

## 6 Experimento

Este capítulo descreve um experimento que tem como objetivo verificar o desempenho do modelo de reputação híbrido proposto nesta dissertação. Nosso modelo pretende resolver o problema da dificuldade de se obter reputações confiáveis de agentes e desta forma evitar os agentes que não se comportam como deveriam. Em sistemas multi-agentes abertos de larga escala, o grande número de agentes participantes dificulta a obtenção de informações sobre o comportamento de agentes com quem nunca interagiu ou a criação de avaliações consistentes de agentes com quem já interagiu. Nossa abordagem oferece organizações capazes de avaliar a reputação dos agentes de software de uma aplicação e de fornecer estas reputações. Mesmo sem nunca ter interagido com o agente e sem ter procurado agentes que já interagiram e sem necessitar julgar as reputações certificadas, é possível obter a reputação de um agente consultando as organizações.

### 6.1. O Modelo de Referência

Para analisar o modelo de reputação proposto, definimos um experimento onde comparamos o modelo híbrido proposto com um modelo de reputação descentralizado também baseado em testemunhas. Dentre todos os modelos pesquisados, REGRET e FIRE se destacam pois são frequentemente citados por outros autores e implementam modelos descentralizados baseado em testemunhas. No experimento optamos pelo uso do REGRET devido a dois principais pontos. O primeiro está relacionado com o modelo descentralizado simples implementado nestas abordagens. Este modelo foi proposto inicialmente por REGRET e o modelo utilizado por FIRE se baseia nesta proposta. O segundo ponto está relacionado com a facilidade de implementação do modelo proposto. Embora tenhamos entrado em contato com os autores do REGRET e FIRE, não foi possível obter uma implementação de nenhuma das duas abordagens. Estes propuseram que implementássemos os modelos nos baseando nos artigos

publicados. Optamos pelo REGRET pois seus artigos estão mais detalhados facilitando assim o entendimento do modelo e sua implementação.

## 6.2. Metodologia

Os elementos principais de um experimento são os objetivos, as hipóteses e as variáveis independentes e dependentes [3][29]:

- Os *objetivos* compreendem o propósito geral do experimento, indicando onde se pretende chegar. Compreendem também características observáveis e mensuráveis que irão contribuir para alcançar o objetivo geral.
- As *hipóteses* são suposições que antecedem a constatação dos fatos. São importantes porque dirigem o experimento indicando o que deve ser investigado.
- As *variáveis independentes* são aquelas que influenciam ou determinam as variáveis dependentes. Uma variável independente é conhecida como um fator ou causa para chegar a um resultado ou efeito.
- As *variáveis dependentes* são os resultados ou os efeitos a serem explicados. As variáveis dependentes variam na medida em que as variáveis independentes são modificadas.

O experimento consiste em um ambiente artificial para simular interações entre agentes de software. Os resultados das interações são as informações utilizadas para comparar o desempenho de cada modelo de reputação. Segundo [33], a simulação é um método controlado que tem como principal limitação a dificuldade de saber se o ambiente simulado corresponde ao ambiente real.

## 6.3. O Experimento

Nosso experimento consiste em um pequeno ambiente artificial para simular interações entre agentes contratantes e agentes que oferecem o serviço de transporte e consolidação de cargas. Este domínio foi o mesmo utilizado no segundo estudo de caso do capítulo 5. Os agentes contratantes utilizam

mecanismos distintos de reputação para dar suporte a seleção do melhor agente consolidador de cargas.

### **6.3.1. Definição dos Objetivos**

O objetivo do experimento é verificar se os agentes que utilizam o modelo de reputação híbrido conseguem obter melhores resultados ao interagir com outros agentes, através de um simulador de interações entre agentes.

Tendo como base os resultados de cada uma das cinco simulações realizadas, o objetivo da medição é analisar o desempenho dos agentes contratantes ao selecionar os parceiros consolidadores: (i) quando não utilizam nenhum modelo de reputação e selecionam os parceiros aleatoriamente, (ii) quando utilizam apenas o mecanismo de reputações subjetivas armazenadas (*direct trust*) do modelo REGRET, (iii) quando utilizam o mecanismo de reputação subjetiva e de testemunhos de reputações também oferecidos pelo REGRET e (iv) quando utilizam os mecanismos do modelo híbrido proposto nesta dissertação.

Para um melhor entendimento dos resultados é importante destacar sob qual circunstância o agente contratante fez a escolha do agente consolidador: (i) o contratante nunca interagiu com o agente selecionado; (ii) o contratante já interagiu há algum tempo com o agente consolidador; e (iii) o contratante interagiu recentemente com o agente consolidador. Considerando essas circunstâncias, para fazer a análise do desempenho dos agentes contratantes deverá ser caracterizado:

- A quantidade de vezes na qual o agente contratante selecionou de fato o melhor agente entre aqueles consolidadores disponibilizados pelo simulador
- O aproveitamento do agente contratante após interagir com o agente contratado, considerando sua atuação.

As expectativas para os resultados deste experimento seguem as seguintes hipóteses:

**Hipótese 1** - Os agentes contratantes que utilizam nosso modelo escolhem mais vezes os melhores parceiros nas interações, quando o parceiro é desconhecido ou quando já interagiu há algum tempo com ele.

**Hipótese 2** - Os agentes contratantes que utilizam o REGRET e REPORT têm o mesmo desempenho quando o contratante interagiu recentemente com o agente consolidador, uma vez que utilizam o mesmo mecanismo (*direct trust*)

**Hipótese 3** - De uma forma geral, o aproveitamento dos agentes contratantes que utilizam nosso modelo é melhor mesmo quando o número total de agentes participantes da simulação aumenta.

### 6.3.2. Variáveis Independentes

As variáveis independentes constituem a causa ou o tratamento do processo de experimentação [29]. O conjunto das variáveis independentes, apresentado na tabela 9, define o ambiente de simulação de interações entre os agentes contratantes e consolidadores.

Variável	Conteúdo	Descrição
simulation	[ 1, 5 ]	número simulação
session	[ 1, 100 ]	número sessão
customer	[ 1, 48 ]	número ag contratante
consolidator	[ 25, 400 ]	número ag consolidador
profileCustomer	{Random, Direct Trust, DT+Witness,DT+REPORT}	tipo de mecanismo reputação utilizado pelo ag contratante
profileconsolidator	{Random,Bom, Ruim}	perfil do ag consolidador
deliverLate	[ -1, 1 ]	item de contrato deliver_late, define se houve atraso na entrega
damageGoods	[ -1, 1 ]	item de contrato damage_goods, define se houve dano ao produto
alterShipping	[ -1, 1 ]	item de contrato alter_shipping, define se houve alteração na data de embarque
normPower	[ 0, 1 ]	poder da norma, informa quanto uma violação vai influir na reputação
totalTime	[ 1, 100 ]	tempo total em sessões na qual a violação vai influenciar na reputação
relapse	[ 0, 1 ]	fator de reincidência que faz aumentar a influência da violação
confession	[ 0, 1 ]	Fator atenuante no caso de confissão

Tabela 9. Variáveis independentes

O ambiente do experimento é definido pelo número de simulações, número de sessões, número de agentes contratantes e consolidadores, assim como os seus

respectivos perfis. Foram realizadas cinco simulações, com 100 sessões cada uma. Em cada sessão o simulador sorteia 6 agentes consolidadores e os agentes contratantes devem selecionar o melhor agente consolidador entre os seis disponíveis para interagir. Cada simulação contou com uma quantidade total diferente de agentes consolidadores. A primeira simulação contou com 25 agentes consolidadores e a cada simulação o número de agentes dobrou até chegar em 400 agentes consolidadores na quinta e última simulação. A figura 30 mostra os participantes do experimento.

Existem três perfis de agentes consolidadores, definidos da seguinte forma:

- *Random*: São agentes consolidadores que às vezes cometem violações.
- *Bom*: São agentes bons, nunca cometem violações.
- *Ruim*: Agentes que sempre cometem violações violando pelo menos um item do contrato (*deliverLate*, *damageGoods*, *alterShipping*).

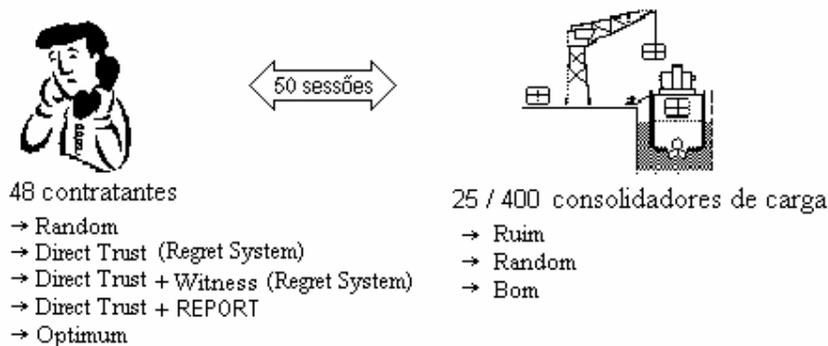


Figura 30. Participantes do Experimento

São sempre um total de 48 agentes contratantes, 12 agentes para cada tipo de algoritmo de reputação, cujos perfis estão definidos abaixo:

- *Random*: São agentes que escolhem um agente consolidador de maneira aleatória independentemente de terem ou não interagido com o agente antes.
- *Direct Trust*: São agentes dotados do mecanismo de cálculo da reputação subjetiva *direct trust* do sistema REGRET. Este mecanismo utiliza o histórico de interações diretas para saber se o agente consolidador é confiável ou não. O sistema REGRET está detalhado na seção 6.3.2.1.

- *Direct Trust + Witness Reputation*: A combinação destes dois mecanismos define o modelo REGRET. A reputação pode ser obtida tanto com base no histórico de interações como através dos testemunhos de outros agentes
- *Direct Trust + REPORT*: A combinação destes dois mecanismos define o modelo híbrido de reputação, que utiliza os testemunhos de violações de normas para saber se o agente consolidador é confiável ou não. O agente utiliza nosso mecanismo podem obter a reputação de um agente com base no histórico de interações armazenado ou consultando a organização onde está executando. Mais detalhes do framework REPORT na seção 6.3.2.4.

Além dos 48 agentes contratantes existe um agente *Optimum* que sempre escolhe a melhor opção possível, ou seja, escolhe sempre o melhor perfil do agente consolidador entre os 6 oferecidos pelo simulador em cada sessão.

### ***Distribuição***

Os diferentes perfis foram distribuídos em quantidades iguais. Por exemplo, na primeira simulação haviam 25 agentes consolidadores, sendo 8 com perfil *Ruim*, 8 com perfil *Bom* e 9 com perfil *Random*. Na última simulação haviam 400, sendo 133 com perfil *Ruim*, 133 com perfil *Bom* e 134 com perfil *Random*. Porém nem todos os agentes participam de uma sessão. Somente 6 agentes são selecionados em cada sessão, sendo 1 do perfil *Ruim*, 1 do perfil *Bom* e 4 do perfil *Random*. O objetivo do agente contratante é conseguir identificar o agente consolidador do perfil *Bom*. A probabilidade de atingir o objetivo sem utilizar um mecanismo de reputação é de 1/6.

Em nosso experimento, os resultados das interações entre os agentes estão especificados de acordo com [23]. O resultado de uma negociação entre dois agentes está representado por *tuplas* no formato  $(a, b, I, t, W)$  onde  $a$  e  $b$  são os agentes que firmaram o contrato (variáveis *customer* e *consolidator*, respectivamente),  $I$  representa um item do contrato (*deliverLate*, *damageGoods* e *alterShipping*),  $t$  o tempo em que o contrato foi cumprido (variável sessão) e  $W$  é o valor que corresponde à impressão do agente contratante, que está julgando cada item do contrato de negociação (variáveis *deliver\_la*, *damage\_go* e *alter\_ship*).

### 6.3.3. Variáveis Dependentes

Os efeitos do experimento podem ser observados através da análise das variáveis dependentes. As variáveis dependentes deste experimento são apresentadas na tabela 10. Os mecanismos de reputação utilizados no experimento, *Direct Trust*, *Witness Reputation* e *REPORT*, são explicados nas próximas subseções.

Variável	Conteúdo	Descrição
dt_dl	[ -1, 1 ]	reputação Direct Trust deliver late
dt_dg	[ -1, 1 ]	reputação Direct Trust damage goods
dt_as	[ -1, 1 ]	reputação Direct Trust alter shipping
dt_deliver	[ -1, 1 ]	Reputação Direct Trust Ontológica englobando os três itens do contrato
circumstance	{Desconhecido, Recente, Algum tempo}	Define em que circunstância o contratante fez a escolha do agente consolidador, considerando o agente selecionado.
result	[-1, 1]	Resultado da interação
witness_rep	[ -1, 1 ]	Reputação segundo as testemunhas selecionadas, média aritmética das reputações dt_deliver adaptadas pelo índice de confiabilidade.
local_rep	[ 0, 1 ]	Reputação segundo as violações de normas oferecidas pelo framework REPORT
bestProfile	{Random,Bom, Ruim}	Perfil do melhor agente consolidador disponibilizado para a sessão
profileChoice	{Random,Bom, Ruim}	Perfil do agente consolidador escolhido
quantSuccess	[ 0, 1200 ]	Quantidade de acertos; número de vezes que o contratante fez a melhor escolha, para cada perfil e circunstância
pctSuccess	[ 0, 100 ]	Percentual de acertos indicando o aproveitamento dos contratantes para cada perfil e circunstância

Tabela 10. Variáveis Dependentes

Após cada interação entre um agente contratante e o agente consolidador selecionado, o simulador gera o resultado de acordo com o perfil do agente consolidador que foi escolhido (*Bom*, *Random* ou *Ruim*). O resultado é disponibilizado imediatamente para que o agente contratante possa alimentar o seu mecanismo de reputação.

A variável *bestProfile* armazena o melhor perfil dentre os seis agentes consolidadores disponibilizados pelo simulador. A variável *profileChoice* armazena o perfil do agente consolidador selecionado pelo agente contratante na interação corrente. Utilizando estas informações é possível obter a variável *quantSuccess* que armazena um valor referente à quantidade de vezes que um agente contratante obteve sucesso, fazendo a melhor escolha. Esta quantidade é

calculada para cada perfil do agente contratante e para cada uma das três circunstâncias na qual o parceiro foi escolhido (se era um agente desconhecido, se interagiu recentemente ou há algum tempo), A variável *pctSuccess* armazena o percentual de aproveitamento dos agentes contratantes, por perfil e circunstância.

#### 6.3.4. Sistema REGRET

No sistema REGRET os tipos de reputação são definidos de acordo com os itens do contrato. Para o nosso exemplo *Consolidador de Cargas* vamos considerar itens relacionados com a entrega de mercadorias por parte do agente consolidador de cargas, portanto teremos os tipos de reputação:

- *deliver\_late*: o valor máximo (1) indica que o agente consolidador entregou as mercadorias na data combinada no contrato
- *damage\_goods*: um valor alto indica que o agente consolidador cuidou da mercadoria da forma adequada durante o transporte, sem entregar produtos avariados.
- *alter\_shipping\_date*: um valor alto indica que o agente consolidador não alterou a data de embarque prevista, portanto não prejudicou o planejamento do contratante.

O sistema REGRET é composto por três dimensões: (i) *individual dimension*, que modela as interações diretas entre agentes através da reputação subjetiva *direct trust*, que é calculada utilizando um conjunto de impressões que um agente tem sobre outro, com base nos resultados de cada item do contrato. (ii) *social dimension*, que utiliza testemunhos enviados por outros agentes, no qual as reputações subjetivas (*direct trust*) são compartilhadas. A dimensão social está representada neste experimento através da *witness reputation*, onde a reputação é construída pelo ponto de vista de alguns agentes da sociedade e (iii) *ontological dimension*, que permite combinar os diferentes tipos da reputação *direct trust*, aqueles relacionados aos itens do contrato, do ponto de vista de um determinado agente. Em nosso exemplo vamos criar um tipo de reputação chamado *deliver* que está relacionado com os tipos *deliver\_late*, *damage\_goods* e *alter\_shipping\_date* conforme a figura 31.

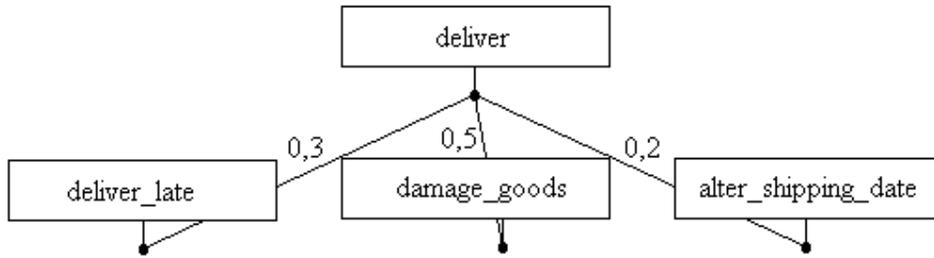


Figura 31. Estrutura Ontológica para o agente consolidador

Um valor alto (próximo de 1) da reputação *deliver* indica que o agente consolidador entrega as mercadorias na data combinada no contrato, em perfeito estado e não costuma alterar as datas de embarque. Repare que o item *alter\_shipping\_date* tem peso 0,2, *deliver\_late* peso 0,3 e o item *damage\_goods* tem peso 0,5. Estamos considerando pesos diferentes para cada item, porque entregar uma mercadoria danificada tem um peso maior do que simplesmente atrasar a entrega da mercadoria ou alterar a data do embarque.

Em nosso experimento vamos utilizar as reputações *direct trust* e *witness reputation*, do tipo *deliver*. Na seção 2 desta dissertação (Trabalhos Relacionados) explicamos como REGRET sugere fazer a identificação das testemunhas mais representativas, utilizando sociogramas (grafos) que representam o comportamento social dos agentes. Em nosso experimento o algoritmo implementado para selecionar as testemunhas é bem mais simples porque com a ajuda do simulador, centralizando todas as informações de todas as sessões, é possível saber quem já interagiu anteriormente com quem. *Witness Reputation* é calculada na nossa simulação através da média aritmética das reputações subjetivas enviadas pelas testemunhas selecionadas.

### 6.3.5. Framework REPORT

Alguns agentes do experimento estão equipados com o modelo de reputação híbrido proposto nesta dissertação, representado pelo mecanismo *direct trust* do REGRET System e também pelo *framework* REPORT. Em nossa abordagem, além dos agentes estarem capacitados com funcionalidades para avaliar o desempenho daqueles agentes com quem interagem, como por exemplo, a reputação subjetiva *direct trust* do sistema REGRET, os agentes também podem utilizar a reputação *local reputation* do *framework* REPORT. Embora existam

outros tipos de reputação oferecidos pelo REPORT, optamos o uso da reputação *local reputation* porque os agentes consolidador só desempenham um único papel e só existe uma única organização.

Como descrito anteriormente, na falta de interações diretas anteriores, a reputação *local reputation* será utilizada, significa que o agente é desconhecido. Se houver interações diretas elas estarão refletidas na reputação *direct trust*. Ainda assim o agente pode consultar a reputação *local reputation*, se a interação aconteceu há algum tempo (mais de 5 sessões).

Os agentes deste experimento, ao detectar violações de normas, podem enviar testemunhos para a organização. A decisão de enviar ou não enviar um testemunho de uma violação é aleatória porém não existem falso testemunhos, todos os testemunhos enviados são considerados verdadeiros. Então, o sistema de julgamento sempre informa ao sistema de reputação que um agente seguramente violou uma norma. A tabela 11 apresenta as três normas criadas para o experimento, relacionadas exclusivamente com a entrega da mercadoria por parte do agente que está desempenhando o papel do consolidador de cargas. A influência das violações na reputação do agente vai variar de acordo com a gravidade da norma, se houve confissão ou então se houve reincidência de violação da mesma norma, segundo os parâmetros da tabela 11.

Normas	Norm Power	Total Time	Relapse
01. Consolidador tem que entregar a carga ao importador em perfeito estado.	1,0	15	0,2
02. Consolidador tem que entregar a carga ao importador no local determinado e no prazo estabelecido.	0,5	10	0,1
03. O consolidador não pode alterar a data de embarque	0,2	10	0,1

Tabela 11. Normas da organização Org 1 - Consolidador de Cargas

### 6.3.6. A simulação

As cinco simulações se diferenciam pela quantidade de agentes consolidadores. A primeira simulação começou com 25 agentes consolidadores. Este número dobra a cada simulação. O objetivo é verificar o desempenho dos mecanismos de reputação na medida em que o número de agentes que oferecem o serviço aumenta.

Em cada simulação acontecem 100 sessões. Em cada sessão da simulação cada um dos 48 agentes contratantes deve selecionar um agente consolidador. Os

agentes contratantes se dividem em quatro perfis diferentes de agentes contratantes (Random, DirectTrust, DT+Witness e DT+REPORT), existindo portanto, 12 agentes contratantes para cada perfil. O total de interações em cada simulação será de 4800 (100 sessões vezes 48 contratantes). Existe um agente contratante de número 49, denominado Optimum, que sempre faz a melhor escolha possível para a sessão. A sessão segue considerando as 3 etapas descritas abaixo:

1. O simulador seleciona aleatoriamente 6 agentes consolidadores diferentes, de um total de 25, 50, 100, 200 ou 400 (dependendo do número da simulação), para participarem da sessão. A escolha segue sempre a seguinte distribuição: 1 agente consolidador com perfil *Bom*, 1 com perfil *Ruim* e 4 com perfil *Random*.
2. Cada agente contratante utiliza o seu algoritmo para fazer a escolha do agente mais confiável, dentre os 6 consolidadores selecionados pelo simulador, conforme descrito abaixo:
  - Optimum - Existe apenas um agente contratante do tipo *Optimum* que é o representante do simulador, ele simplesmente armazena a melhor escolha possível, para servir de parâmetro ao analisar o resultado.
  - Random – O contratante do tipo *Random* simplesmente escolhe aleatoriamente um dos seis agentes consolidadores.
  - Direct Trust – Verifica com quais consolidadores já interagiu anteriormente, dos seis disponibilizados pelo simulador. Utiliza a reputação *dt\_deliver* para fazer a escolha. Quem tiver a melhor reputação é escolhido. Agentes com reputação abaixo de 0,5 são descartados. Se todos forem desconhecidos, escolhe aleatoriamente.
  - DT + Witness – Inicialmente faz o mesmo que os agentes do tipo *Direct Trust*. Porém, a consulta a testemunhos (*witness reputation*) é realizada quando o agente contratante nunca interagiu anteriormente com o agente consolidador ou quando a última interação não for recente (mais de 5 sessões). Com a ajuda do simulador, são oferecidas até cinco testemunhas que já interagiram anteriormente com cada agente desconhecido. Com as reputações repassadas pelas testemunhas o agente faz o cálculo da reputação *witness reputation*. O algoritmo pode ser

observado na figura 32. Note que podem não existir testemunhas que já tenham interagido com o agente e neste caso a seleção do consolidador é aleatória.

- DT + REPORT - Inicialmente faz o mesmo que os agentes do tipo Direct Trust. Porém, quando existem agentes desconhecidos ou agentes com quem interagiram há muito tempo, utiliza o mecanismo REPORT consultando a organização sobre a reputação do agente em questão. O algoritmo pode ser observado na figura 33.
3. O simulador gera o resultado da interação de acordo com o perfil do agente consolidador selecionado por cada agente e disponibiliza os resultados. Cada agente alimenta seu sistema de reputação.

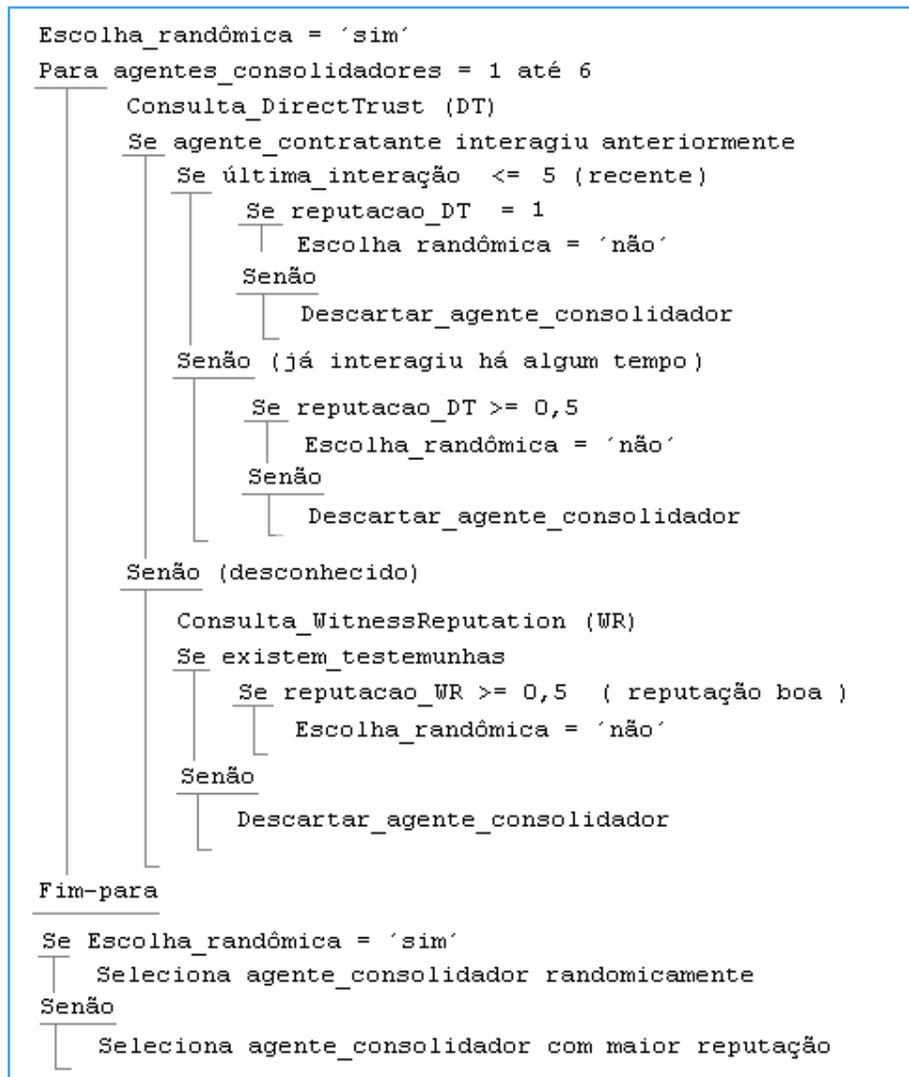


Figura 32. Algoritmo dos agentes que utilizam o REGRET para selecionar o parceiro

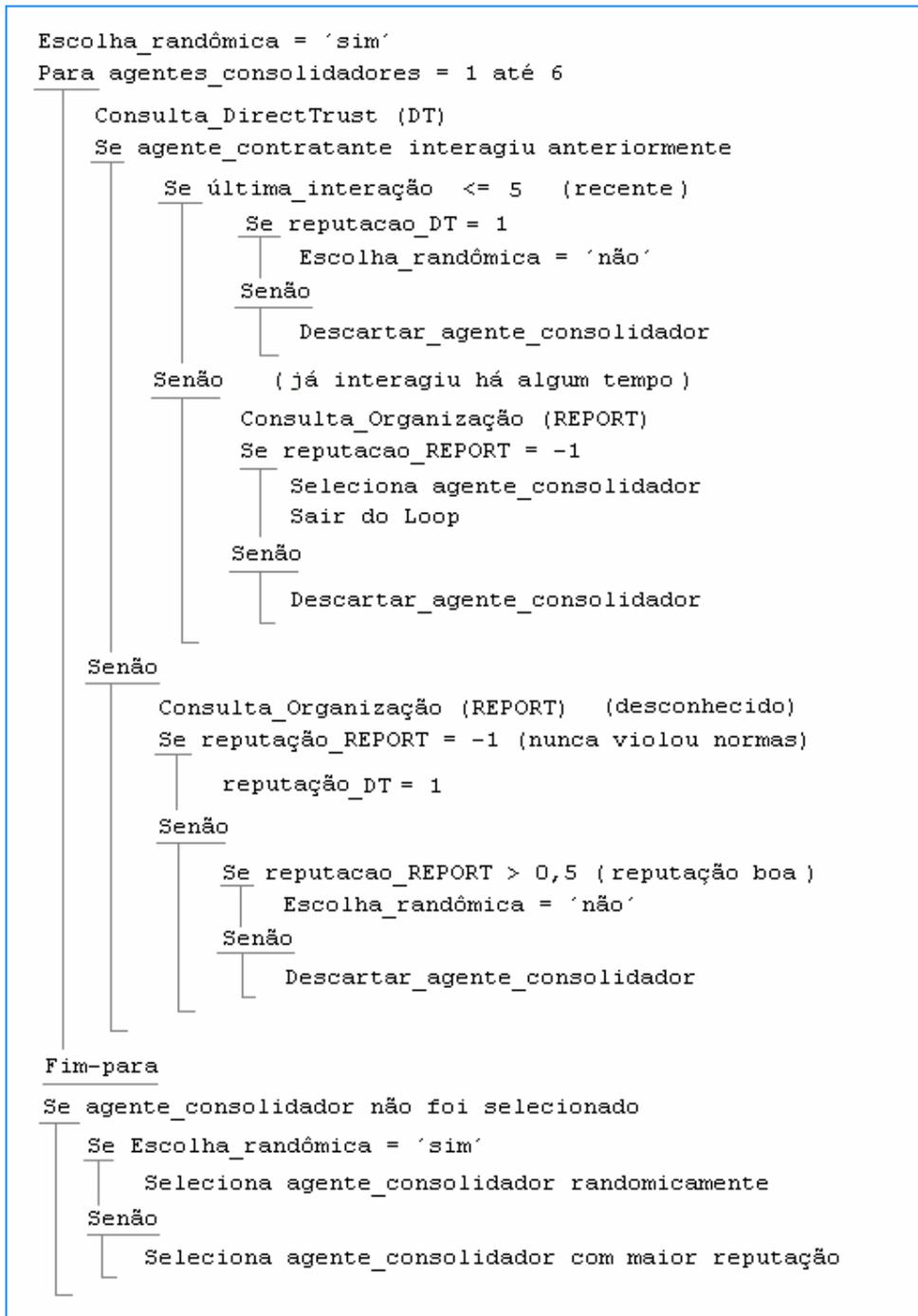


Figura 33. Algoritmo dos agentes que utilizam o REPORT para selecionar o parceiro

## 6.4. Análise dos Resultados

Como já foi dito, o objetivo do experimento é verificar se os agentes que utilizam o modelo de reputação híbrido conseguem obter melhores resultados ao interagir com outros agentes, através de um simulador de interações entre agentes.

Consolidadores escolhidos por simulação,  
segundo o perfil do contratante, do consolidador e da circunstância

Contratante	Simulação (qtd de agentes consolidadores)											
	25		50		100		200		400			
Circunstância	Total	Acertos %	Total	Acertos %	Total	Acertos %	Total	Acertos %	Total	Acertos %		
Optimum	1200	1200	100,00	1200	1200	100,00	1200	1200	100,00	1200	1200	100,00
Bom	1200	1200	100,00	1200	1200	100,00	1200	1200	100,00	1200	1200	100,00
Random	1200	204	17,00	1200	264	22,00	1200	132	11,00	1200	288	24,00
Bom	156	156	100,00	264	264	100,00	120	120	100,00	288	288	100,00
Random	864	48	5,56	732	0	0,00	876	12	1,37	696	0	0,00
Ruim	180	0	0,00	204	0	0,00	204	0	0,00	216	0	0,00
192	0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DireofTrust	1200	1000	83,33	1200	897	74,75	1200	563	46,92	1200	502	41,83
1200	277	23,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Algum Tempo	420	410	97,62	491	483	98,37	278	223	80,22	243	186	76,54
Bom	386	386	100,00	483	483	100,00	220	220	100,00	186	186	100,00
Random	25	24	96,00	8	0	0,00	58	3	5,17	57	0	0,00
Ruim	9	0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desconhecido	257	106	41,25	439	163	37,13	805	268	33,29	899	275	30,59
Bom	96	96	100,00	163	163	100,00	259	259	100,00	275	275	100,00
Random	108	10	9,26	177	0	0,00	369	9	2,44	466	0	0,00
Ruim	53	0	0,00	99	0	0,00	177	0	0,00	158	0	0,00
203	0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recente	523	484	92,54	270	251	92,96	117	72	61,54	58	41	70,69
Bom	482	482	100,00	251	251	100,00	72	72	100,00	41	41	100,00
Random	41	2	4,88	19	0	0,00	45	0	-	17	0	0,00
Ruim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DT+Witness	1200	1128	94,00	1200	1101	91,75	1200	984	82,00	1200	814	67,83
1200	739	61,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Algum Tempo	444	443	99,77	594	591	99,49	499	478	95,79	375	338	90,13
Bom	443	443	100,00	591	591	100,00	478	478	100,00	338	338	100,00
Random	1	0	0,00	3	0	0,00	21	0	0,00	37	0	0,00
Ruim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desconhecido	184	138	75,00	272	192	70,59	551	378	68,60	754	421	55,84
Bom	96	96	100,00	192	192	100,00	367	367	100,00	421	421	100,00
Random	84	42	50,00	73	0	0,00	171	11	6,43	307	0	0,00
Ruim	4	0	0,00	7	0	0,00	13	0	0,00	26	0	0,00
32	0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Recente	572	547	95,83	334	318	95,21	150	128	85,33	71	55	77,46
Bom	543	543	100,00	318	318	100,00	128	128	100,00	55	55	100,00
Random	29	4	13,79	16	0	0,00	22	0	-	16	0	0,00
Ruim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	0	0,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DT+REPORT	1200	1167	97,25	1210	1171	96,78	1200	1156	96,33	1200	1122	93,50
1200	1054	87,83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Algum Tempo	491	491	100,00	659	656	99,54	600	600	100,00	470	470	100,00
Bom	487	487	100,00	656	656	100,00	599	599	100,00	470	470	100,00
Random	4	4	100,00	3	0	0,00	1	1	100,00	-	-	-
Ruim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desconhecido	148	129	87,16	233	204	87,55	431	391	90,72	653	579	88,67
Bom	96	96	100,00	204	204	100,00	381	381	100,00	579	579	100,00
Random	44	33	75,00	22	0	0,00	49	10	20,41	74	0	0,00
Ruim	8	0	0,00	7	0	0,00	1	0	0,00	-	-	-
Recente	561	547	97,50	318	311	97,80	169	165	97,63	77	73	94,81
Bom	544	544	100,00	311	311	100,00	165	165	100,00	73	73	100,00
Random	17	3	17,65	7	0	0,00	4	0	0,00	4	0	0,00
Ruim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
66	66	100,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 12. Números da simulação

A tabela 12 apresenta os resultados por simulação, segundo os perfis dos contratantes, as circunstâncias na qual foi feita a escolha e também segundo os perfis dos consolidadores.

Na primeira hipótese que foi levantada, esperava-se que os agentes contratantes, ao utilizarem nosso modelo, escolheriam mais vezes os melhores parceiros nas interações, quando este é desconhecido ou quando já havia interagido há algum tempo com ele. O gráfico da figura 34 apresenta o aproveitamento dos agentes que utilizaram o REPORT e REGRET. O percentual reflete a quantidade de vezes que o agente contratante selecionou o melhor parceiro quando este era desconhecido ou então quando o contratante já havia interagido há algum tempo com ele. Nestas circunstâncias, os agentes contratantes que utilizaram o modelo híbrido consultaram a organização, enquanto os agentes que utilizaram o REGRET consultaram testemunhas.

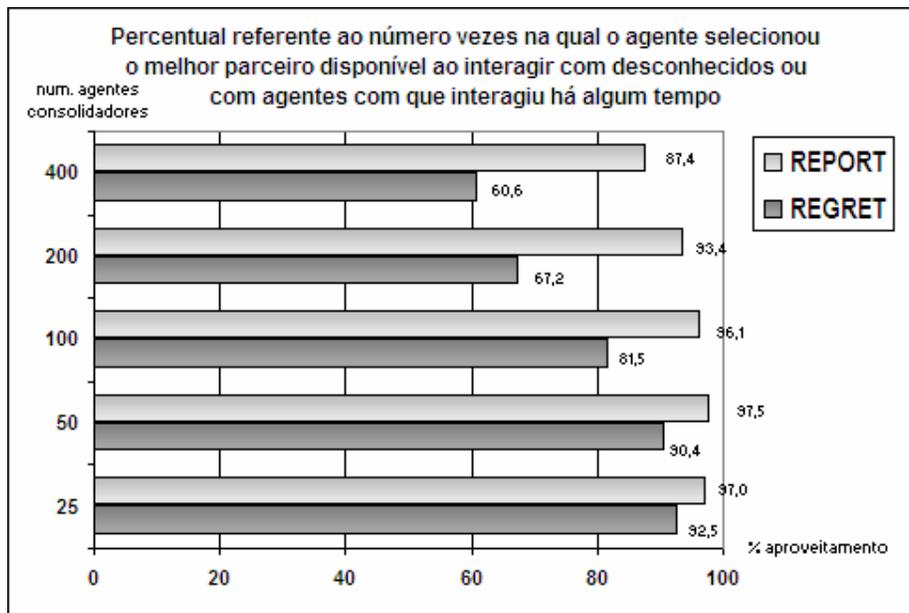


Figura 34. Percentual referente ao número de vezes na qual o agente selecionou o melhor parceiro ao interagir com desconhecidos ou com quem interagiu há algum tempo.

Os agentes que utilizaram o REPORT tiveram um aproveitamento melhor comparado aos que utilizaram o REGRET, confirmando a primeira suposição. Alguns fatos foram observados para justificar a confirmação desta primeira hipótese: (i) Quando o contratante que utilizou o REPORT desconhece o proponente ele faz uma consulta à organização. Quando a organização também desconhece o agente significa que este nunca violou normas anteriormente e portanto existe a chance do agente ser *Bom*. Enquanto que no REGRET quando

não existem testemunhas não é possível saber nada sobre ele, e a escolha é aleatória e (ii) Mesmo quando existem testemunhas, as reputações testemunhadas podem estar desatualizadas. Por exemplo, um agente *Random* ou *Ruim* pode ter recuperado totalmente sua reputação e pode ser confundido com um agente *Bom*. Já as organizações tendem a ter as reputações atualizadas com mais frequência pois recebem testemunhos enviados por vários agentes que já interagiram com o agente em questão

A segunda hipótese diz que os agentes contratantes que utilizam o REGRET e REPORT devem ter o mesmo desempenho quando o contratante interagiu recentemente com o agente consolidador, uma vez que utilizam o mesmo mecanismo (*direct trust*). Conforme apresentado no gráfico da figura 35, esta expectativa não foi confirmada.

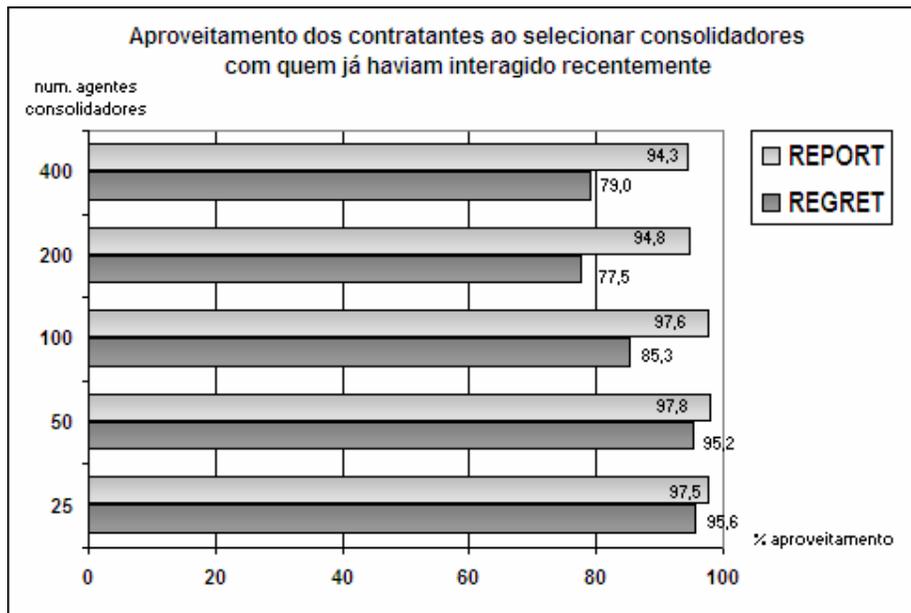


Figura 35. Aproveitamento dos contratantes ao selecionar consolidadores com quem interagiram recentemente

Embora REPORT e REGRET utilizem a reputação *direct trust* quando se trata de um agente conhecido, a reputação direta está influenciada pelas testemunhas ou pela organização. Isto acontece porque as reputações armazenadas após uma interação (*direct trust*) são reputações de agentes selecionados, muitas vezes, com base em informações provenientes das testemunhas ou da organização. Quando o agente não conhece o contratante ele pede informação para as testemunhas ou para a organização, de acordo com sua implementação. Estas são armazenadas e o agente anteriormente desconhecido passa a ser um agente

conhecido. Sua reputação (atualizada de acordo com a última interação) passa a ser utilizada pelo mecanismo *direct trust* nas próximas interações.

Note que o gráfico da figura 35 ilustra o aproveitamento associado com a seleção do melhor agente consolidador entre os 6 disponibilizados pelo sistema.

Para demonstrar que as diferenças entre os dois mecanismos ao contratar agentes com quem interagiram recentemente se devem à influência de outras circunstâncias, as simulações foram executadas novamente, desta vez isolando a parte do algoritmo relacionada com as outras duas circunstâncias (agentes desconhecidos e agentes com interações há algum tempo). O resultado pode ser observado no gráfico da figura 36. O aproveitamento foi exatamente o mesmo, dentro de cada simulação, para todos os mecanismos que utilizam *direct trust*. Não foram realizadas simulações para os casos com 400 e 200 agentes consolidadores.

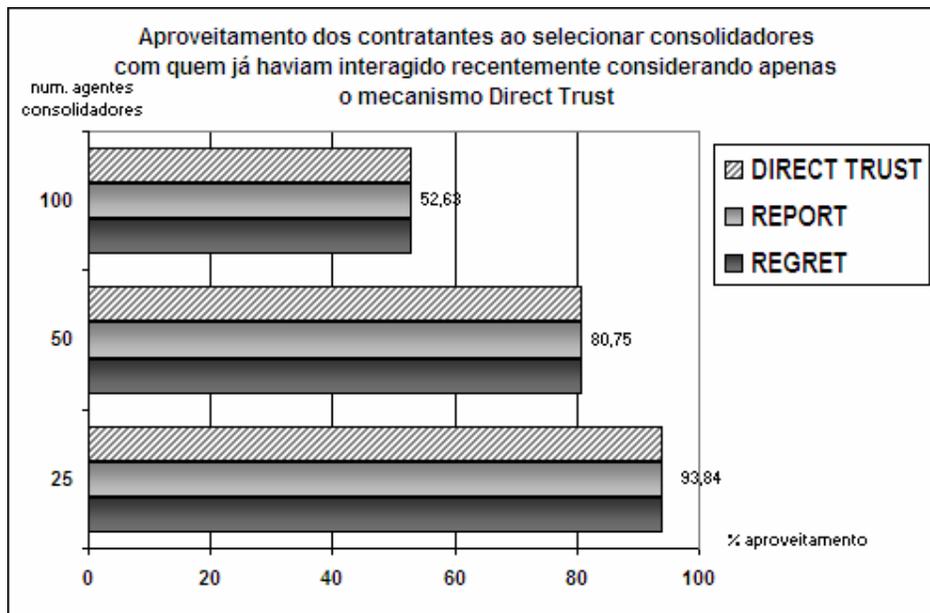


Figura 36. Aproveitamento dos contratantes ao selecionar consolidadores com quem interagiram recentemente em simulações considerando apenas o mecanismo *direct trust*

A terceira hipótese indicava que, de uma forma geral, o aproveitamento dos agentes contratantes que utilizam o REPORT deveria ser melhor do que o desempenho dos agentes que utilizaram outros mecanismos mesmo quando o número total de agentes participantes da simulação aumenta. O gráfico da figura 37 apresenta o aproveitamento geral por perfil do agente contratante, segundo cada simulação, confirmando as expectativas.

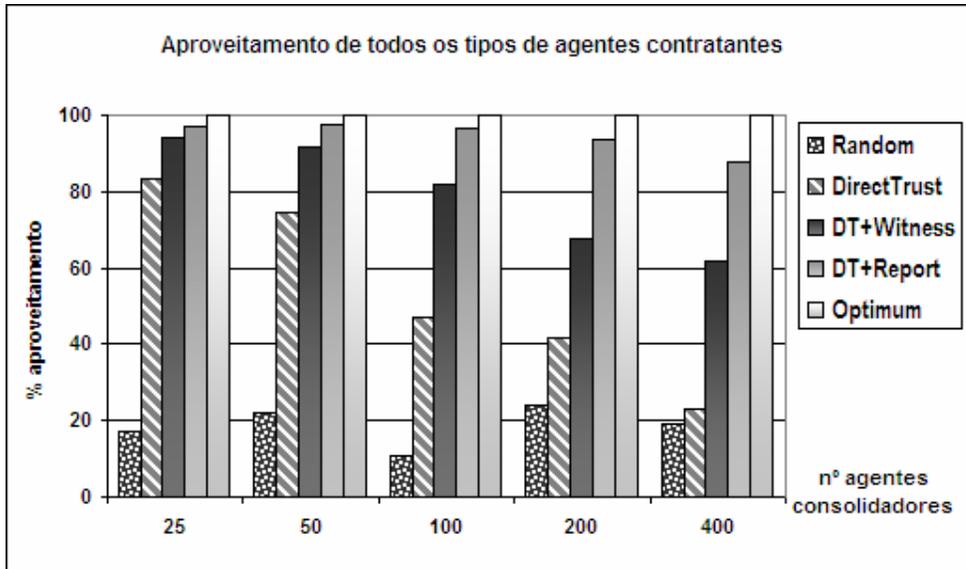


Figura 37. Aproveitamento geral por perfil do agente contratante, segundo as simulações

Quando os agentes que utilizam o REGRET testemunham enviando a reputação de um agente igual a 1, este agente pode ser qualquer coisa, *Bom*, *Random* ou até *Ruim*. O agente do REGRET prioriza a reputação 1, isto é, opta por um agente que provavelmente é *Bom* ou *Random* ao selecionar um agente totalmente desconhecido.

Quando os agentes que utilizam o REPORT recebem da organização uma reputação -1 para um agente, isso significa que a organização não conhece o agente (ele ainda não violou nenhuma norma) e então este pode ser de qualquer tipo, inclusive um *Bom*. Quando a organização envia uma reputação igual a 1, este agente pode ser *Random* ou *Ruim*, nunca *Bom*. Uma reputação 1 significa que o agente já violou alguma norma e recuperou a sua reputação. O agente do REPORT prioriza a reputação -1 pois existe a chance deste agente ser *Bom*.

Quando existem poucos agentes consolidadores podemos dizer que para os agentes que utilizam o REPORT a probabilidade de um agente com reputação -1 ser *Bom* aumenta pois existem poucos agentes no sistema este provavelmente já foi um dos 6 agentes selecionados pelo sistema e se a sua reputação continua -1 então é porque ele nunca violou normas e é um agente *Bom*. Para os agentes que utilizam o REGRET as testemunhas informam uma reputação mais fiel ao comportamento dos agentes pois já interagiram com eles várias vezes. Porém não é possível distinguir uma reputação 1 para agentes *Bons* ou para *Randons* (se estes por um acaso tiverem violado uma norma há muito tempo). Por isso o REPORT

teve um desempenho melhor do que o REGRET para os casos onde existem poucos agentes no sistema.

Quando existem muitos agentes consolidadores podemos dizer que a organização, utilizada pelos agentes do REPORT, demora muito a saber quais são os agentes *Bons* pois a frequência com que estes agentes são selecionados diminui pois existem muitos agentes no sistema. No caso do REGRET várias testemunhas não conhecem o agente em questão e as que conhecem interagiram pouco com eles. Então não dá para distinguir bem um agente *Bom* de um *Random*. Com os problemas enfrentados pelos dois mecanismos, o aproveitamento de ambos diminuiu.

É possível observar que não utilizar um mecanismo de reputação e escolher de forma aleatória em um sistema aberto não é aconselhável. Aqueles agentes que escolheram de forma randômica sequer chegaram a 30% de aproveitamento. Os mecanismos descentralizados simples, como o *direct trust*, melhoram o aproveitamento, evitando repetir uma escolha equivocada, mas somente quando existem poucos agentes interagindo. Quando existem muitos agentes seu desempenho é o mesmo do que escolher aleatoriamente pois a probabilidade de encontrar um agente conhecido diminuiu, como é possível confirmar no gráfico da figura 37, observando as duas últimas simulações, com 200 e 400 agentes, respectivamente. Ficou claro que o ideal é utilizar os mecanismos combinados pois tanto REGRET como REPORT apresentaram um desempenho muito melhor.

## **6.5. Variáveis não consideradas na simulação**

### **6.5.1. Possibilidade de falso testemunho**

A ocorrência de falsos testemunhos irá prejudicar tanto o comportamento do REPORT quanto do REGRET. No caso do REGRET as reputações fornecidas pelas testemunhas podem ser falsas. Ao receber as reputações fornecidas por testemunhas o agente teria que julgar o valor destas reputações podendo cometer erros neste julgamento. Como nossa simulação não levou em consideração falsos testemunhos as reputações fornecidas pelas testemunhas sempre refletem o comportamento verdadeiro dos agentes com os quais elas interagiram.

No caso do REPORT as organizações forneceriam reputações baseadas na probabilidade de um agente ter violado uma norma que seria fornecida pelo sistema de julgamento. Como nossa simulação não levou em consideração falsos testemunhos, os agentes são sempre condenados pelas violações das normas e as reputações fornecidas pelas organizações refletem o comportamento dos agentes, quando os testemunhos são enviados. Note que agentes podem não enviar testemunhos sobre as violações de outros agentes então as reputações destes não vão considerar estes comportamentos não testemunhados.

O modelo do REPORT considera que a probabilidade da ocorrência de falsos testemunhos e violações é a mesma e portanto a reputação final do agente é calculada fazendo-se uma média das duas reputações (equação 10 da seção 3.4). Como a simulação realizada não levou em consideração falsos testemunhos, o cálculo da reputação de um agente teve que ser adaptada. A reputação *witness reputation* relacionada a falsos testemunhos foi descartada e consideramos apenas a reputação *defendant reputation*, como ilustrado na equação 19.

$$\text{localRep}_{\text{Orgn}}(a_j) = \text{defendantRep}_{\text{Orgn}}(a_j) \quad (19)$$

### 6.5.2. Dificuldade em encontrar testemunhas

A dificuldade de encontrar testemunhas é uma realidade em sistemas multi-agentes de larga escala. Porém esta dificuldade não foi levada em consideração na simulação realizada. Este problema afetaria o modelo REGRET pois este é dependente das reputações fornecidas pelas testemunhas que seriam mais difíceis de serem encontradas. Na nossa simulação, o simulador fornece cinco testemunhas que já interagiram com o agente em questão sem que os agentes contratantes do REGRET tenham que procurar por elas.

### 6.5.3. Agentes Novos

Os agentes novos que iniciam sua participação em um sistema multi-agente aberto estarão melhor preparados para selecionar os parceiros ao utilizar o REPORT. Agentes que utilizam o REGRET precisam interagir para conhecer os demais agentes da sociedade e saber em quem podem confiar. As testemunhas não são

utilizadas, uma vez que não conhecem outros agentes e não podem confiar nos testemunhos enviados por nenhum deles. No caso do REPORT, os agentes novos podem consultar a organização e conhecer um pouco sobre os demais agentes e evitar aqueles que costumam violar normas.