

Modelo de Simulação Multiagente de uma Central de Teleatendimento

Claudio Lúcio do Val Lopes, Ricardo Poley Martins Ferreira , Gustavo Rodrigues Lacerda Silva

Grupo de Otimização em Sistemas Complexos

Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG)
Anel Rodoviário Km 23,5 - Rua Walter Ianini, 255 - São Gabriel - 31980-110 - Belo Horizonte - MG.

{claudiolucio,gustavolacerdas}@gmail.com, poley@pucminas.br

Abstract. *This paper presents a call center simulation model based on multiagent systems. The model objective is to represent the complexity and the work dynamics of an inbound call center. This work describes the conceptual architecture of the simulation model. The model was implemented using the Swarm simulation framework. Experiments were performed to validate the model, and the obtained results were compared with real call center data.*

Resumo. *Este trabalho apresenta um modelo de simulação baseado em sistemas multiagentes de uma central de teleatendimento. O objetivo do modelo é representar a complexidade e a dinâmica de funcionamento da central. O trabalho descreve a arquitetura conceitual do modelo de simulação. O modelo foi implementado utilizando o framework de simulação Swarm. Foram realizados experimentos para validar o modelo, e os resultados obtidos foram comparados com os dados de uma central real.*

1. Introdução

Uma central de teleatendimento é um conjunto de recursos (*hardware*, *software* e pessoal para atendimento) que está habilitado a prover serviços via telefone [Gans, Koole e Mandeulbaum, 2006]. Uma central também é conceituada como um sistema sócio-técnico em que o comportamento dos clientes e dos atendentes são relacionados a indicadores de desempenho que representam níveis de qualidade de serviço [Koole e Mandeulbaum, 2002]. As centrais de teleatendimento têm ganhado cada vez mais espaço nas organizações e sua importância econômica é evidenciada com várias pesquisas no setor, como, por exemplo, o site <http://www.callcenter.inf.br> que destaca o valor da receita das centrais de teleatendimento de U\$ 1,6 bilhão no Brasil em 2005. O processo de tomada de decisão em centrais de teleatendimento e seus desafios são temas tratados tradicionalmente pela teoria de filas com modelos que buscam representar as centrais (indicadores de desempenho, níveis de decisão e processos) [Whitt, 2002]. Esses modelos auxiliam os gestores das centrais na busca de um modo de operação eficiente de acordo com as metas estabelecidas para a central. Algumas abordagens de modelagem utilizadas são modelos analíticos, modelos de simulação e modelos de

programação matemática [L'Ecuyer, 2005], [Pichitlamken, 2003], [Mandeulbaum, 2004] e [Koole, 2005].

Este trabalho apresenta um modelo de simulação baseado em sistemas multiagentes de uma central de teleatendimento. O objetivo do modelo é tornar possível a representação da complexidade e da dinâmica de funcionamento da central.

O modelo de simulação proposto neste trabalho representa a central de teleatendimento utilizando o paradigma baseado em sistemas multiagentes. Sistemas multiagentes são compostos por um ambiente com vários agentes autônomos, seus mecanismos e regras de interação [Weiss, 2000] e [Sichman, 2005]. Esse paradigma aplicado a central se traduz em um modelo que representa atendentes, clientes, equipamentos e gestores como agentes e objetos que estão inseridos no ambiente da simulação. Os agentes tomam suas decisões, interagem com outros agentes e objetos, expressam seus interesses particulares e necessidades específicas de acordo com seus objetivos. Os comportamentos e interações foram modelados em um nível granular de cada agente. O universo da simulação possui um conjunto de agentes e objetos com suas características. Esses se configuram como os componentes, e suas propriedades existem na simulação com a possibilidade de representar situações reais que acontecem no dia a dia da central. A dinâmica da central fornece indicadores de desempenho do sistema.

O objetivo do modelo é tornar possível a representação da complexidade e da dinâmica de funcionamento da central e discutir a viabilidade da abordagem baseada em sistemas multiagentes para simulação das centrais de teleatendimento. O trabalho procura averiguar de forma empírica a correlação entre indicadores de desempenho da central, e mostrar que esta nova abordagem oferece tratamento para problemas que os modelos "clássicos" ainda não fornecem.

O novo modelo de simulação apresenta desafios e dificuldades que foram encontrados. As centrais de teleatendimento são sistemas sócios técnicos em que o comportamento de atendentes e clientes está envolto em indicadores de desempenho. Esse modelo de simulação apresentou desafios e dificuldades quanto à modelagem do comportamento humano: paciência de cliente, absenteísmo de atendentes, stress no ambiente de trabalho, rotatividade de pessoal, decisões baseadas na experiência do gerente da central dentre outros [Zohar, 2002], [Mandeulbaum, 2006] e [Koole, 2005]. Outra característica do modelo multiagente é que a abordagem granular deve ser capaz de fazer com que o funcionamento geral do sistema convirja para um comportamento similar à realidade. O modelo foi implementado utilizando o *framework* de simulação *Swarm*. Foram realizados experimentos para validar o modelo e os resultados obtidos foram comparados com dados de uma central real. Apesar das dificuldades encontradas durante o trabalho o modelo apresentou resultados promissores que indicam sua eficácia.

O restante do artigo está organizado da seguinte forma. Na seção 2 alguns conceitos sobre centrais de teleatendimento, seu processo de tomada de decisão e abordagens de modelagem utilizadas para tratar essa questão. Na seção 3 será descrito o modelo de simulação e seus tipos de agentes. Os resultados encontrados serão apresentados na seção 4. Finalmente, a conclusão e trabalhos futuros serão discutidos na seção 5.

2. Centrais de Teleatendimento

2.1. Conceitos

Um exemplo do processo de funcionamento de uma central de teleatendimento com característica de receber chamadas está representado na figura 1. Inicia-se com a necessidade de um cliente por um determinado produto/serviço. Essa demanda gera uma chamada para a central. A partir dessa chamada o cliente será atendido pelo ICT (Integração Computador Telefone) que é um conjunto de equipamentos em que computadores e outros dispositivos de telefonia estão interligados. A URA (Unidade de Respostas Audíveis) é um desses equipamentos capaz de fornecer atendimento automático aos clientes para alguns tipos de serviços. Pode acontecer também do cliente não ser atendido, ou ser bloqueado pela central, visto que sua capacidade de atendimento pode ter sido excedida (exemplo: considere uma central que detêm 100 linhas para atendimento. Pode acontecer que essas linhas estejam ocupadas no momento que o cliente originou a chamada). O bloqueio gera uma chamada não atendida. O processo continua caso o cliente necessite de atendimento específico (não disponibilizado pela URA), ou seja, será encaminhado para os atendentes. Essa etapa de encaminhamento para os atendentes acontece em dois passos:

- I. se os atendentes estiverem todos ocupados o cliente deverá aguardar em uma fila até que alcance o instante de seu atendimento. Enquanto os clientes aguardam na fila, pode acontecer o que se denomina de abandono. Por questões pessoais se o cliente decide abandonar a fila e desiste de sua tentativa de acesso à central de teleatendimento, o abandono gera uma chamada não atendida;
- II. caso haja algum atendente para realizar o atendimento ou algum atendente fique disponível e existam clientes na fila entra em ação um outro equipamento, o DAC (Distribuidor Automático de Chamadas) responsável por encaminhar as chamadas dos clientes para os atendentes.

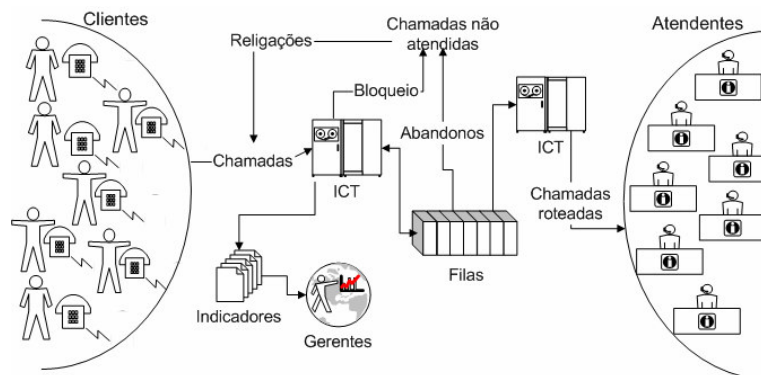


Figura1. Ambiente de uma central de teleatendimento

2.2 Tomada de decisão em centrais de teleatendimento

Os problemas de tomada de decisão em centrais de teleatendimento tratam questões sobre atingir metas de indicadores de desempenho (tempo médio de espera na fila, nível de serviço) sob restrições adversas impostas (número de atendentes, custo operacional fixo dentre outros). A solução desses problemas vem sendo tratada por uma área

conhecida como engenharia de serviços, mais especificamente, endereçados pela teoria de filas [Koole e Mandelbaum, 2002].

Os modelos “*Erlang*” (fila M/M/s/k), por exemplo, apresentam soluções para esses problemas. Esses modelos assumem a taxa de chegada baseada na distribuição de Poisson. O tempo médio de atendimento do serviço segue a distribuição exponencial e a política de atendimento de fila do tipo *FCFS* – primeiro a entrar primeiro a ser atendido. Os modelos “*Erlang*” também tratam questões como o abandono dos clientes enquanto esperam na fila ou, ainda, o bloqueio de clientes por parte da central.

Os modelos mencionados solucionam alguns problemas de tomada de decisão em centrais de teleatendimento. No entanto, existem limitações dos modelos analíticos e essas limitações têm sido uma das principais motivações para pesquisas. As incertezas típicas e complexidades operacionais das centrais criam uma “distância” entre muitos modelos e a realidade [L’Ecuyer e Avramidis, 2005]. Alguns exemplos são: suposição de taxas constantes de chamadas, tratar apenas um tipo de serviço ou tipo de chamada, incapacidade de tratar políticas de atendimento de filas e/ou políticas de encaminhamento de chamadas [Lopes et al., 2006]. Em função dessas questões uma das alternativas tem sido o uso de simulação [Whitt, 2002].

3. Modelo de simulação SMA

A simulação baseada em sistemas multiagentes é uma metodologia que simula experimentos construídos com um conjunto de agentes autônomos e que possui em sua coletividade um conjunto de interações possíveis em um determinado ambiente, no intuito de replicar uma situação, um contexto real [Sanchez e Lucas, 2002]. Essa abordagem pode ser dita como uma abordagem do tipo *bottom-up* em que o comportamento geral do sistema vai ser delineado pelas interações e comportamentos de seus agentes.

Alguns autores consideram a simulação baseada em sistemas multiagentes uma inovação na área de simulação capaz de endereçar questões até então não resolvidas. Outros acreditam que seja uma evolução natural dos paradigmas atualmente adotados, como simulação de eventos discretos paralela, distribuída ou mesmo a simulação orientada a objetos [Davidsson, 2000].

Alguns experimentos realizados indicam que a abordagem de simulação multiagentes combinada com outras técnicas tradicionais de simulação adiciona grande flexibilidade na construção de modelos para sistemas considerados complexos [Sawhney et al, 2003].

3.1 Definição dos objetos e agentes do modelo

Os objetos representam o ambiente de simulação e interagem com os agentes. O objeto Previsor Demanda interage com os agentes Clientes no intuito de prover informações para a geração de chamadas. Esse objeto está preparado para fornecer a taxa de chegada (com distribuição de Poisson, por exemplo), ou mesmo outros tipos de distribuição (lista de chamadas de uma central real). Os objetos *Model*, *Observer* e *Batch* são objetos do *framework Swarm* e cada um deles possui uma funcionalidade específica no modelo de simulação. *Model* – controla todos os eventos e comunicações do ambiente, é o modelo de simulação em si, manipula e controla o tempo total da simulação. *Observer* e *Batch* – são dois objetos distintos que tem por objetivo, respectivamente: apresentar visualmente

a execução do modelo e descrever resultados; processar (sem visualizações) e descrever os resultados finais.

Outro objeto que desempenha papel fundamental no modelo é a Fila, ou, na verdade, a Tele-Fila, que representa o local em que os clientes são mantidos. É o ponto inicial de contato, “ponte” dos clientes com os atendentes para efetivação do serviço (essa interação ainda passa pelo DAC). A Fila é constituída de clientes. Vários tratamentos aos clientes podem ser dados na Fila referente à sua formação: primeiro a chegar, primeiro a ser atendido, política de prioridades. Além dos objetos existem agentes, parte autônoma, no modelo de simulação. São quatro os tipos previstos no modelo. O agente Cliente foi idealizado para representar os clientes que geram chamadas para as centrais e seus comportamentos quanto à interação com a central. Esse agente interage com o objeto Previsor Demanda. O agente DAC é responsável por encaminhar as chamadas dos clientes para os atendentes, ou seja, ele recebe demandas dos clientes que podem ou não estar na fila. O agente Atendente realiza os atendimentos e é responsável por receber chamadas encaminhadas pelo tipo de agente DAC e, posteriormente, comunicar ao mesmo o final de um atendimento. O agente Gestor troca mensagens com todos os objetos e agentes. Através dessas interações esse agente detém as informações relativas ao desempenho de todo o sistema.

3.1.2 Dinâmica da simulação

A modelagem de atendentes seguiu uma proposta simples adotando um fator de desempenho que atua direto no tempo de atendimento particular de cada atendente. Inicialmente, um conjunto de agentes do tipo Cliente é representado e criado no ambiente de simulação juntamente com os agentes Atendente, DAC e o objeto Fila. Em princípio esses agentes não possuem nenhum histórico (no entanto, seria possível que a criação desses agentes já contivesse o histórico de interações que o mesmo já realizou com a central).

- I. Com os clientes criados os mesmos devem decidir sobre o instante em que vão fazer chamadas para a central de teleatendimento. Esse papel de gerar chamadas é feito entre o agente Cliente e o objeto Previsor Demanda (interação 1, figura 2).
- II. Uma vez realizada a chamada, a mesma será encaminhada para a central. Com o início do processo de atendimento pela central pode acontecer do cliente ser informado de um bloqueio ou ser encaminhado direto para o atendente (interação 3, figura 2).
- III. Pode acontecer também do cliente ser informado que deverá aguardar na fila (interação 5, figura 2).
- IV. No caso em que o cliente deverá aguardar na fila, pode acontecer que o cliente decida abandonar a fila (interação 4, figura 2).
- V. Caso o item IV não ocorra, o cliente aguarda na fila. O objeto Fila pode passar algumas informações (interação 2, figura 2) para o agente Cliente, que pode ocasionar, por exemplo, uma reavaliação de situação e tomada de decisão por parte do agente.
- VI. Enquanto existem clientes na fila ou há demandas chegando para a central, o objeto Fila repassa essas informações (interação 6, figura 2) para o agente DAC.

- VII. O agente DAC conhece e verifica a situação dos atendentes (interação 8, figura 2).
- VIII. Se for propício, o agente DAC solicita ao objeto Fila um cliente para encaminhar a chamada (interação 7 e 9).

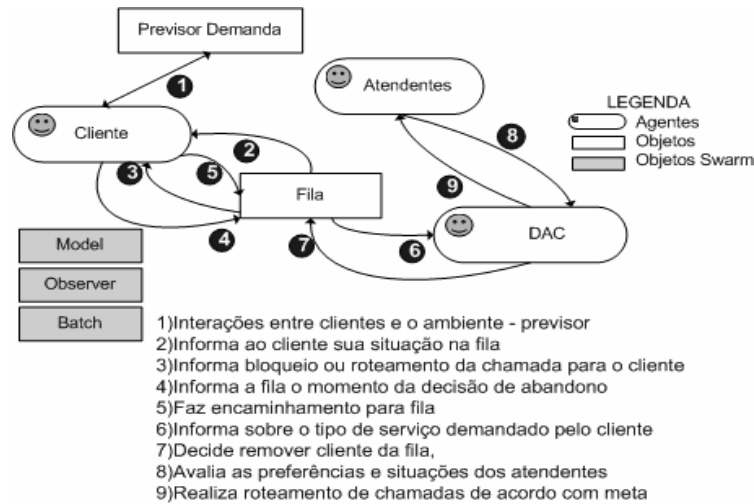


Figura 2. Descrição conceitual do modelo implementado neste trabalho com os agentes, interações e objetos da simulação para as centrais de teleatendimento.

3.1.3 Swarm - um “framework” para simulação multiagente

O modelo de simulação foi implementado utilizando o *framework* *Swarm*, por ser uma plataforma de *software* livre para desenvolvimento de simulação baseada em sistemas multiagentes, ser o precursor de outras ferramentas como, por exemplo, o *Repast*, e continua muito ativo [Johnson e Lancaster, 2006], [Daniels, 1999].

4 Experimentos

O modelo de simulação desenvolvido permite diferentes tipos de configurações que visam verificar o funcionamento do modelo em diferentes situações. Diversos parâmetros controlam o ambiente de simulação, entre eles o tempo de simulação, os tipos e número de atendentes, os tipos de chamadas e o tamanho máximo da fila. Outros parâmetros podem ser utilizados para influenciar o comportamento dos agentes como a habilidade e eficiência de cada atendente e as políticas de encaminhamento de chamadas [Lopes, 2007].

4.1. Resultados do Modelo de Simulação

Os experimentos realizados neste trabalho comparam os resultados do modelo de simulação com os dados de uma central de teleatendimento real. O objetivo é validar o modelo de simulação e indicar os caminhos para aprimorar o modelo. Em [Mandeulbaum et al., 2001] é apresentado um estudo sobre uma base de dados com cerca de ~450.000 chamadas que representa a quantidade de chamadas para uma central de uma instituição financeira do Estado de Israel que foi gerada durante o ano de 1999. Foi realizada uma breve mineração de dados nessa base com o intuito de coletar

informações pertinentes à execução do modelo de simulação. A central funcionava de domingo a quinta-feira no horário de (7:00 as 24:00 horas). Nas sextas-feiras a central encerra o expediente às 14:00 horas e reabre no sábado às 20:00 horas. Foi escolhido um dia típico como referência para a simulação, dia 01/06/1999, terça-feira, que totalizou 1805 chamadas realizadas. Dessas, 1608 chamadas foram atendidas por agentes e 186 foram abandonadas. A base de dados indica o registro incorreto de chamadas. Nesse caso as chamadas são denominadas do tipo (*PHANTOM*) e totalizam 11 chamadas. O experimento considerou o horário de 7:00 as 22:00 horas, excluiu ainda, as chamadas com o tempo médio de atendimento igual a zero e os casos em que o atendente não foi identificado, restando assim, um total de 1517 chamadas. A tabela 1 apresenta os dados da terça-feira escolhida.

Tabela 1. Parâmetros do modelo de simulação multiagentes.

Horário das chamadas	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00
Número de atendentes	5	10	10	10	11	11	12	11	12	10	10	9	8	8	7	6
Número de Chamadas	42	95	115	136	112	106	121	110	121	111	106	79	64	67	74	58
Tempo médio de atendimento (s)	149	141	178	167	202	198	184	185	180	175	162	156	142	142	174	195

Inicialmente, o modelo de simulação multiagentes foi configurado para se comportar de forma equivalente a um modelo analítico do tipo *Erlang*, ou seja, os agentes são todos idênticos. Os dados coletados da central real forneceram um nível de serviço em torno de 75,00%. Esse nível foi calculado através da seguinte fórmula:

$$ns = \frac{n^{\circ} \text{ total de chamadas atendidas em menos de 30s}}{n^{\circ} \text{ total de chamadas}}$$

O nível de serviço obtido nessa configuração foi de 94,00%, o que representa uma diferença de 19,00% entre os dados reais e o resultado da simulação.

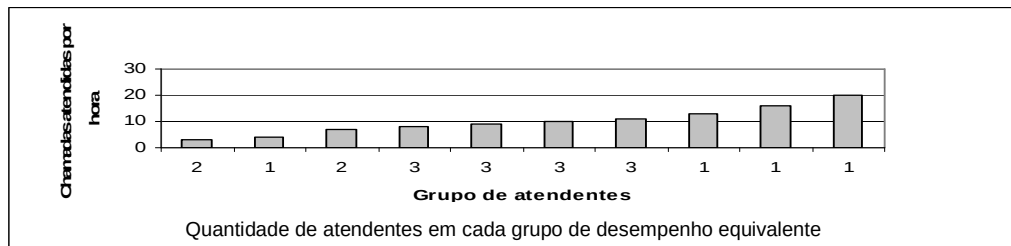
A comparação dos resultados do modelo de simulação baseado em sistemas multiagentes e os dados reais evidenciou as diferenças, tanto no valor do nível de serviço da média geral do dia, quanto nos valores da comparação por faixas horárias. Um estudo mais aprofundado sobre as causas de tais diferenças foi realizado. Questões sobre a paciência dos clientes, o tempo de espera na fila, as diferentes escalas de trabalho dos atendentes, as taxas de chegada das chamadas, as diferenças entre os atendentes quanto ao tempo de atendimento e o tempo médio de atendimento de cada um dos tipos de serviços foram verificados. Essas questões foram abordadas pelo Prof. Mandeulbaum [Mandeulbaum, 2001]. Um dos pontos mencionados foi a diferença de desempenho entre atendentes da central. Para verificar se havia diferenças significativas entre atendentes foram analisadas as diferenças nos percentuais de utilização e a quantidade de chamadas recebidas pelos atendentes no dia simulado. O resultado obtido demonstra que o desempenho de cada atendente foi muito heterogêneo quanto ao número de chamadas atendidas. O gráfico 1 apresenta a distribuição do desempenho dos atendentes quanto ao número de chamadas atendidas por hora.

Outra questão abordada foi: como era a escala de trabalho de cada atendente? Pode-se verificar que um dos atendentes, por exemplo, só trabalhava três horas no dia, enquanto outros trabalhavam até dez horas. Esses resultados puderam ser confirmados no trabalho do Prof. Mandeulbaum onde há informações detalhadas sobre o perfil de alguns atendentes. Um desses atendentes identificado na base como “ZOHARI” é um atendente

“exemplar” (atendente que atende o maior número de clientes por hora). Esse resultado nos levou a pensar sobre quais características esse atendente possuía que o tornava tão mais eficiente. Ele seria mais experiente que os demais? Essa diferença de experiência entre atendentes pode ser representada no modelo de simulação? No modelo de simulação baseado em multiagentes a capacidade de um atendente é representada pelo número de chamadas que ele é capaz de atender por hora.

Gráfico 1. Distribuição dos atendentes quanto ao número de chamadas atendidas.

Fonte: Mandaulbaum, 2006.



A flexibilidade do modelo de simulação baseado em sistemas multiagentes permite que essa característica heterogênea dos atendentes possa ser incorporada. Um conjunto de experimentos foi realizado considerando como os agentes heterogêneos afetam o indicador de nível de serviço. Para verificar como o desempenho dos atendentes afeta os indicadores de desempenho da central foram realizados os seguintes experimentos:

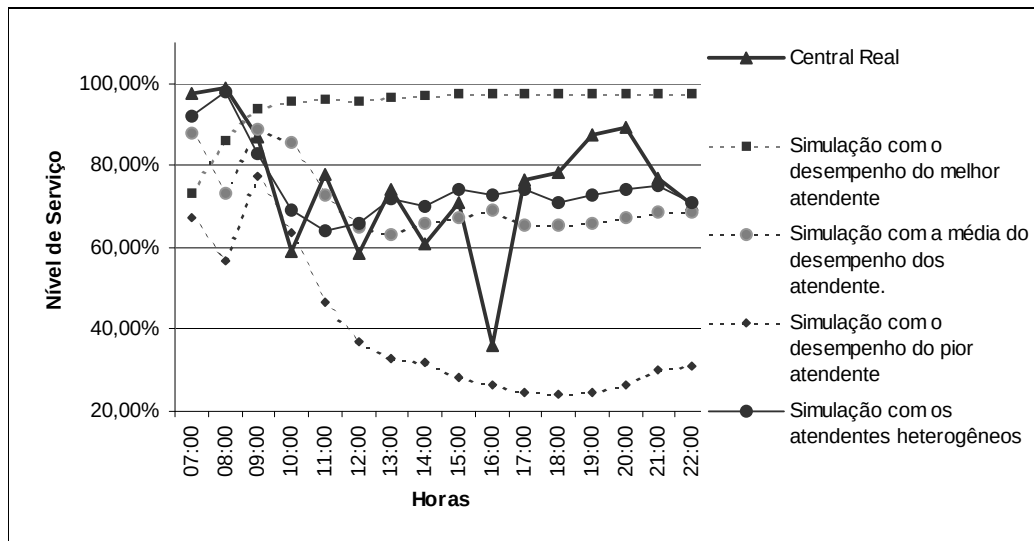
- I. simulação considerando atendentes homogêneos com a melhor taxa de atendimento por hora;
- II. simulação considerando atendentes homogêneos com a pior taxa de atendimento por hora;
- III. simulação considerando atendentes homogêneos com uma taxa média de atendimento por hora;
- IV. simulação considerando atendentes heterogêneos.

A taxa de atendimento por hora respeita a distribuição apresentada no Gráfico 1. O gráfico 2 apresenta os resultados das execuções do modelo de simulação multiagentes considerando os cenários descritos. Cada experimento foi repetido 10 vezes e os resultados apresentados correspondem à média dessas simulações. A tabela 2 sumariza os níveis de serviços médios obtidos durante o dia. Esses experimentos indicam que durante a modelagem da central a característica heterogênea dos atendentes deve ser levada em consideração. O modelo deste trabalho apresenta cada atendente como um agente. Dessa forma, a implementação dessas características foi realizada de forma natural. Esses resultados indicam a importância da modelagem dos agentes. Deve-se mencionar, ainda, que nos experimentos adotados foi usada apenas a distribuição de tipos de atendentes não sendo implementada uma escala de trabalho.

Tabela 2. Médias diárias obtidas.

	Nível de Serviço	Desvio padrão
Caso real	75,00%	16,00%
Caso pior agente	39,00%	17,00%
Caso melhor agente	94,00%	6,00%
Caso agente médio	71,00%	9,00%
Caso heterogêneo	75,00%	9,00%

Gráfico 2. Resultados do modelo de simulação multiagentes.



Os resultados no Gráfico 2 indicam que os agentes que possuem um desempenho heterogêneo têm o comportamento da simulação qualitativamente mais próximo da realidade. Esse resultado indica que a implementação de uma escala de trabalho equivalente ao caso real poderá melhorar os resultados obtidos.

5. Conclusões e trabalhos futuros

A principal contribuição do trabalho é utilizar a abordagem de simulação baseada em sistemas multiagentes para representar uma central de teleatendimento. Foram explorados os agentes, suas interações e a representação de seus interesses, domínios de conhecimento e objetivos. A viabilidade da adoção desse paradigma foi verificada através de uma série de experimentos que buscaram atestar a eficácia do modelo. Além disso, situações e proposições observadas no dia a dia das centrais foram incorporadas e tratadas pelo modelo, indicando sua flexibilidade quanto à aderência na complexidade operacional existente nas centrais. Considerando a flexibilidade do modelo de simulação baseado em sistemas multiagentes há potencial para diversos trabalhos futuros. Um deles é implementar a escala de trabalho, ou seja, indicar quantos agentes atendentes de cada tipo estão trabalhando em cada hora o que resultará em uma maior aderência a realidade da central. Outras melhorias seriam: representar o tempo de atendimento de cada tipo de chamada e avaliar outros mecanismos de raciocínio de agentes.

Referências

- Daniels, M. Integrating Simulation Technologies with Swarm. Agent Simulation: Applications, Models and Tools, Argonne National Laboratory, Universidade de Chicago. Out., 1999.
- Davidsson, P. Multi Agent Simulation: Beyond Social Simulation, Editors S. Moss and P. Davidson: MABS 2000, p. 97-107. 2000.
- Gans, N.; Koole, G.; Mandeulbaum, A.. Telephone Call Centers: a Tutorial and Literature Review. Disponível em: <www.columbia.edu/~ww2040/tutorial.pdf>. Acesso em: 16 maio 2006.

- Johnson, P. Lancaster, A. Swarm User Guide. Disponível em:
<<http://www.swarm.org/swarmdocs-2.1.1/userbook/userbook.html>>. Acesso em: 01 fev. 2006.
- Koole, G.; Mandelbaum, A. Queueing models of call centers: An introduction. *Annals of Operations Research*. First Madrid Conference on Queueing Theory. p.41–59, 2002.
- Koole, G. Call Centers Mathematics. 2005. Disponível em
<<http://www.math.vu.nl/~koole/ccmath>>. Acesso em: 24 fev. 2005.
- L'Ecuyer, P.; Avramidis, A. N.; Modelling and simulation of call center. *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference* M.E. Kuhl, N.M. Steiger, F.B. Armstrong, and J.A. Joines, eds., p. 144–151. 2005.
- Lopes, Cláudio Lúcio. Modelo de simulação de centrais de teleatendimento baseado em sistemas multiagentes. 2007. 101f. Dissertação (Mestrado em Informática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- Lopes, C.L.; Ferreira, R.P.M.; Alves, H. B. V. R. Simulação Multiagentes aplicada no apoio à tomada de decisão e no problema de roteamento baseado em habilidades em centrais de teleatendimento. In.: *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 28,2006, Góias. Anais... Goiânia: Universidade Católica de Góias, p. 2225 -2236. 2006.
- Mandeulbaum, A. Sakov, Anat. Zeltyn, S. Empirical Analysis of a call center. Março, 2001. Disponível em: <<http://iew3.technion.ac.il/serveng/References/ccdata.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2006.
- Mandeulbaum, A. Call Centers (centres) Research Bibliography with Abstracts, 2004. Disponível em: <<http://iew3.technion.ac.il/serveng/References/ccbib.pdf>>. Acesso em: 08 Out. 2005.
- Pichitlamken, J.; Deslauriers, A.; L'Ecuyer, P.; Avramidis, A. N.; Modelling and Simulation of a telephone Call center. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference* S. Chick, P.J. Sanchez, D.Ferrin, and D.J. Morrice eds. p. 1805–1812. 2003.
- Sanchez, S.; Lucas, T. Exploring the world of Agent-Based Simulations: Simple Models. Complex Analyses. *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference* E.Yiicesan, C. H. Chen, J.L. Snowdon, and J.M. Chames, eds. 2002.
- Sawhney, A. Bashford, H. Walsh, K. Agent-based modeling and simulation in construction. *Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference* S. Chick, P.J. Sanchez, D.Ferrin, and D.J. Morrice eds. p. 1541–1547. 2003.
- Sichman, J.S. Arquitetura de Agentes. Porto Alegre: UFRGS, 2005. Palestra proferida no Brazil Agents School 2005, patrocinado pela SBC, em Porto Alegre, em 21/09/2005.
- Weiss, G. editor. *Multiagent Systems: A Modern Approach to Distributed AI*. MIT Press, 2000.
- Whitt, W.. *Stochastic Models for the Design and Management of Customer Contact Centers: Some Research Directions*. New York. Mar., 2002
- Zohar, E. Mandeulbaum, A. Shimkim, N. Adaptive Behavior of Impatient Customers in Tele-Queues: Theory and Empirical Support. *Management Science*. Abr., 2002.