

Mecanismo para Regulação de Interações entre Agentes Baseados em Personalidades

Luciano V. Gonçalves, Graçaliz P. Dimuro

¹Programa de Pós-Graduação em Informática – Universidade Católica de Pelotas
Rua Felix da Cunha 412 – Pelotas 96010-000 – RS – Brazil

Abstract. *This work describes a simulator of social exchanges based on personality traits, with an associated regulation mechanism conducted by an equilibrium supervisor, where an agent is the manager of the social interactions that occur in the multiagent system. The implementation was done with the Jason Interpreter. We also present some simulation results of social exchanges between pairs of agents with different personality traits and obedience levels to the regulation mechanism.*

Resumo. *Este trabalho apresenta um simulador de trocas sociais baseadas em personalidades, com um mecanismo de regulação associado segundo o conceito de supervisor de equilíbrio, onde um agente tem a função de administrar as interações sociais que ocorrem no sistema multiagentes. A implementação foi realizada no Interpretador Jason. Apresentam-se também resultados de simulações de trocas sociais entre pares de agentes com traços de personalidades distintas, e diferentes níveis de obediência ao sistema de regulação.*

1. Introdução

Há diversos trabalhos na literatura de sistemas multiagentes e ambientes colaborativos que tratam o problema das interações entre agentes, alguns trabalhos baseados na teoria da racionalidade e outros inspirados nas teorias sociais. Estes últimos se baseiam na idéia de que um sistema social deve apresentar uma visão autônoma do agente, que voluntariamente constrói o seu destino e uma teoria de sistema social como sistema de ação, sendo responsável pela regulação e restrição dos agentes.

Uma teoria social que aborda as interações entre os indivíduos em uma sociedade é apresentada nos trabalhos de J. Piaget, em sua Teoria das Trocas Sociais [Piaget 1995]. Piaget adota uma aproximação relacional, na qual os relacionamentos entre os indivíduos são estabelecidos por trocas sociais entre eles. As interações são compreendidas como trocas de serviços entre indivíduos, envolvendo não somente a realização dos serviços por alguns indivíduos em nome de outros, mas também a avaliação de tais serviços.

Com base na teoria social de Piaget, Dimuro e Costa [Dimuro and Costa 2006] desenvolveram uma abordagem para a regulação de interações em sistemas multiagentes. Neste trabalho, introduziram uma álgebra para manipular os valores de trocas qualitativos, baseando-se na aritmética intervalar [Moore 1966]. Esta abordagem mantém a expressividade dos valores qualitativos em sistemas computacionais, tornando-os operacionais. Também é caracterizado o conceito de supervisor de equilíbrio, um componente do sistema de regulação de trocas externo (possivelmente um agente), que em determinados momentos pode recomendar trocas para os agentes, tentando atingir ou manter o estado desejado (equilíbrio ou desequilíbrio) do sistema.

Uma abordagem mais detalhada do supervisor de equilíbrio, em que o processo de controle das interações está representado por um Processo de Decisão Qualitativo Intervalar de Markov (QI-MDP Qualitative Interval Markov Decision Process), encontra-se em [Dimuro et al. 2006b]. Mecanismos de regulação de trocas sociais baseadas em personalidades, onde os agentes apresentam diferentes atitudes com relação às trocas que preferem realizar, foram introduzidos em [Dimuro et al. 2006b, Dimuro et al. 2006a].

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um simulador de trocas sociais baseadas em personalidades, com um mecanismo de regulação baseado no conceito supervisor de equilíbrio, onde um agente tem a função de administrar as interações sociais que ocorrem no sistema multiagentes.

Neste trabalho utilizamos o interpretador para sistemas multiagente Jason [Bordini 2004, Hübner 2004], e as linguagens AgentSpeak e Java, para sua implementação. A arquitetura de agentes utilizada é a BDI (Beliefs, Desires and Intentions) [Bordini and Moreira 2006]. De acordo com o proposto em [Nair and Tambe 2005, Simari and Parsons 2006], neste trabalho a política ótima do QI-MDP utilizado pelo agente supervisor é simplificada nos planos deste agente.

O artigo está organizado como descrito a seguir. Na seção 2 apresentam-se os conceitos relativos aos sistemas de valores de trocas. Os agentes baseados em traços de personalidades são o tema da seção 4. O mecanismo de regulação encontra-se na seção 3. A seção 5 apresenta as simulações realizadas e, por fim, na seção 6 encontram-se as conclusões.

2. Sistema de Valores de Trocas

O sistema de valores de trocas apresentado em [Dimuro et al. 2005] está centrado na teoria dos valores de trocas de Piaget [Piaget 1995], como sendo uma abordagem para a regulação de interações em sistemas multiagentes e também em ambientes colaborativos [Costa and Dimuro 2004].

Segundo a teoria dos valores de trocas de Piaget, as interações entre os indivíduos em sociedades são compreendidas como trocas de serviços, envolvendo não somente a realização do serviço, mas também a avaliação de tal serviço pelos envolvidos. Esta avaliação do serviço é realizada pelos próprios indivíduos durante o processo de troca, com base em suas escalas de valores de trocas. Na teoria de Piaget, os valores destas escalas são de natureza qualitativa (bom, ruim, melhor que, pior que, etc.), que não são usualmente representados quantitativamente.

Com o objetivo de capturar a natureza qualitativa dos conceitos dos valores de trocas de Piaget, Dimuro e Costa [Dimuro et al. 2005] buscaram nas técnicas da Matemática Intervalar uma forma de representá-los em sistemas quantitativos. Assim, desenvolveram uma álgebra, no qual todo valor de troca pode ser representado por um intervalo real $x = [x_1; x_2]$, em que $x_1, x_2 \in \mathbb{R}$ e $[-L \leq x_1 \leq x \leq x_2 \leq L]$, para $L \in \mathbb{R}$.

Durante as trocas, os indivíduos adquirem créditos para serviços que eles realizam, e débitos para serviços que outros o realizam em seu favor. O balanço dos valores de trocas permite aos agentes observar o seu estado interno (entre cada par de agentes) e reagir na busca do estado almejado (exemplo., tentar atingir o equilíbrio, alcançar altos créditos ou débitos).

Assim, uma troca social entre dois agentes α e β apresenta dois tipos de estágios trocas. No primeiro $I_{\alpha\beta}$, o agente α realiza um serviço para o agente β . Os valores de trocas envolvidos neste processo são os seguintes: $r_{I_{\alpha\beta}}$ é o valor do investimento feito por α na realização de um serviço para β (um valor de investimento é sempre negativo); $s_{I_{\beta\alpha}}$ é o valor de satisfação de β pelo serviço recebido de α ; $t_{I_{\beta\alpha}}$ é o valor do débito adquirido por β para com α pela satisfação com o serviço recebido; e $v_{I_{\alpha\beta}}$ é o valor de crédito que α adquiriu com β pela realização do serviço.

No segundo $II_{\alpha\beta}$, o agente α solicita o pagamento do serviço realizado anteriormente para β , e os valores gerados nesta troca são: $v_{II_{\alpha\beta}}$, $t_{II_{\beta\alpha}}$, $r_{II_{\beta\alpha}}$ e $s_{II_{\alpha\beta}}$, que possuem significado semelhante aos valores do estágio $I_{\alpha\beta}$. Os valores de troca $r_{I_{\alpha\beta}}$, $s_{I_{\beta\alpha}}$, $r_{II_{\beta\alpha}}$, e $s_{II_{\alpha\beta}}$ são chamados de valores materiais, e $t_{I_{\beta\alpha}}$, $v_{I_{\alpha\beta}}$, $t_{II_{\beta\alpha}}$, e $v_{II_{\alpha\beta}}$ são chamados de valores virtuais. Não há uma ordem na ocorrência dos estágios de trocas $I - II$.

Piaget modelou as trocas sociais objetivando uma formalização para regras que determinam o equilíbrio das trocas sociais.

Regra $I_{\alpha\beta}$: $(r_{I_{\alpha\beta}} = s_{I_{\beta\alpha}}) \wedge (s_{I_{\beta\alpha}} = t_{I_{\beta\alpha}}) \wedge (t_{I_{\beta\alpha}} = v_{I_{\alpha\beta}})$, condição de equilíbrio interno deste estágio, implicando que $r_{I_{\alpha\beta}} = v_{I_{\alpha\beta}}$.

Regra $II_{\alpha\beta}$: $(v_{II_{\alpha\beta}} = t_{II_{\beta\alpha}}) \wedge (t_{II_{\beta\alpha}} = r_{II_{\beta\alpha}}) \wedge (r_{II_{\beta\alpha}} = s_{II_{\alpha\beta}})$, condição de equilíbrio interno do estágio $II_{\alpha\beta}$, implica que $v_{II_{\alpha\beta}} = s_{II_{\alpha\beta}}$.

Regra $I_{\alpha\beta}II_{\beta\alpha}$: $v_{I_{\alpha\beta}} = v_{II_{\alpha\beta}}$, condição de equilíbrio externo entre dois estágios $I_{\alpha\beta}$ e $II_{\alpha\beta}$, implicando que $r_{I_{\alpha\beta}} = s_{II_{\alpha\beta}}$.

Os resultados materiais, levando-se em conta os pontos de vista de α e β , de um processo de troca social entre tais agentes, ocorrido durante um intervalo de tempo T , são dados pela soma de valores materiais envolvidos no processo, e denotados por $m_{\alpha\beta}^T$ e $m_{\beta\alpha}^T$, respectivamente.

$$m_{\alpha\beta}^T = (r_{I_{\alpha\beta}}^T + s_{II_{\alpha\beta}}^T + r_{II_{\alpha\beta}}^T + s_{I_{\alpha\beta}}^T)$$

Analogamente, os resultados virtuais $v_{\alpha\beta}$ e $v_{\beta\alpha}$ são definidos.

Os resultados gerais envolvem todos os valores de trocas, são obtidos por:

$$g_{\alpha\beta}^T = (m_{\alpha\beta}^T + v_{\alpha\beta}^T) \quad g_{\beta\alpha}^T = (m_{\beta\alpha}^T + v_{\beta\alpha}^T)$$

Os processos de trocas sociais entre um par de agentes α e β é dito estar no equilíbrio se:

$$g_{\alpha\beta}^T \cong 0 \quad \text{e} \quad g_{\beta\alpha}^T \cong 0$$

Em qualquer sistema dinâmico em que a noção de *equilíbrio* possa ser definida, dois conceitos imediatamente se aplicam, o conceito de desvio e de compensação. Desvio é qualquer ação que possa levar o sistema ao desequilíbrio. Compensação é qualquer ação que possa levar o sistema do estado de desequilíbrio ao equilíbrio. Regulação é o processo de determinar que compensação escolher, em dado momento, para compensar um desvio, quando o sistema está desequilibrado.

3. Mecanismo de Regulação

Neste trabalho modelou-se um agente supervisor de equilíbrio com capacidade de observar as trocas entre os agentes e de tempos em tempos emitir recomendações de interações, objetivando o equilíbrio interno do sistema.

O agente supervisor de equilíbrio, como definido em [Dimuro and Costa 2006], a cada instante de tempo, analisa as condições internas e externas do sistema e define o ponto de equilíbrio alvo, avaliando os resultados materiais dos processos de trocas entre cada par de agentes. Também faz sugestões de trocas, com o objetivo de alcançar o equilíbrio material dos processos de trocas. Para isso, o agente supervisor modela as trocas entre cada par de agentes com simultâneos QI-MDPs, e, busca nos valores de trocas virtuais uma forma de decidir que estágio de troca deve sugerir aos agentes.

Para a definição do Processo de Decisão de Markov Qualitativo, considera-se um conjunto de classes de equivalência de resultados materiais possíveis de acordo com uma escala de valores de trocas considerada. Neste trabalho, este conjunto de classes foi simplificado para: $E_s = \{E_s^-, E_s^0, E_s^+\}$, onde E_s^- , E_s^0 , E_s^+ são as representações do supervisor das classes de resultados desfavoráveis (E_s^-), equilibrados (E_s^0) e favoráveis (E_s^+) de trocas realizadas.¹

Os estados do modelo são os pares $(E_{\alpha\beta}, E_{\beta\alpha})$ de classes de equivalência dos resultados materiais das trocas entre os agentes α e β , sob os pontos de vista de α e β , respectivamente. O estado terminal do sistema é o estado de equilíbrio $(E_{\alpha\beta}^0, E_{\beta\alpha}^0)$.

As ações são definidas como transições de estado $(E_{\alpha\beta}^i, E_{\beta\alpha}^j) \rightarrow (E_{\alpha\beta}^{i'}, E_{\beta\alpha}^{j'})$, com $i, i', j, j' \in \{-, 0, +\}$, que podem ser dos seguintes tipos: *ação de compensação* (denotada por $C > 0$ ou $C < 0$, para compensações positivas ou negativas, respectivamente), que dirija as trocas dos agentes ao ponto de equilíbrio; *ação vá para frente* (denotada por F_k , onde k é um número de passos), que os dirija a aumentar os resultados materiais; *ação vá para trás* (denotada por B_k , onde k é o número de passos), que os dirija a diminuir os resultados materiais.

O supervisor tem que determinar, para o estado atual do sistema $(E_{\alpha\beta}^i, E_{\beta\alpha}^j)$, a ação que puder conduzi-lo ao estado terminal $(E_{\alpha\beta}^0, E_{\beta\alpha}^0)$. Isto gera a política ótima [Puterman 1994] do processo de decisão, que aqui se refere como o conjunto de recomendações ótimas. Uma recomendação ótima consiste de um estágio de troca parcialmente definido, sugerido pelo supervisor para ser executado pelos agentes, com objetivo de conduzi-los ao equilíbrio (estado terminal). Esta definição parcial será finalizada com uma análise dos resultados parciais, que permite a especificação dos estágios de trocas (I ou II) que deve ser executado.

Um esquema simplificado de parte desse conjunto de recomendações ótimas está mostrado na Tabela 1, onde r representa o valor de investimento associado a um serviço realizado por um agente e s o valor da satisfação do agente que se beneficiou de tal serviço. Observe que essa política é não determinística.

Neste trabalho, para a modelagem do agente supervisor, simplificou-se o processo de decisão de Markov, extraíndo da política ótima regras a serem utilizadas nos planos do agente BDI Supervisor, que, a partir de seu conjunto de crenças sobre o estado atual (balanços materiais das trocas realizadas até o momento) do sistema, determina uma recomendação para os agentes.² Na Figura 1, mostra-se um plano do agente supervi-

¹A lista completa das classes do modelo, assim como de todos os outros parâmetros do processo de decisão QI-MDP, simplificado nesta seção, encontra-se em [Dimuro and Costa 2006]

²Abordagens híbridas BDI-MDP foram analisadas em [Nair and Tambe 2005, Simari and Parsons 2006], onde as vantagens de sua utilização, quando possível, foram discutidas.

Tabela 1. Recomendações Ótimas

Estados	Recomendações
(E_-, E_+)	$(s_\alpha = C > 0, r_\beta = C < 0)$
(E_+, E_+)	$(r_\alpha = C < 0, s_\beta = C < 0)$ ou $(s_\alpha = C < 0, r_\beta = C < 0)$
(E_+, E_0)	$(r_\alpha = C < 0, s_\beta = 0)$
(E_-, E_0)	$(r_\alpha = B_1 < 0, s_\beta = F_1 > 0)$ ou $(s_\alpha = F_k > 0, r_\beta = B_1 < 0)$

```

+!recomendar(alfa,beta,Id_Troca): ((Num_Rec(X) & Num_Troc(T)) & X = T)
    % verifica se deve emitir uma recomendação na troca T
<-?vtroca(alfa,beta,R_alfa,S_alfa,T_alfa,V_alfa,R_beta,S_beta,T_beta,
    V_beta);
    % busca os balanços atuais dos valores de troca dos agentes
lib.recomendacao(R_alfa,S_alfa,T_alfa,V_alfa,R_beta,S_beta,T_beta,
    V_beta, REC1,REC2,REC3,REC4,TP);
    % calcula os valores e tipo de troca a serem recomendados
!envrecom(alfa,beta,RC1,RC2,RC3,RC4,T,TP);
    % envia a recomendação
?cti(Z); +-cti(Z+1) % determina o momento da próxima recomendação

```

Figura 1. Um plano do agente supervisor

sor, com objetivo de gerar uma recomendação de troca, onde `lib.recomendacao` é um método constituído de regras do tipo (IF-THEN), extraídas da política ótima. Detalhes de implementação podem ser encontrados em [Gonçalves and Dimuro 2006].

A Figura 2 mostra um diagrama de colaboração envolvendo uma troca entre um par de agentes, e o supervisor, onde este emite uma recomendação de troca do estágio II.

Embora os agentes reconheçam as recomendações ótimas do agente supervisor de equilíbrio, eles são conduzidos pelos seus traços de personalidades e níveis de obediência. Isto significa que existe uma probabilidade que o sistema atinja outro estado, diferente do sugerido pelo supervisor de equilíbrio, e assim, havendo uma grande quantidade de incerteza sobre os efeitos das recomendações.

4. Agentes Baseado em Personalidades

Com o objetivo de realizar simulações sociais mais realísticas, podemos definir características que diferem os agentes entre si, como, por exemplo, traços de personalidades [Castelfranchi et al. 1998], níveis de poder e obediência [Coelho and Coelho 2003], estratégias de negociação [Franco and Costa 2007], entre outras. Em [Dimuro et al. 2006b, Dimuro et al. 2006b] modelaram-se alguns traços de personalidades para os agentes, com base nas preferências que estes podem ter com relação às trocas que realizam.

Um dos aspectos que podem ser trabalhados em traços de personalidades são as atitudes dos agentes perante os possíveis lucros que buscam obter durante os processos de trocas sociais. Assim, podemos ter os seguintes traços de personalidades:

- Egoísta: agente com alta probabilidade de realizar trocas que lhe traga lucros e benefícios, buscando alcançar estados favoráveis (E_+) para si.

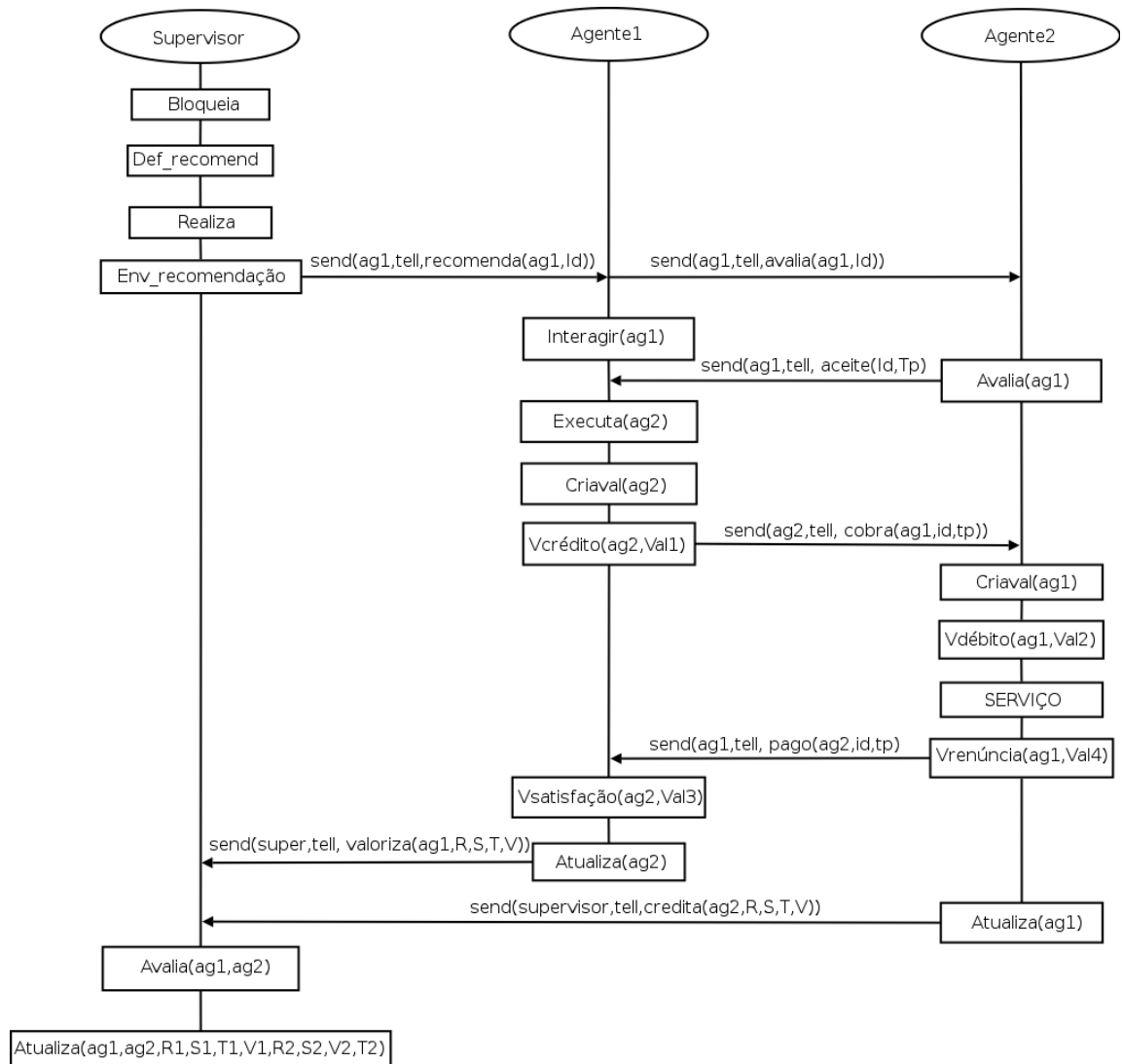


Figura 2. Interação entre os agentes (Supervisor, Agente1 e Agente2), em estágio troca II

- Altruísta: agente com alta probabilidade de realizar trocas que gere lucros e benefícios aos seus parceiros, buscando alcançar estados desfavoráveis (E_-).
- Fanático: agente com altíssima probabilidade de realizar trocas que o leve ao equilíbrio (E_0), evitando outros tipos de trocas que gerem maior ou menor lucro para um dos participantes.
- Tolerante: agente com considerável probabilidade de aceitar qualquer tipo de troca que lhe seja proposta, independentemente de lucros ou prejuízos, não apresentam claramente um estado almejado, mas possuem uma tendência ao estado de equilíbrio.

Neste trabalho, os traços de personalidades apresentados acima foram modelados através de matrizes de transição de estados, que especificam, dado o estado atual (definido pela análise do balanço de valores materiais), e uma distribuição de probabilidade sobre os estados possíveis, qual a probabilidade de um próximo estado ser atingido pelo agente.

A Tabela 2 apresenta a matriz de transição de estados do agente egoísta. Observa-se que, partindo de qualquer estado, todas as transições têm alta probabilidade de convergirem para o estado favorável (E_+). Já a Tabela 3 mostra a matriz de transição de estados do agente altruísta, que busca atingir estados desfavoráveis (E_-) com alta probabilidade.

Tabela 2. Matriz de transição de estados do agente com personalidade Egoísta

.	E_0	E_+	E_-
E_0	0.15	0.7	0.15
E_+	0.15	0.7	0.15
E_-	0.15	0.7	0.15

Tabela 3. Matriz de transição de estados do agente com personalidade Altruísta

.	E_0	E_+	E_-
E_0	0.15	0.15	0.7
E_+	0.15	0.15	0.7
E_-	0.15	0.15	0.7

Para alcançar o estado desejado, os agentes precisam participar de processos de interação (realizando serviços ou aceitando-os). Dessa forma, ocorrerá uma variação nos seus balanços de valores de troca. Assim, com o aceite de um processo de interação, os agentes necessitam definir valores de trocas. Cada agente pode realizar essa tarefa de maneira diferente, seguindo os seus traços de personalidades.

A seguir apresentamos as matrizes para determinação dos valores de trocas dos agentes Egoísta e Altruísta.

- Matriz de renúncia (Tabela 4): o agente egoísta, no processo de realizar serviços para seus parceiros, busca minimizar esta atitude, evitando grandes perdas. Assim, quando necessita realizar um serviço, o faz, mas define baixos valores ou, se for um estágio tipo (II), em que seja cobrado, pode então recusar-se a realizar o serviço com uma probabilidade elevada.
- Matriz de Satisfação (Tabela 5): o agente egoísta, no processo de apresentar satisfações pelas realizações recebidas, visa ampliar seus resultados materiais, definindo altos valores de satisfação.

Nas Tabelas 4, 5, 6 e 7, “Imp” representa que a transição é imprópria, isto é, corresponde a um tipo de troca que não pode ocorrer, e, portanto, não gera valor (por

exemplo, quando um agente não pode aumentar os seus balanços de trocas, pois está realizando um serviço, com valor de investimentos negativo).

Tabela 4. Matriz de valores de trocas referente à renúncia do agente Egoísta.

.	E_0	E_+	E_-
E_0	Nulo	Impp	Baixo
E_+	Baixo	Baixo	Baixo
E_-	Impp	Impp	Nulo

Tabela 5. Matriz de valores de trocas referente à satisfação do agente Egoísta.

.	E_0	E_+	E_-
E_0	Nula	Muito Boa	Ruim
E_+	Ruim	Muito Boa	Ruim
E_-	Boa	Muito Boa	Nula

Para a definição dos valores de trocas virtuais para o agente egoísta utiliza-se a mesma proposta dos valores de trocas materiais.

O traço de personalidade altruísta está modelado pelas matrizes de transição de estados (Tabela 3), e pelas matrizes de valores de trocas (Tabela 6 e 7).

- Matriz de renúncia (Tabela 6): o agente altruísta, no processo de realizar serviços para seus parceiros, busca maximizar esta atitude. Assim, quando necessita realizar um serviço, o faz e define altos valores de investimento, e se for um estágio (II) de troca, onde é cobrado, apresenta baixa probabilidade de recusar a realização do serviço.
- Matriz de Satisfação (Tabela 7): o agente altruísta, no processo de apresentar satisfações pelas realizações recebidas, visa minimizar seus resultados materiais, definindo baixos valores de satisfações.

Tabela 6. Matriz de valores de troca referente à renúncia do agente altruísta.

.	E_0	E_+	E_-
E_0	Nulo	Impp	Alto
E_+	Regular	Regular	Alto
E_-	Impp	Impp	Alto

Tabela 7. Matriz de valores de troca referente à satisfação do agente altruísta.

.	E_0	E_+	E_-
E_0	Nula	Boa	Ruim
E_+	Ruim	Ruim	Muito Ruim
E_-	Boa	Boa	Ruim

A seguir, apresentamos exemplos de transformações de valores qualitativos em intervalares, de acordo com a abordagem adotada.

- Escala **Esc_Int1** para valores de renúncia, que contém os valores qualitativos (Alto, Regular, Baixo, Nulo e Impp). Pode ser representada da seguinte forma: o valor “Nulo” é representado pelo intervalo $[-1,0]$, o valor “Baixo” é representado por $[-4,-1]$, o valor “Regular” é representado por $[-8,-4]$, e o valor “Alto” pelo intervalo $[-11,-8]$ e “Impp” representa uma transição imprópria (se for um estágio do tipo *I*, pode-se atribuir um valor Nulo, e no estágio de troca do tipo *II*, pode ser usado como a referência para recusar a realização de um serviço):

$$\text{Esc_Int1} = ([-11,-8],[-8,-4],[-4,-1],[-1,0])$$

- Escala **Esc_Int2** para valores de satisfação que contêm os valores qualitativos (Péssimo, Muito Ruim, Ruim, Nulo, Bom, Muito Bom e Ótimo).
Pode ser representada pela escala intervalar:

$$\text{Esc_Int2} = ([-11,-8], [-8,-4], [-4,-1], [-1,1], [1,4], [4,8], [8,11])$$

As escalas apresentadas foram geradas utilizando valores arbitrários, com o objetivo de serem utilizadas em simulações de testes. Para simulações de processos de trocas sociais, é necessária uma formalização mais aprofundada.

Outro aspecto relevante na definição de traços de personalidades está relacionado à postura que os agentes assumem perante o mecanismo de regulação. Assim, podemos ter:

- Obediência Cega: os agentes seguem sempre as recomendações do mecanismo de regulação;
- Obediência Eventual: os agentes seguem ou não as recomendações de acordo com certas probabilidades;
- Desconsideração Total das Recomendações: os agentes não as levam em consideração.

Os agentes também podem demonstrar diferentes atitudes com relação à avaliação de seus resultados virtuais, avaliações estas que os agentes relatam ao mecanismo de regulação. Logo, podemos ter os traços de personalidades:

- Realista: agente com alta probabilidade de realizar avaliação correta dos seus valores de débitos e créditos;
- Super-estimador: agente com alta probabilidade de relatar que possui altos valores de créditos e alta probabilidade de relatar que possui baixos valores de débitos;
- Sub-estimador: agente com alta probabilidade de relatar que possui altos valores de débitos e baixos valores de créditos.

As modelagens dos traços personalidades Fanático e Benevolente encontram-se em [Gonçalves and Dimuro 2006], assim como os demais aspectos de personalidades.

5. Simulações

Nas simulações, consideramos agentes com traços de personalidades egoísta, altruísta, fanático e tolerante. Simulamos interações de agentes com o mesmo traço de personalidade e os possíveis cruzamentos.

As simulações foram executadas com diferentes níveis de obediência, fazendo com os agentes tivessem maior ou menor liberdade para alcançarem seus objetivos internos. Nas simulações apresentadas a seguir foram realizadas 80 interações entre os agentes, sendo algumas destas recomendações definidas pelo agente supervisor, e as demais definidas pelos próprios agentes, ficando a critério de seus parceiros a decisão de aceitarem ou não as interações. Outros tipos de simulações podem ser encontradas em [Gonçalves and Dimuro 2006].

Os gráficos apresentados são relações entre o balanço dos valores de trocas materiais dos agentes, com as devidas interações que os geraram. Para sua representação gráfica, utilizou-se o ponto médio do balanço material de cada agente. Dividiu-se o gráfico em três zonas: zona de equilíbrio $[-1,1]$; zona favorável $]1,+\infty[$; e zona desfavorável $]-\infty,-1[$.

Estes gráficos apresentam em seu eixo das abscissas dois patamares que representam os pontos médios dos balanços dos valores de troca (-10 e 10), e no eixo das coordenadas utilizou-se uma representação em escala de 1 x 10 interações realizadas.

5.1. Simulação com Agentes Egoístas

A Figura 3 apresenta uma simulação envolvendo dois agentes egoístas, que realizam trocas durante o intervalo de 80 interações. Neste período, os agentes estiveram livres para aceitarem ou não trocas. Nesta simulação, utilizou-se um nível de regulação em torno de 5% ou seja, o agente supervisor emitiu 4 recomendações (instantes 20,40,60,80) durante o processo troca.

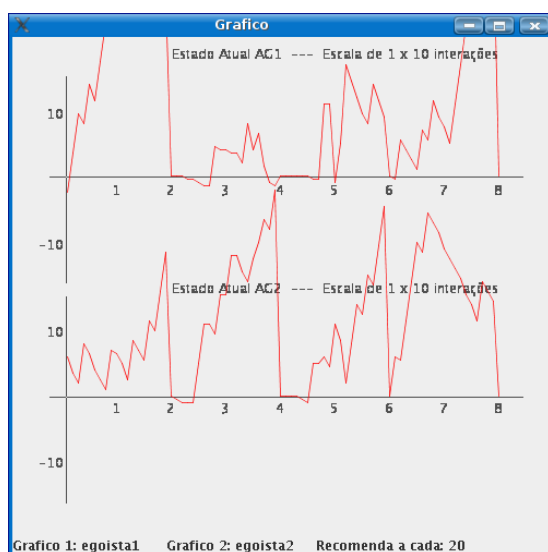


Figura 3. Agentes Egoístas (obediência de 5%)

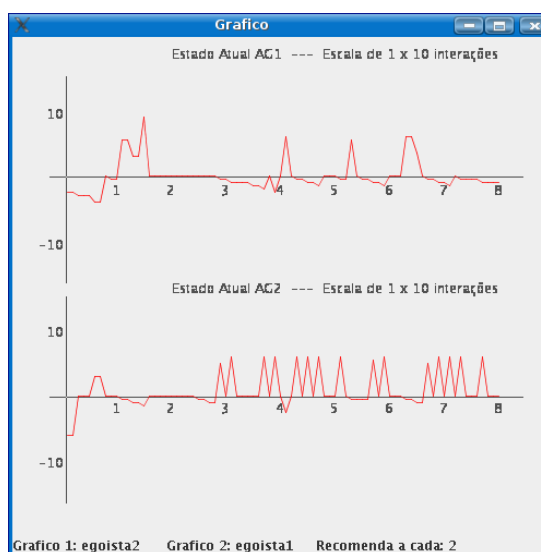


Figura 4. Agentes Egoístas (obediência de 50%)

O primeiro gráfico na Figura 3 pertence ao agente egoísta1. Nele podemos ver a intenção do agente pela busca do estado favorável. Em quase todo decorrer do processo de interação, o agente encontra-se na zona de balanço material positivo. Isto é viável, pois o agente apresenta altos valores de satisfação (picos) e pequenos valores de renúncia (declives).

As zonas de estabilidades no gráfico representam recusas dos agentes ou valores nulos. Na simulação apresentada temos um recusa de 10% nas interações. Agentes egoístas apresentam uma probabilidade relativamente baixa de recusarem trocas, uma vez que estando em estados favoráveis, não apresentam probabilidade de recusarem a realização de serviços. Essa característica diminui à medida que o supervisor passa atuar com maior intensidade, coibindo o agente de alcançar o estado favorável. Conforme pode ser visto na Tabela 8, em que na primeira coluna temos o número de recomendações executadas pelo agente supervisor, na segunda temos as recusas dos agentes as recomendações do supervisor, na terceira temos as recusas entre os agentes egoísta, e, por fim, temos a porcentagem total de recusa ocorridas durante todo o processo.

Com um nível de supervisão de 50%, ou seja, das 80 interações realizadas, 40 foram recomendações do agente supervisor, pode-se notar um grande aumento no número

Tabela 8. Tabela de recusas dos Agentes Egoístas

Recomendações	Supervisor	Parceiros	Porcentagem
1	0	4	5%
4	0	8	10%
8	1	9	12.5%
16	2	10	15%
40	16	10	32.5%

de recusas dos agentes, em torno de 32.5% (logo, 26 interações foram recusadas). Isto se deve ao fato que com um nível de supervisão maior, os agentes egoístas não conseguem alcançar estados favoráveis, e a solicitação de novas interações (trocas) que os façam alcançar o estado desfavorável são rejeitadas por estes. A Figura 4 apresenta os gráficos dessa simulação.

5.2. Simulação com Agentes Altruístas

A Figura 5 apresenta uma simulação envolvendo dois agentes altruístas. Nesta simulação, utilizou-se um nível de supervisão em torno de 20%, ou seja, o agente supervisor emitiu 16 recomendações (de 5 em 5 interações) durante o processo troca.

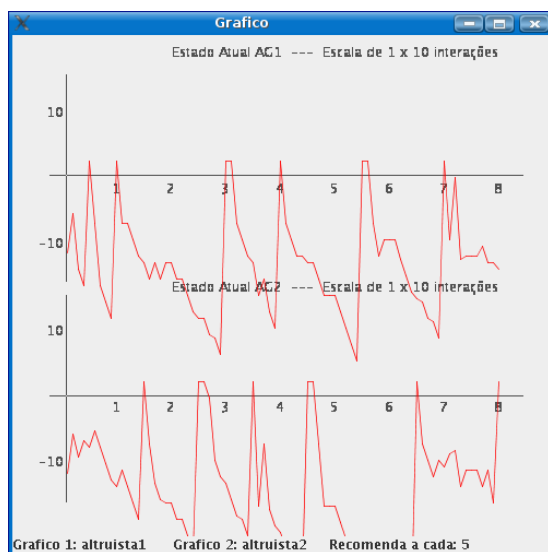


Figura 5. Agentes Altruístas (obediência de 20%)

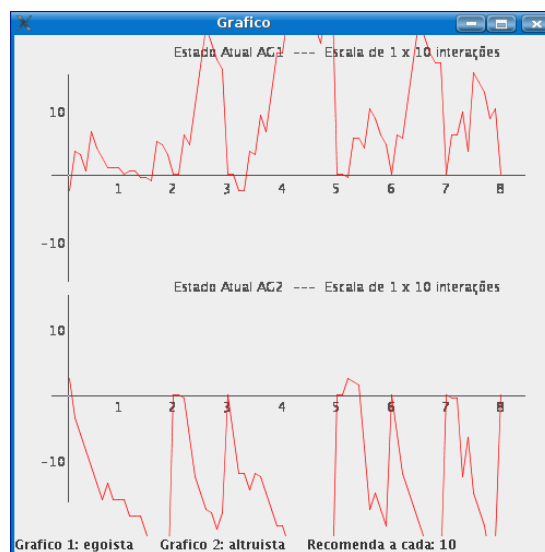


Figura 6. Agentes Egoísta e Altruísta (obediência de 10%)

Agentes altruístas apresentam uma grande dificuldade ao sistema de regulação, devido ao seu traço de personalidade ser muito agressivo na busca de estados desfavoráveis, emitindo altos valores de renúncia e baixos valores de satisfação. Estes agentes conseguem ao mesmo tempo chegar em estados desfavoráveis. Assim, o agente supervisor necessita definir uma recomendação em que um dos agentes deve executar uma ação com um valor de renúncia pré-definido e o outro deve apresentar uma satisfação também pré-definida. Desta forma, somente o agente que receber a ação de compensação conseguirá atingir o estado de equilíbrio, e o que deverá realizar a ação vai adentrar ainda mais no

estado desfavorável. Como a troca seguinte é espontânea, ambos voltam a buscar o estado desfavorável, inviabilizando a busca pelo estado de equilíbrio. Esta incapacidade pode ser resolvida por um processo de decisão de dois passos, em que cada recomendação é composta de duas interações sucessivas. Este traço de personalidade não apresenta recusas, já que estão sempre prontos a realizar ações. A Figura 5 apresenta esta simulação.

5.3. Simulação entre um Agente Egoísta e outro Altruísta

O agente egoísta tem uma boa relação com o agente altruísta, já que os seus interesses são contraditórios, facilitando a busca do agente egoísta pelo estado favorável dos seus balanços materiais e a do agente altruísta pelo estado desfavorável. A Figura 6 apresenta a interação entre os respectivos agentes. Nesta interação, os agentes apresentaram um percentual de 20% de recusa nas interações (16 recusas), das quais apenas uma foi ao sistema de recomendação (agente supervisor), ocorrida na interação 80. Utilizou-se um nível de obediência de 10%, ou seja, a cada nove interações livres dos agentes, o sistema de regulação executa uma recomendação.

6. Conclusões

Este trabalho descreveu um simulador de trocas sociais baseadas em personalidades, com um mecanismo de regulação implementado segundo o conceito de supervisor de equilíbrio, onde um agente tem a função de administrar as interações sociais que ocorrem no sistema multiagentes. Consideramos trocas sociais entre pares de agentes com traços de personalidades distintas, e diferentes níveis de obediência ao sistema de regulação.

O simulador de trocas sociais apresentou-se como uma ferramenta viável e eficiente para análise da regulação das interações em sistemas multiagentes. A estratégia de simplificar a política ótima nos planos dos agentes mostrou-se eficiente nesta aplicação, abrindo a possibilidade de se considerar viável abordagens híbridas BDI-MDP.

O simulador desenvolvido pode ser estendido para aplicações diversas, pois o agente supervisor e os agentes com traços de personalidades estão estruturados de forma genérica. A modelagem e implementação dos traços de personalidades mostraram a possibilidade de sua aplicação em sociedades virtuais espelhadas em sociedades reais.

Como trabalho futuro, pretende-se explorar um ambiente parcialmente observável, onde o mecanismo de regulação é descentralizado e internalizado em cada agente, onde processos de decisão parcialmente observáveis deverão ser considerados. Neste caso, dada a complexidade desses modelos, pretende-se também explorar uma abordagem híbrida BDI-MDP. Com isso, pretende-se viabilizar aplicações no desenvolvimento de *jogos sérios* ou *jogos de empresas*.

Agradecimentos

Este projeto foi parcialmente financiado pela FAPERGS. Agradecemos aos revisores pelas sugestões.

Referências

Bordini, R. H.; Hübner, J. F. (2004). Jason: a java-based agentspeak interpreter used with saci for multi-agent distribution over the net. (<http://jason.sourceforge.net/>).

- Bordini, R. H. and Moreira, A. F. (2006). BDI agent programming in agentspeak using jason. In Toni, F. and Torroni, P., editors, *Comp. Logic in Multi-Agent Systems: 6th Intl. Work, London, 2005*, number 3900 in LNCS, pages 143–164. Springer, Berlin.
- Castelfranchi, C., Rosis, F., Falcone, R., and Pizzutilo, S. (1998). Personality traits and social attitudes in multiagent cooperation. *Applied Artificial Intelligence*, 12:649–675.
- Coelho, F. and Coelho, H. (2003). Towards individual power design: Rediscovering the will of acting agents. In *Proc. Encontro Port. Inteligência Artificial, EPIA'03*, Beja.
- Costa, A. C. R. and Dimuro, G. P. (2004). The case for using exchange values in the modelling of collaborative learning interactions. In Mostow, J. and Tedesco, P., editors, *Proc. of II Intl. Work. on Designing Computational Models of Collaborative Learning Interaction (at 7th ITS)*, pages 19–24, Maceió.
- Dimuro, G. P. and Costa, A. C. R. (2006). Exchange values and self-regulation of exchanges in multi-agent systems: the provisory, centralized model. In Brueckner, S., Serugendo, G. M., Hales, D., and Zambonelli, F., editors, *Proc. of the Work. on Engineering Self-Organizing Applications (at AAMAS'05), ESOA'05, Utrecht, 2005*, number 3910 in LNAI, pages 75–89. Springer, Berlin.
- Dimuro, G. P., Costa, A. C. R., Gonçalves, L. V., and Hübner, A. (2006a). Centralized regulation of social exchanges between personality-based agents. In Boella, G., Boissier, O., Matson, E., and Vazquez-Salceda, J., editors, *Work. Coordination, Organization, Institutions and Norms in Agent Systems, Riva del Garda, 2006, Revised Selected Papers*, LNAI, Berlin. Springer.
- Dimuro, G. P., Costa, A. C. R., Gonçalves, L. V., and Hübner, A. (2006b). Regulating social exchanges between personality-based non-transparent agents. In Gelbukh, A. and Reyes-Garcia, C. A., editors, *MICAI 2006: Advances in Artificial Intelligence, Proceed. of 5th Mexican Intl. Conf. on Artificial Intelligence, Apizaco, 2006*, number 4293 in LNCS, pages 1105–1115, Berlin. Springer.
- Dimuro, G. P., Costa, A. C. R., and Palazzo, L. A. M. (2005). Systems of exchange values as tools for multi-agent organizations. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 11(1):31–50. Special Issue on Agents' Organizations.
- Franco, M. H. I. and Costa, A. C. R. (2007). Towards a protocol for negotiations about exchange values involved in multiagent interactions. In *Proc. of CMNA - Work. on Computational Models of Natural Argumentation, at IJCAI 2007*, Hyderabad.
- Gonçalves, L. V. and Dimuro, G. P. (2006). Regulação de interações em sistemas multiagentes: um sistema para simulação de trocas sociais entre agentes baseados em personalidades. Monografia de conclusão de curso, Escola de Informática, Universidade Católica de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil.
- Hübner, J.F. Bordini, R. V. R. (2004). Introdução ao desenvolvimento de sistemas multiagentes com jason. In Itakura, F. T., Hauagge, J. M., Agner, L. T. W., Bim, S. A., and Soares, I. W., editors, *Anais ERI - SBC*, pages 51–89, Guarapuava. UNICENTRO.
- Moore, R. E. (1966). *Interval Analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Nair, R. and Tambe, M. (2005). Hybrid BDI-POMDP framework for multiagent teaming. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 23:367–420.

Piaget, J. (1995). *Sociological Studies*. Routledge, London.

Puterman, M. L. (1994). *Markov Decision Processes*. Wiley, New York.

Simari, G. I. and Parsons, S. (2006). On the relationship between MDPs and the BDI architecture. In Nakashima, H., Wellman, M. P., Weiss, G., and Stone, P., editors, *AAMAS*, pages 1041–1048. ACM.