Conclusões

Considerando os resultados apresentados neste trabalho, pode-se concluir que o uso da lógica fuzzy em um modelo de reputação é capaz de representar a ambigüidade, a incompletude e a subjetividade da informação, como o comportamento humano tende a representá-la. Esta é uma ferramenta importante já que é um mecanismo que tem todo o seu funcionamento baseado na informação.

Os resultados apresentados são simulações utilizando agentes BDI. O modelo pode ser eficiente em aplicações MAS, em um cenário de comércio eletrônico, redes P2P ou sistemas distribuídos em geral. Sua eficiência está relacionada a definição fuzzy do problema. Além disso, a consideração do histórico das interações, bem como a atribuição de pesos, é útil no sentido de que os agentes são sensíveis às mudanças comportamentais sem desqualificar o histórico de atividades de seus parceiros.

Para trabalhos futuros consideraremos outros tipos de dimensões para aplicar em outros contextos e assim fazer uma análise totalmente comparativa do modelo apresentado em relação a outros modelos em diferentes aplicações.

## References

- [1] O. Boissier, R. H. Bordini, J. F. Hübner, A. Ricci, and A. Santi. Multi-agent oriented programming with JaCaMo. *Science of Computer Programming*, 78(6):747 – 761, 2013.
- [2] R. H. Bordini, J. F. Hübner, and M. Wooldridge. *Programming MAS in AgentSpeak using Jason*. Wiley, N. J., 2007.
- [3] G. P. Farias, G. Dimuro, G. Dimuro, and E. D. M. Jerez. Exchanges of services based on Piaget’s theory of social exchanges using a BDI-fuzzy agent model. In *2013 BRICS Congress on Computational Intelligence and 11th Brazilian Congress on Computational Intelligence (BRICS-CCI & CBIC)*, pages 653 – 658, Los Alamitos, 2013. IEEE.
- [4] M. Grabisch, J. Marichal, R. Mesiar, and E. Pap. *Aggregation Functions*. Cambridge Univ. Press, 2009.
- [5] J. F. Hübner, O. Boissier, R. Kitio, and A. Ricci. Instrumenting multi-agent organisations with organisational artifacts and agents. *Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 20(3):369–400, 2010.
- [6] J. F. Hübner, J. S. Sichman, and O. Boissier. Developing organised multiagent systems using the MOISE+ model: programming issues at the system and agent levels. *Intl. J. of Agent-Oriented Software Eng.*, 1(34):370–395, 2007.

- [7] R. Jurca and B. Faltings. Towards incentive-compatible reputation management. In *Trust, Reputation, and Security: Theories and Practice*, volume 2631 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 138–147. Springer, Berlin, 2002.
- [8] S. Liu, H. Yu, C. Miao, and A. C. Kot. A fuzzy logic based reputation model against unfair ratings. In *Proc. of AAMAS 2013*, pages 821–828, New York, 2013. IFAAMAS/ACM.
- [9] L. Mui. *Computational models of Trust and Reputation: Agents, Evolutionary Games and Social Networking*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2002.
- [10] F. Pereira dos Santos, D. Adamatti, H. Rodrigues, G. Dimuro, E. De Manuel Jerez, and G. Dimuro. A multiagent-based tool for the simulation of social production and management of urban ecosystems: A case study on san jerónimo vegetable garden - seville, spain. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 19(3):12, 2016.
- [11] I. Pinyol and J. Sabater. Computational trust and reputation models for open multi-agent systems: a review. *Artificial Intelligence Review*, 2013.
- [12] A. S. Rao. AgentSpeak(L): BDI agents speak out in a logical computable language. In R. van Hoe, editor, *7th European Work. on Model. Autonomous Agents in a Multi-Agent World*, v. 1038 of *LNCS*, pages 42–55. Springer, Berlin, 1996.
- [13] A. Ricci, M. Piunti, and M. Viroli. Environment programming in multi-agent systems: an artifact-based perspective. *Autonomous Agents and MAS*, 23(2):158–192, 2011.
- [14] A. Ricci, M. Viroli, and A. Omicini. Give agents their artifacts: The A&A approach for engineering working environments in MAS. In E. Durfee, M. Yokoo, M. Huhns, and O. Shehory, editors, *6th International Joint Conference Autonomous Agents and Multi-Agent Systems (AAMAS 2007)*, pages 601–603, Honolulu, 2007. IFAAMAS.
- [15] H. D. N. Rodrigues, D. F. Adamatti, G. P. Dimuro, G. D. Peter, and E. D. M. Jerez. Simulating reputation with regulatory policies: The case of san jerónimo vegetable garden, seville, spain. In *Advances in Practical Applications of Scalable Multi-agent Systems. The PAAMS Collection - 14th Intl. Conf., PAAMS 2016*, pages 195–206, 2016.
- [16] J. Sabater and C. Sierra. Regret: A reputation model for gregarious societies. In *Proceedings of the Fourth Workshop on deception Fraud and Trust in Agent Societies*, pages 61–70, 2001.
- [17] J. Sabater and C. Sierra. Review on comput. trust and reputation models. *Artif. Intell. Rev.*, 24(1):33–60, Sept. 2005.
- [18] F. C. P. Santos, T. F. Rodrigues, H. D. N. Rodrigues, G. Dimuro, D. F. Adamatti, G. P. Dimuro, and E. Manuel Jerez. Analyzing the problem of the modeling of periodic normalized behaviors in multiagent-based simulation of social systems: The case of the San Jerónimo vegetable garden of Seville, Spain. In B. Kamiński and G. Koloch, eds., *Advances in Social Simul.*, v. 229 of *Advances in Intel. Syst. and Comput.*, pages 61–72. Springer, Berlin, 2014.
- [19] W. T. L. Teacy, J. Patel, N. R. Jennings, and M. Luck. Coping with inaccurate reputation sources: experimental analysis of a probabilistic trust model. In *Proc. of AAMAS 2005*, pages 997–1004, 2005.
- [20] G. M. P. Zacharia. Trust management through reputation mechanisms. *Applied Artificial Intelligence Journal*, 2000.
- [21] L. A. Zadeh. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8:338–353, 1965.
- [22] L. A. Zadeh. Is there a need for fuzzy logic? *Inform. Sciences*, 178(13):2751–2779, 2008.
- [23] A. Tajeddine, A. Kayssi, A. Chehab, H. Artail. Fuzzy reputation-based trust model. *Applied Soft Computing*, 11(1):345-355, 2011.
- [24] G. Chen, Z. Li, Z. Cheng, Z. Zhao, H. Yan. A Fuzzy Trust Model for MAS. *Advances in Natural Comp.*, 2005.
- [25] S. Schmdit, R. Steele, T. S. Dillon, E. Chang. Fuzzy trust evaluation and credibility development in multi-agent systems. *Applied Soft Computing*, 2007.
- [26] A. Tajeddine, A. Kayssi, A. Chehab, H. Artail. PATROL: a comprehensive reputation-based trust model. *Intl. Journal of Internet Technology and Secured Transactions*, 2007.