

## **SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE UM CALL CENTER RECEPTIVO EM UMA EMPRESA DO RAMO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO (TI)**

### **SIMULATION AND OPTIMIZATION OF A RECEIVING CALL CENTER AND AN INFORMATION TECHNOLOGY (IT) COMPANY**

Rodrigo de Alencastro Becker\* E-mail: [rodrigo.becker@sap.com](mailto:rodrigo.becker@sap.com)

Fabio Sartori Piran\* E-mail: [fabiosartoripiran@gmail.com](mailto:fabiosartoripiran@gmail.com)

Leandra da da Silva\* E-mail: [leandrapoa@yahoo.com.br](mailto:leandrapoa@yahoo.com.br)

Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo, Rio Grande do Sul, Brasil.

**Resumo:** O presente trabalho, através do software Anylogic, teve como objetivo desenvolver um modelo de simulação computacional por eventos discretos que represente o call center em uma empresa no ramo de TI, visando otimizá-lo, sendo esse processo norteado pelas variáveis de performance da organização. O processo de simulação possibilitou uma melhor compreensão do cenário atual, demonstrando que a operação não atende os parâmetros de performance esperados. Já o processo de otimização confirmou que é possível atender os padrões de qualidade da empresa utilizando somente recursos já disponíveis. Nesse contexto, conclui-se que a simulação em conjunto com otimização emerge como uma nova ferramenta potencial para o repertório da gerência. Suporta seu processo decisório de maneira sucinta e eficaz, na medida em que permite avaliar os efeitos que as alterações nos parâmetros do sistema possuem sobre as variáveis de performance.

**Palavras-chave:** Simulação. Call Center. Otimização. Tecnologia da Informação. TI

**Abstract:** The present work through the Anylogic software, aimed to develop a computer simulation model dor discrete event that represents the call centers of interest aiming to optimize it, this process being guided by the organization's performance variables. The simulation process enabled a better understanding of the current scenario, demonstrating that the operation does not meet the expected performance parameters. The optimization process confirmed that it is possible to meet the company's quality standards using only resources already available. In this context, it is concluded that the simulation together with optimization emerges as a potential new tool for the management repertoire. It supports your decision-making process succinctly and effectively, as it allows you to assess the effects that changes in system parameters have on performance variables.

**Key Words:** Simulation. Call center. Optimization. Information Technology. IT.

## 1 INTRODUÇÃO

O setor de Tecnologia da Informação (TI) apresentou forte crescimento nos últimos anos no Brasil. Enquanto na América Latina o setor de TI cresceu 5,5% em 2020, o Brasil apresentou crescimento de 12,2% (EXAME, 2020). Nesse contexto, em que as organizações adotam cada vez mais soluções oferecidas por esse setor, torna-se essencial que as empresas de TI possuam uma robusta central de atendimento (*call center* – em inglês), capaz de lidar eficientemente com a crescente demanda.

A relevância das Centrais de Atendimento fica explicitada quando Tanir e Booth (1999) comentam que é através do *Call Center* que os clientes experimentam a real personalidade do negócio. Sendo muitas vezes o primeiro contato que o cliente tem com a empresa, o *call center* molda seu relacionamento e define sua percepção sobre a organização (MA *et al.*, 2011).

Considerando o impacto positivo que um *call center* de qualidade proporciona às empresas, fica evidente a necessidade de avaliar sua eficiência. A performance de uma Central de Atendimento pode ser medida pela eficiência do trabalho realizado pelos funcionários. De acordo com Bouzada (2009), 70% dos custos das centrais de atendimento são referentes à folha de pessoal, sendo essencial a busca por uma coordenação eficiente desses recursos, levando a um dimensionamento ótimo da capacidade de atendimento. Para isso, as organizações necessitam antever a quantidade de telefonemas que serão recebidos durante o dia e desenvolver a escala de trabalho de seus funcionários.

Isto posto, neste estudo objetiva -se verificar uma melhor compreensão de como as escalas de trabalho impactam a operação do *call center* de uma empresa prestadora de serviços do ramo de TI. A partir de um modelo de simulação, serão obtidos dados acurados do cenário atual da empresa e através de ferramentas de otimização será determinado o número ótimo de agentes por hora, visando poder auxiliar a organização durante a tomada de decisões.

Hall e Anton (1998) defendem que as centrais de atendimento devem utilizar a simulação com finalidade de teste, determinando se mudanças serão eficientes na melhoria do sistema, antes de implementá-las. A simulação é vista como a opção mais viável para medição precisa de performance e suporte subsequente à tomada de decisões (AVRAMIDIS; L'ECUYER, 2005). Diante desse perfil, a concepção deste

trabalho é então justificada. Uma nova ferramenta potencial é introduzida ao repertório da gerência, suportando seu processo decisório na medida que permite avaliar os efeitos que alterações nas escalas dos agentes possuem sobre as variáveis (AVRAMIDIS; L'ECUYER, 2005).

O presente estudo vai de encontro à literatura nacional (PAZETO, 2000; BOUZADA, 2006; FERREIRA *et al.*, 2008; SOUZA, 2010; LEITE; RANGEL, 2012; CRUZ, 2019) ao analisar um *call center* receptivo por meio de simulação, mas se difere ao explorar um cenário onde a central de atendimento é constituída por dois canais distintos, telefonema e e-mail. Por fim, até o presente momento, não foram encontrados estudos que explorem centrais de atendimento que possuam operação em diversos países. Isso evidencia a singularidade deste trabalho, buscando a melhor escala conjunta para ambas as localidades.

## **2 SIMULAÇÃO EM CALL CENTERS**

O estudo da simulação em *call centers* é um tema em evolução, os trabalhos de Klungle e Maluchnik (1997), Bapat e Pruitte (1998), Hall e Anton (1998), Chokshi (1999), Avramidis e L'Ecuyer (2005), Mehrotra e Fama (2003) e Bouzada (2009) apontam alguns motivos que contribuem para sua expansão: (1) crescimento da importância das centrais de atendimento dentro das organizações, substituindo o uso da intuição por metodologias científicas que sustentem o processo decisório, (2) intensificação da complexidade no tráfego de chamadas, (3) predominância da incerteza na resolução de problemas e (4) operação em constante alteração devido ao procedimentos de reengenharia efeitos do aumento das aquisições e fusões.

De acordo com Hall e Anton (1998), a simulação em *call centers* pode ser utilizada de duas maneiras. Primeiramente, ela permite verificar o quão efetiva e eficiente é a operação atual, descrita pelos autores como a fase de avaliação. Após, a simulação possibilita endereçar perguntas do tipo “e se?”, simulando cenários nos quais o *call center* possa vir a operar no futuro. A simulação fornece um meio para analisar e medir o impacto de mudanças resultantes de uma alteração na estratégia da operação, inserção de novas tecnologias e um aumento na entrada de telefonemas (HALL; ANTON, 1998).

A importância da simulação nas centrais de atendimento é evidenciada por Mehrotra e Fama (2003) ao discutirem o conjunto de desafios presente nas tarefas diárias dos responsáveis pelo gerenciamento dessas centrais. Sendo necessário um equilíbrio entre três interesses: custos, qualidade de serviço e satisfação dos funcionários. A autora Souza (2010), defende a simulação ao evidenciar que o processo de solução de problemas em uma central de atendimento é uma tarefa complexa. Sendo necessário uma constante análise dos impactos que cada decisão possui sobre a operação. Deve-se atender à demanda de chamadas de seus clientes, proporcionando um serviço de qualidade e, ainda, buscar a satisfação de seus empregados em relação às suas escalas de trabalho e atividades.

Mehrotra e Fama (2003) definem três maneiras em que a simulação pode ser utilizada para análise na indústria de *call centers*: *Traditional Simulation Analysis* (Análise Tradicional de Simulação), *ACD/CTI Routing* (Roteamento Automático de Chamadas) e *Agent Scheduling* (Elaboração de Escalas de Trabalho).

O *Traditional Simulation Analysis* é um modelo de simulação construído e utilizado para analisar uma operação específica, tendo como objetivo avaliar os possíveis impactos acarretados por alterações nos parâmetros do sistema (MEHROTRA; FAMA, 2003). O *ACD/CTI Routing* consiste em mensurar o impacto que diferentes decisões possuem sobre a operação ao alterar as variáveis de roteamento do sistema (MEHROTRA; FAMA, 2003). Já o *Agent Scheduling*, tema do presente estudo, consiste em otimizar as escalas de trabalho dos funcionários de uma central de atendimento, visando a diminuição dos custos da empresa e do tempo médio de espera para atendimento e, conseqüentemente, um aumento no nível de serviço (MEHROTRA; FAMA, 2003).

A fim de fundamentar a elaboração do presente trabalho foram selecionadas pesquisas que se assemelham ao presente estudo ou que contribuam para a construção deste. O Quadro 1 apresenta trabalhos que discutem a utilização da simulação computacional no setor de *call center*, tanto no âmbito nacional quanto internacional.

**Quadro 1** - Pesquisas que tratam de simulação em *call center*

<b>Autor</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Medida de desempenho</b>
Pazeto (2000)	Analisar o dimensionamento do call center de uma empresa de telecomunicações, planejando uma melhor distribuição para os atendentes.	Tempo médio de chamada, número de atendentes e taxa de abandono
Mehrotra e Fama (2003)	Discutir os métodos, desafios e oportunidades oferecidas pela simulação no setor de Call center	N / A
Bouzada (2009)	Mensurar o potencial impacto de alguns parâmetros do sistema no desempenho geral	Nível de serviço e taxa de abandono
Souza, 2010	Otimização das Escalas de trabalho dos funcionários, minimizando custos e respeitando a demanda.	Tempo médio de chamada, número de atendentes e taxa de abandono, número de pausas técnicas dos atendentes e duração dessas pausas.
Leite e Rangel, (2012)	Apresentar um modelo de simulação com otimização para a análise do processo de atendimento de chamadas telefônicas em uma central de atendimento.	Número de atendentes e taxa de abandono
Cruz (2019)	Avaliar o impacto que alterações na quantidade de funcionários disponíveis e na gestão de demanda possuem sobre o tempo de espera médio para atendimento	Tempo médio de espera

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Verifica-se que o presente trabalho vai de encontro à literatura apresentada no Quadro 1 ao analisar um *call center* receptivo por meio de simulação, mas se difere ao explorar um cenário onde a central de atendimento é constituída por dois canais distintos, telefonema e e-mail.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Unidade de análise**

A empresa objeto de estudo oferece aos seus clientes uma solução de *Vendor Management System* (VMS), ou sistema de gerenciamento de fornecedores, permitindo que as empresas encontrem, engajem e gerenciem sua força de trabalho temporária. O *software* é utilizado por quatro tipos de usuários, sendo eles os trabalhadores, fornecedores, compradores e outros. Todos os funcionários são treinados e capacitados para prestar suporte a estes usuários tanto por telefone, quando via *e-mail*.

Os funcionários do setor de *help desk* referidos nesse estudo como “agentes” são responsáveis por atender as ligações iniciadas por clientes com destino a central de atendimento, durante metade da sua jornada de trabalho. No restante do expediente os agentes são responsáveis por atender outras solicitações de usuários via e-mail.

A equipe do time localizado na América é dividida em duas localidades: Brasil, com 20 agentes, e Estados Unidos, com 14 agentes. Em ambos os escritórios, os funcionários trabalham em dois turnos: diurno e noturno. Os turnos se distribuem conforme apresentado na Tabela 1.

As escalas de trabalho são geradas manualmente pelos supervisores do setor, expondo o resultado a diversas possibilidades de equívocos, especialmente se a quantidade de funcionários for elevada. Durante sua elaboração, variáveis como Tempo Médio de Espera na Fila (TMEF) e demanda diária, não são levadas em consideração.

**Tabela 1** - Distribuição de horários

Local	Turno diurno	Turno noturno
Brasil*	09:00 às 18:00	12:30 às 21:00
Estados Unidos**	10:00 às 19:00	12:00 às 21:00

Nota: \*Os agentes do turno diurno dispõem de uma hora de almoço e os agentes do turno Noturno dispõem de meia hora de janta.

\*\*Os agentes do turno diurno e noturno dispõem de uma hora de almoço ou janta.

**Fonte:** elaborado pelos autores.

O indicador de performance de interesse da organização e desta pesquisa é o nível de serviço, denominado MBO. Este norteia o processo de otimização, estabelecendo que 85% dos telefonemas devem possuir TMEF igual ou inferior a 5 minutos.

### 3.2 Método de pesquisa

A metodologia proposta por Andrade (2004) foi escolhida para nortear a execução desta pesquisa. De acordo com o autor, os estudos que tratam sobre as metodologias utilizadas em um estudo de simulação, diferem-se em particularidades

com relação às etapas que devem ser seguidas. O método de condução escolhido para esse estudo é composto por sete fases: *i)* formulação do problema; *ii)* identificação das variáveis; *iii)* coleta de dados; *iv)* construção do modelo; *v)* validação e verificação do modelo; *vi)* realização da simulação; *vii)* análise de resultados e otimização.

A primeira etapa consiste na formulação do problema e é constituída pela descrição do objetivo deste estudo que é desenvolver um modelo de simulação computacional por eventos discretos que represente o *call center* de interesse visando otimizá-lo, sendo esse processo norteado pelas variáveis de performance da organização. Com o problema definido, suas variáveis de entrada e saída são descritas e discutidas durante a segunda fase, na seção 3.3.

As variáveis definidas são extraídas do sistema e tratadas na terceira fase, definida como coleta de dados. A extração é realizada a partir de relatórios gerados no sistema real, seus dados são inicialmente dispostos em planilhas eletrônicas. Posteriormente, os dados são exportados para a plataforma R e tratados com auxílio do *software*. Durante a quarta fase, o modelo conceitual e computacional do sistema real será construído, usando respectivamente os *softwares Bizagi Modeler e AnyLogic*.

O modelo computacional é executado na quinta fase e seu comportamento é analisado. Através do *software R*, o número de rodadas para uma confiança de 95% e precisão de 0,5 minuto é obtido, e, em seguida, o modelo é validado. O modelo será validado de duas maneiras, conforme Corrêa (2002), através de funcionários da empresa estudada e matematicamente utilizando o *software R*. Os avaliadores, bem como seus cargos, podem ser observados no Quadro 2:

**Quadro 2** - Avaliadores do modelo e Cargos desempenhados na empresa

<b>Avaliador(a)</b>	<b>Cargo</b>
João Paulo	Application Specialist
Osvaldo Guedes	Application Specialist
Bruna Julinda	Supervisora

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Validado, o modelo é então executado na sexta fase, e posteriormente, durante a sétima fase, suas variáveis de saída são analisadas e discutidas. O conceito de otimização é então introduzido e empregue através do *software AnyLogic*, possibilitando uma segunda análise de suas variáveis de interesse. E, por fim, as conclusões referentes aos resultados e sugestões para trabalhos futuros são descritas.

### 3.3 Variáveis do sistema e coleta de dados

A central de atendimento do presente estudo conta com quatro tipos de usuários: trabalhadores, fornecedores, compradores e outros. Seus atendimentos são realizados através de telefonemas do tipo receptivo e mensagens de voz. As mensagens de voz são geradas pelo cliente caso este não deseje esperar na fila para atendimento, podendo optar pela desistência do serviço ou por disponibilizar uma mensagem de voz com seus dados, sendo retornada por um agente dentro do período de uma hora.

Há uma fila de espera para cada tipo de usuário no *call center*, possibilitando a verificação da quantidade de chamadas por tipo de usuário, o horário de sua entrada, duração e tempo de espera para atendimento. Todos os agentes da organização estão aptos para atender todos os tipos usuários, sendo atendido primeiro o usuário que está a mais tempo na fila (*First In First Out*, ou FIFO). Para uma visualização mais clara, as variáveis utilizadas neste estudo podem ser vistas na Tabela 3. Suas relações serão vistas mais profundamente na seção de criação do modelo conceitual.

A coleta de dados é realizada a partir de relatórios gerados no sistema da empresa analisada. O *software* utilizado pela organização para receber e efetuar telefonemas possui uma funcionalidade que possibilita a geração de relatórios em formato de planilha eletrônica, viabilizando a utilização de dados confiáveis no modelo computacional. Através deste relatório são obtidos os seguintes dados: o horário de entrada de cada telefonema, o tipo de usuário que efetuou a ligação, a quantidade de mensagens de voz, o tempo médio de espera na fila para cada tipo de usuário e o número de desistências. A Tabela 2 apresenta as variáveis a serem obtidas bem como os métodos utilizados para obtenção das mesmas e o período coletado.



**Tabela 2** - Variáveis, método de coleta e período coletado

Variáveis	Coleta	Período
Número de agentes por hora	Relatório da empresa	10/02/2020 a 14/02/2020
Entrada telefonema comprador	Relatório da empresa	10/02/2020 a 14/02/2020
Entrada telefonema fornecedor	Relatório da empresa	10/02/2020 a 14/02/2020
Entrada telefonema trabalhador	Relatório da empresa	10/02/2020 a 14/02/2020
Entrada telefonema outros	Relatório da empresa	10/02/2020 a 14/02/2020
Duração telefonema comprador	Relatório da empresa	10/02/2020 a 14/02/2020
Duração telefonema fornecedor	Relatório da empresa	10/02/2020 a 14/02/2020
Duração telefonema trabalhador	Relatório da empresa	10/02/2020 a 14/02/2020
Duração telefonema outros	Relatório da empresa	10/02/2020 a 14/02/2020
Taxa de abandono	Relatório da empresa	10/02/2020 a 14/02/2020

**Fonte:** elaborado pelos autores.

De acordo com Chwif e Medina (2015), é indicado que o tamanho da amostra seja superior a 100 observações, uma vez que amostras com um valor inferior tendem a comprometer o processo de identificação do modelo probabilístico adequado. Deste modo, foram coletadas para cada variável amostras com no mínimo 100 observações durante o mês de fevereiro de 2020. Em sequência, os dados foram analisados no *software R*, tendo como finalidade identificar qual distribuição probabilística mais se adere as variáveis de entrada.

### 3.4 Análise dos dados

Inicialmente, é necessário analisar os dados de modo a identificar a presença de *outliers*. De acordo com Hawkins (1980), a definição intuitiva de um *outlier* seria uma observação que se desvia tanto das outras que levanta suspeitas de erro na coleta de dados ou situação atípica, que não poderia ser prevista pelo sistema. Ao inspecionar a amostra e identificar os *outliers*, é frequente a realização de sua

exclusão, de modo a considerar apenas os valores que se comportam conforme o esperado. Entretanto, de acordo com Chwif e Medina (2015), esse procedimento nem sempre é aconselhado, dado que, muitas vezes, esses valores fora da média podem ser relevantes e representam características únicas dos processos em observação. Tendo em vista que a operação estudada possui horários que concentram maior parte das ligações, o presente trabalho não opta pela remoção dos *outliers* encontrados nos horários de menor atendimento, deste modo elaborando um modelo computacional que melhor retrata o modelo real.

Em seguida, torna-se necessário realizar o teste de aderência. Conforme Ramírez (2006), em um teste de aderência, deve-se definir uma hipótese cuja validade será testada. Essa hipótese é denominada hipótese nula ( $H_0$ ), em que o modelo é apropriado para reproduzir o comportamento e a distribuição da população. A hipótese alternativa,  $H_1$ , atesta que o modelo em questão não é apropriado para representar a população.

Os testes de aderência realizados foram o teste *Qui-quadrado* ( $X^2$ ) e o teste de *Kolmogorov-Smirnov*. De acordo com Ramírez (2006), o teste *Qui-Quadrado* é embasado em cálculos de desvios entre as frequências observadas e esperadas, atestando se determinado acontecimento observado na amostra se desvia significativamente ou não de sua frequência esperada. Esse teste é utilizado para verificar a natureza da distribuição amostral em questão, atestando se a aderência dos dados da amostra a um determinado modelo, como distribuição normal, Poisson, binominal, entre outros, é satisfatória. O teste de *Kolmogorov-Smirnov* compara a função cumulativa do modelo teórico com a função cumulativa da probabilidade observada, observando a distância máxima absoluta entre as duas. Dessa forma, da mesma maneira que o teste *Qui-quadrado*, averigua se a população e sua amostra apresentam determinada distribuição teórica.

Após a realização dos testes, ainda de acordo com Ramírez (2006), deve-se averiguar qual das distribuições é mais adequada, utilizando, por exemplo, o p-valor. É definido um nível de significância ( $\alpha$ ) de evidência contra a hipótese nula. Caso o p-valor seja menor ou igual do que o nível de significância, a hipótese nula é rejeitada a tal nível de significância. Caso seja maior, então a hipótese nula não é rejeitada. Portanto, quanto menor o p-valor, mais fortes são as justificativas para rejeição da

hipótese de aderência. Dessa forma, escolhe-se entre as distribuições anteriormente testadas aquela que possuir o maior p-valor. Utilizando as variáveis escolhidas para o presente trabalho os testes foram realizados no programa estatístico R. As seguintes distribuições estatísticas foram encontradas (Tabela 3):

**Tabela 3** - Variáveis de entrada e suas distribuições

Variáveis	Distribuição
Entrada telefonema comprador	Weibull (0.97, 18, 0.02)
Entrada telefonema fornecedor	Gamma (0.73, 9.1, 0.02)
Entrada telefonema trabalhador	Gamma (0.68, 5.23, 0.02)
Entrada telefonema outros	Weibull (0.84, 11.49, 0.02)
Duração telefonema comprador	LOGN (1.64, 0.82, 0.52)
Duração telefonema fornecedor	Gamma (2.44, 2.37, 0.36)
Duração telefonema trabalhador	LOGN (1.64, 0.78, 0.81)
Duração telefonema outros	Gamma (1.92, 2.67, 0.38)
Taxa de abandono	LOGN (1.36, 1.01, 0.07)

Fonte: elaborada pelos autores.

## 4 MODELAGEM E EXECUÇÃO

Nesta secção, inicialmente, será introduzido o modelo conceitual do sistema real e suas limitações de interesse. A partir deste, um modelo computacional é criado, executado e validado através do software *AnyLogic*.

### 4.1 Modelo conceitual

A operação do *Help Desk* é dividida em dois canais de comunicação: telefonemas por meio de um *call center* e e-mails. Os pontos referentes ao suporte por e-mail serão elucidados nesta secção, mas não são de interesse do trabalho devido a sua alta complexidade computacional e carência de dados confiáveis.

Os agentes da organização, em ambas localidades e turnos, prestam suporte aos usuários do sistema durante um período de oito horas, sendo metade de seus turnos destinado ao canal de telefonemas e o restante via e-mails. Desta maneira,

pode-se dizer que a operação possui somente 50% da sua capacidade para cada canal de suporte. É de responsabilidade dos supervisores a geração da escala de trabalho dos agentes, indicando em quais horários eles prestarão suporte via e-mail e telefone.

Ao efetuar uma ligação ao *call center*, o usuário deve escolher uma opção para seguir com seu atendimento, sendo as alternativas: comprador, fornecedor, trabalhador e outros. Após a seleção, o usuário é alocado em uma fila de espera que segue o critério FIFO. Se o cliente optar por desistir do atendimento devido ao tempo de espera, a empresa fornece ao usuário a funcionalidade de gravar uma mensagem de voz, que será posteriormente analisada pelos agentes no turno de e-mail. Após a realização do atendimento via telefone, o agente é responsável pela criação de um *case*, denominado neste trabalho como caso, que sumariza as ações tomadas durante a ligação. Se o caso não requer investigações futuras, ele é intitulado de FCR, *First Call Resolution* ou Resolução na Primeira Chamada. Um exemplo de FCR seria a prestação de suporte a usuários que necessitam de auxílio para acessar suas contas. Após o atendimento e criação do caso, o mesmo é marcado como 'resolvido'. Se o problema não é solucionado durante o telefonema o agente também criará um caso que será investigado durante o seu turno de e-mail.

O *Help Desk* também oferece aos seus usuários o suporte via e-mail. Um caso pode ser originado pelo cliente de duas maneiras, através de um e-mail ou dentro da aplicação. O caso também será enviado para uma fila com o mesmo critério de FIFO e possui o mesmo padrão de resolução que nos telefones, podendo ser um caso FCR ou que carece de investigações aprofundadas.

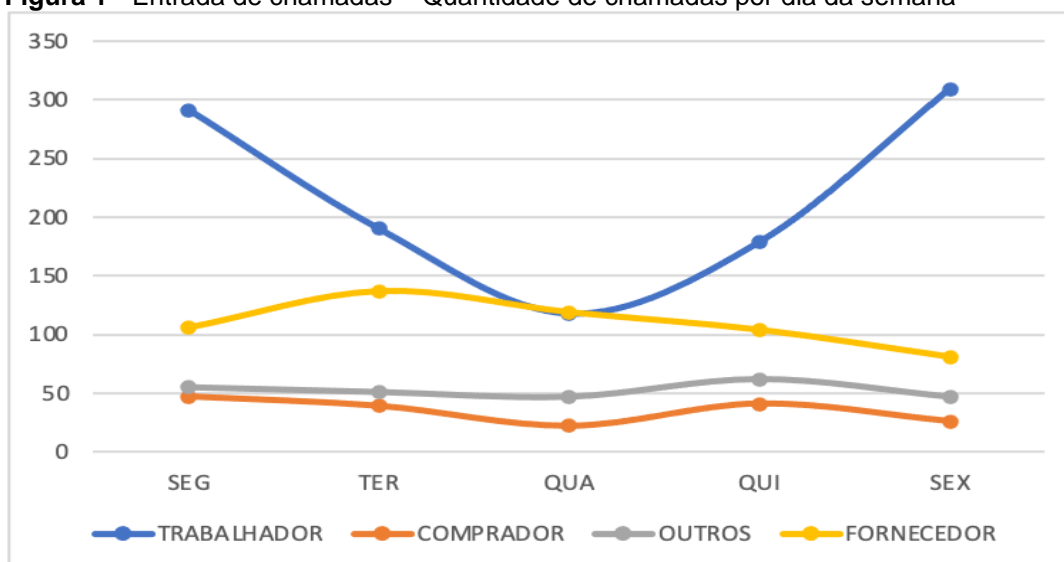
É de interesse deste estudo obter uma melhor compreensão do comportamento atual do sistema proposto, tendo como objetivo a otimização do sistema mediante as medidas de desempenho estabelecidas. De acordo com Fishman (2001), é através dos indicadores de desempenho que uma organização observa a qualidade da sua operação. Neste sentido, foram estabelecidas duas medidas de desempenho que irão nortear a otimização do sistema: MBO (nível de serviço) e chamadas abandonadas. Seus valores serão posteriormente analisados e discutidos.

Como previamente aludido, a operação do *Help Desk* é dividida em dois canais de atendimento: *call center* e e-mail. Esta pesquisa visa somente analisar e otimizar

as atividades que concernem ao canal de *call center*. Os processos referentes ao canal de e-mail não serão contemplados por esta pesquisa. O escopo deste estudo também não abrange os possíveis impactos que uma alteração no canal de *call center* provoca nas medidas de desempenho do canal de e-mail.

O período a ser simulado é de uma semana, especificamente a segunda semana do mês de fevereiro do ano de 2020. Com exceção das semanas que precedem as atualizações do sistema, o comportamento entre elas é muito similar e pode ser observado na Figura 1. Como consequência da pandemia do COVID-19, foi preferido uma semana que ainda não apresentasse impactos na operação.

**Figura 1** - Entrada de chamadas – Quantidade de chamadas por dia da semana

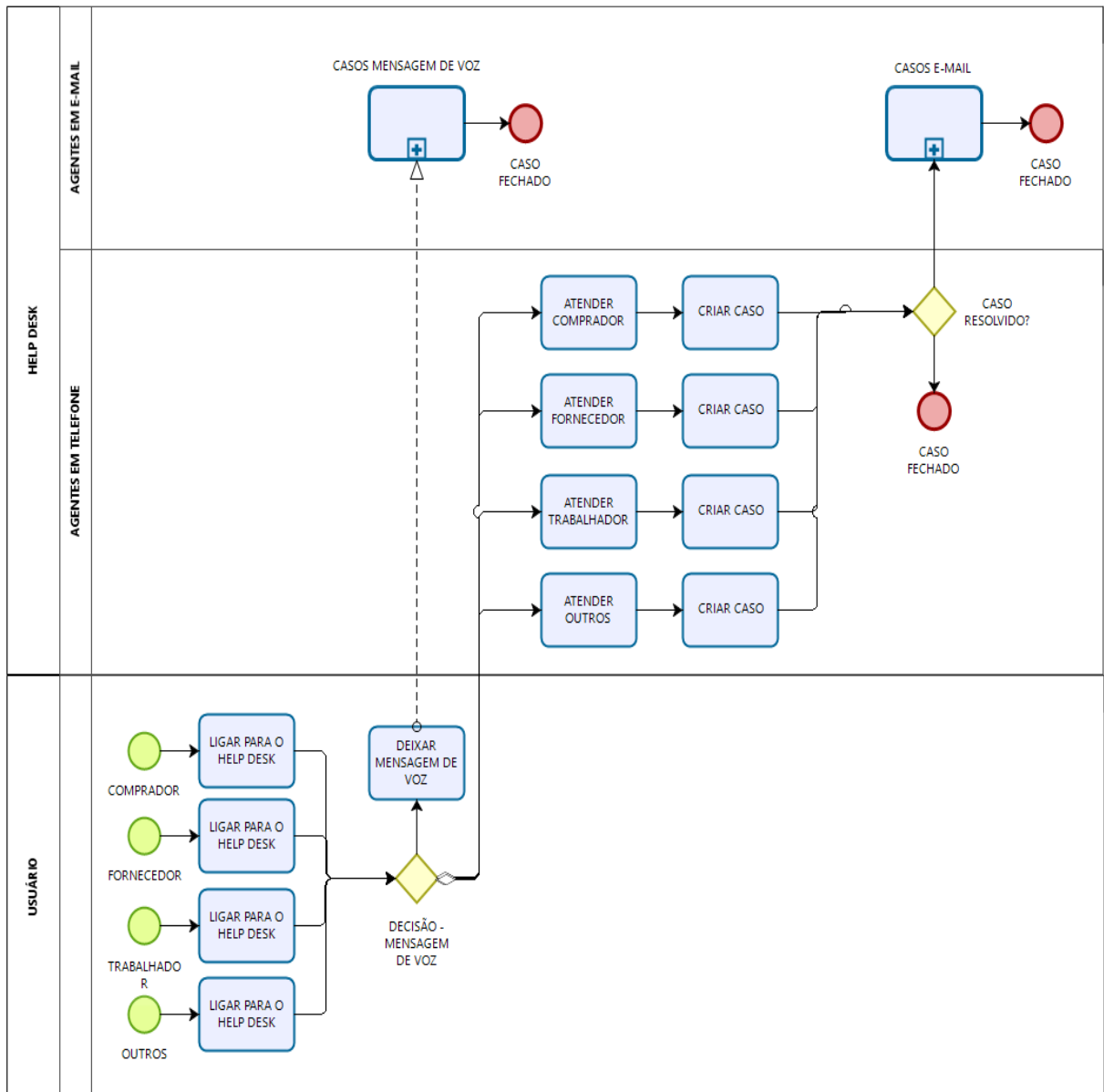


**Fonte:** elaborada pelos autores.

Os dados de entrada a serem utilizados no sistema computacional são: tempo médio para atendimento dos quatro usuários, tempo médio de atendimento dos quatro usuários, tempo médio até abandono e taxa de criação de mensagens de voz. Os dados de saída de interesse a este estudo são: tempo médio de espera dos quatro usuários e quantidade de chamadas abandonadas.

O modelo conceitual elaborado a partir do *software Bizagi* para este estudo pode ser observado na Figura 2.

**Figura 2 - Modelo conceitual**



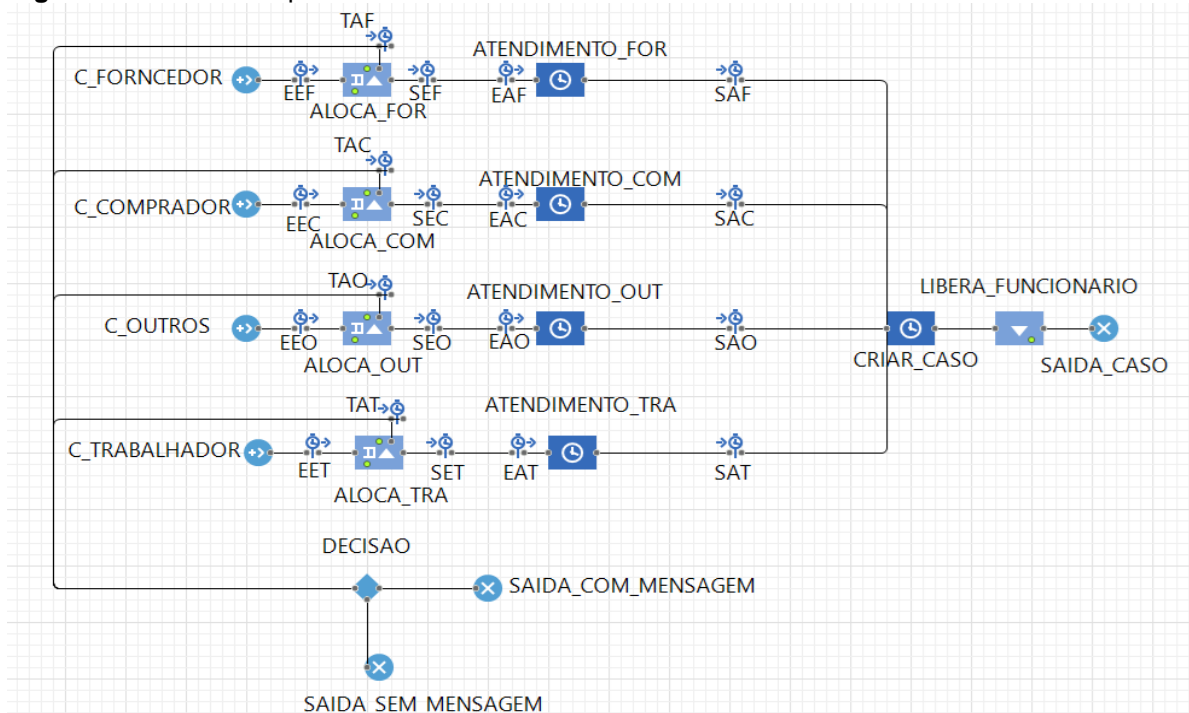
Fonte: elaborado pelos autores.

## 4.2 Modelo computacional

O modelo computacional proposto para este trabalho foi criado através do *AnyLogic*, este software combina os métodos de simulação por eventos discretos, sistemas dinâmicos, e modelagem baseada em agentes. A possibilidade de elaborar e otimizar um sistema através de uma só plataforma o consolida como uma ferramenta robusta no meio da simulação acadêmica. A partir dos dados previamente descritos, a modelagem é iniciada e possui como referência o modelo conceitual.

O modelo se inicia com uma ligação e a escolha do tipo de usuário. A partir desta seleção o cliente será posto em uma fila de espera que segue o critério FIFO. Durante o tempo de espera há a escolha de desistir da fila de espera, optando ou não por gravar uma mensagem de voz que seria posteriormente atendida pelos agentes no turno de e-mail. Historicamente, 30% dos usuários que abandonam a fila gravam uma mensagem de voz. A figura 3 apresenta o modelo computacional, este representando a operação real do sistema.

**Figura 3 - Modelo Computacional**



**Fonte:** elaborado pelos autores.

Durante o atendimento o agente irá coletar as informações referentes a conta do usuário e aos seus questionamentos, podendo ou não apresentar uma solução durante o atendimento via telefone. Após finalizar o atendimento, é também de responsabilidade do agente criar um caso. O tempo de criação está fixado em 5 minutos pois o tempo sobressalente após a elaboração é utilizado para descanso ou alimentação. Ao final dos 5 minutos o agente está disponível novamente para efetuar outro atendimento. Por meio da ferramenta *Schedule*, foi possível alocar diferentes quantidades de agentes por hora, representando fielmente a operação real. A quantidade de agentes por hora foi extraída da escala original para semana escolhida.

### 4.3 Validação e verificação

Conforme proposto por Corrêa (2002), o presente modelo é validado de forma objetiva e subjetiva. Validações objetivas estão associadas ao uso de procedimentos matemáticos ou testes estatísticos. As validações subjetivas são as opiniões dadas pelos agentes.

Inicialmente, é necessário realizar o cálculo da quantidade de replicações ( $n^*$ ) necessárias para atingir resultados acurados. A primeira etapa deste processo consiste em estipular a precisão desejada ( $h^*$ ) e “rodar” o modelo computacional com 10 replicações. Em sequência, é calculada a precisão real ( $h$ ) das 10 replicações a partir do cálculo de *Half-Width*. Caso  $h$  seja maior que  $h^*$ , o número de replicações é dado como aceitável para simular o sistema real. Este modelo foi validado com uma confiança estatística de 95% (portanto  $\alpha = 0,05$ ) e uma precisão tal que  $h^*$  seja de, no máximo, 0,5 minuto. Como a precisão desejada não foi alcançada, deve-se aumentar a quantidade de replicações. Os resultados das operações, bem como os valores utilizados podem ser observados na Tabela 4.

Com o número de replicações definidos de modo que a precisão de 0,5 minuto seja alcançada, o modelo computacional é executado novamente. Conforme proposto por Law e Kelton (2000), suas variáveis de saída são validadas no *software* R utilizando a metodologia do teste de Welch, com 95% de confiança. Os valores reais das variáveis de saída foram obtidos através de relatórios gerados pelo sistema utilizado pelo *call center* para recebimento de ligações e também são referentes a segunda semana de fevereiro do ano de 2020.

**Tabela 4** - Número de Replicações

Variável	Comprador	Trabalhador	Fornecedor	Outros
Média	5,83	5,87	7,02	6,51
Desvio Padrão	1,06	0,86	1,19	1,06
Replicações Inicial ( $n$ )	10	10	10	10
Percentil Distribuição ( $t$ )	2,26	2,26	2,26	2,26
Precisão Atual ( $h$ )	0,61	0,76	0,85	0,75
Replicações Revisado ( $n^*$ )	15	23	29	23

**Fonte:** elaborado pelos autores.



A Tabela 5 apresenta os resultados alcançados através do teste de Welch, também conhecido por t-test. As hipóteses a serem validadas pelo teste são:

*H<sub>0</sub>: os valores reais e simulados são iguais;*

*H<sub>1</sub>: os valores reais e simulados são diferentes.*

**Tabela 5** - Teste de Welch

<b>Tempo Médio de Espera</b>	<b>Média Real</b>	<b>Média Simulada</b>	<b>p-value</b>
Comprador	6,98	6,46	0,1075
Trabalhador	5,96	6,11	0,3833
Fornecedor	8,25	7,85	0,1405
Outros	6,66	6,75	0,6377

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Os valores de p-valor são superiores a 0,05 (Tabela 5), isto é, não há diferença significativa entre as médias simuladas e reais. Deste modo, a hipótese nula é aceita para as variáveis de saída de interesse. Com o modelo estaticamente validado, dois conjuntos de dados simulados são apresentados a membros da organização, sendo um deles de entrada e o outro de saída. Dado que os agentes não foram capazes de distinguir se os conjuntos foram obtidos no sistema real ou estatístico, o modelo é validado novamente conforme proposto em Corrêa (2002) de forma subjetiva.

## **5 OTIMIZAÇÃO: ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS**

Esta seção tem como objetivo analisar as variáveis de saída do modelo computacional e, otimizá-lo com auxílio do software *Anylogic*, de forma que as diretrizes de qualidade da empresa sejam atendidas.

### **5.1 Análise inicial dos dados de saída**

A partir do conjunto de dados de saída obtido durante a etapa de validação, dá-se início a sua análise. No período que se refere a elaboração e aplicação deste estudo, a operação do *Help Desk* possui somente uma métrica de qualidade, o tempo de espera para atendimento. Esta escolha vai de encontro a literatura, onde Souza

(2010), estabelece que altos tempos de espera estão diretamente ligados a insatisfação do cliente.

Os padrões de qualidade estabelecidos pela organização definem que, 85% das ligações atendidas devem possuir um tempo de espera inferior a 5 minutos. Esse indicador é denominado MBO e sua data de concepção é posterior a segunda semana de fevereiro, conseqüentemente, não existem dados oficiais que possam ser comparados aos da simulação.

Após a execução do modelo as informações recolhidas pela ferramenta de *TimeMeasure* são armazenadas na pasta de *Database*. A partir das informações obtidas é possível confirmar que somente 55% das ligações foram atendidas dentro do tempo de 5 minutos. Visto que a operação não está dentro dos parâmetros de qualidade, um pressuposto simples no que diz respeito a resolução deste problema é a alocação adicional de recursos na central de atendimento. Esta opção é vista como viável pela gerência da organização, pois o *call center* atua somente com 50% da sua capacidade máxima e não geraria acréscimo aos custos da empresa, ponto focal explorado nos trabalhos de Bouzada (2009), Souza (2010) e Cruz (2019).

## 5.2 Otimização *AnyLogic*

O *Anylogic* é uma plataforma de simulação que oferece ferramentas de otimização. A plataforma de otimização é facilmente gerada, sendo necessário somente a criação de um novo experimento e seleção do *Experiment Type* como *Optimization*. Sua definição no sistema vai de encontro a literatura, é caracterizada pela procura do conjunto de parâmetros que corresponde ao melhor valor da função objetiva fornecida. Também é possível estabelecer uma série de restrições sobre os parâmetros e especificar variáveis do modelo.

Durante o processo de otimização, são introduzidos elementos necessários para a utilização da ferramenta, sendo os principais *Function* e *Parameters*. Primeiramente, é necessário definir qual a função objetivo da otimização e se é desejado minimizar ou maximizar seus resultados. Ao discutir este ponto com a gerência do *help desk*, é definido que a empresa deseja obter o mínimo de abandonos durante a espera para atendimento. A partir da ferramenta *TimeMeasure*, foram elaborados quatro novos *outputs*, estes armazenando a quantidade de abandonos por

linha de atendimento. Posteriormente, uma função é criada de modo que retorne a soma dos quatro recém-criados *outputs*. Esta função é então introduzida ao módulo de otimização norteando a operação de forma que o número de abandonos seja minimizado.

Como se deseja saber o número ideal de agentes por hora, é elaborado um parâmetro que represente o número de agentes disponíveis. Este sendo diretamente associada ao *Resource Pool*, e, conseqüentemente, ao *Schedule*. Durante a otimização o número de funcionários poderá alcançar 0 como valor mínimo e 20 como máximo, variando com passo 1. A partir das informações acima, neste momento, é possível otimizar o sistema de modo que o número de abandonos seja minimizado. Contudo, a gerência não deseja disponibilizar mais recursos que o necessário para obtenção do MBO em 85%. É então necessária a criação de um novo parâmetro, que irá agir como restrição da otimização.

A fim de obter matematicamente o valor de MBO, são utilizados dois novos parâmetros em conjunto com linguagem JAVA e a ferramenta *Variable*. Os parâmetros são denominados *assignedAgent* e *timeArrived* e estão associados ao *Agent* 'caso'. Em todos os elementos do tipo *Source*, a expressão "*agent.timeArrived = time()*" é utilizada como ação. Em complemento a ação acima, também é inserido equações em todos as ferramentas de tipo *Seize*, conforme segue: "**double** *twait = time() - agent.timeArrived*"; "**if**(*twait* <= 5) *nOK1++*"; "**else** *nLate1++*".

O modelo é então otimizado com 30 replicações por interação, os valores ideais de agentes por hora podem ser observados abaixo, na Tabela 6:

**Tabela 6** - Agentes por Hora Revisado

Hora	Atual	Otimizado	Quantidade
09:00	7	10	+3
10:00	9	12	+3
11:00	9	12	+3
12:00	9	12	+3
13:00	7	14	+7
14:00	8	14	+6
15:00	9	12	+3
16:00	10	12	+2
17:00	5	10	+5
18:00	7	8	+1
19:00	7	6	-1
20:00	4	5	+1

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Em resumo, caso o tempo de espera seja inferior ou igual a 5 minutos é somado 1 a variável *nOK1*, caso contrário, o valor é adicionado a variável *nLate1*. A partir destas variáveis, é então gerado uma função que retorne essa relação (MBO) que será exportada em forma de parâmetro e também em *outputs* para análises gráficas. Esta relação é inserida na otimização em forma de restrição, de maneira que o modelo minimize o número de casos abandonados, mas contenha um MBO de exatamente 85%.

### 5.3 Análise dos dados de saída revisados

Com o sistema otimizado de modo que o MBO seja 85%, é feita uma comparação de suas variáveis de saída. Os valores da Tabela 7 apresentam diminuições muito significativas, tanto no TMEF quanto no número de abandonos.

**Tabela 7** - Comparação de Cenários

Variável	Cenário Atual	Cenário Otimizado	▲	%
TMEF - Comprador	6,46	2,3	4,16	-64%
TMEF - Trabalhador	5,96	2,36	3,6	-60%
TMEF - Fornecedor	8,25	2,76	5,49	-66%
TMEF - Outros	6,66	2,39	4,27	-64%
Abandonos	80	25	55	-69%
MBO	55%	85%	30	+30%

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Embora o objetivo proposto para este estudo, otimizar o cenário atual de maneira que o MBO de 85% seja atendido e o número de agentes ótimo definido, tenha sido alcançado, é dada continuidade ao estudo de seus resultados. É realizado um experimento alterando o número de funcionários somente nos horários com maior deficiência (13:00; 14:00 e 17:00), seus resultados estão sintetizados na Tabela 8.

**Tabela 8** - Cenário Alternativo

Variável	Cenário Atual	Cenário Alternativo	▲	%
TMEF - Comprador	6,46	3,02	3,44	-53%
TMEF - Trabalhador	5,96	4,18	1,78	-29%
TMEF - Fornecedor	8,25	4,69	3,56	-43%
TMEF - Outros	6,66	3,97	2,69	-40%
Abandonos	80	46	34	-43%
MBO	55%	72%	17	17%

**Fonte:** elaborado pelos autores.

Verifica-se que os dados da Tabela 8, também indicam diminuições significativas nos TMEFs e aumento de dezessete pontos percentuais no indicador de MBO. Em conclusão, é criado o Quadro 3, em que se propõem ações a serem tomadas pela gerência do *call center*. É essencial ressaltar que o presente estudo foi realizado com dados de períodos pré-pandemia, portando, os valores obtidos para a escala ideal não serão utilizados de imediato.

**Quadro 3** - Sugestões para a gerência

Ator	Ação	Justificativa
Gerência	Revisitar análise com dados de períodos mais recentes, visando uma atualização no número ótimo de agentes obtido.	Verificar se ainda existem discrepâncias nos valores de agentes por hora entre as escalas geradas manualmente e pelo processo de otimização.
Supervisores	Criação de uma semana piloto para aplicação e validação das escalas geradas a partir do modelo computacional.	Comparar se houve melhora real nos dados de saída (TMEFs) e MBO.
Supervisores	Reformular a metodologia de geração de escalas de trabalho.	Caso a semana piloto seja bem-sucedida, é de interesse dos Supervisores rever o processo de geração de escalas. Adaptando o mesmo de forma que englobe o processo de simulação ou outras análises de caráter matemático/estatístico.
Gerência	Ampliar o escopo de análise, de modo que os períodos referentes as atualizações também sejam analisadas individualmente.	Os dias subsequentes às atualizações do sistema tendem a ter um alto volume de ligações e baixos níveis de MBO.

**Fonte:** elaborado pelos autores.

## 5.4 Discussão dos Resultados

As análises realizadas previamente a execução desse trabalho apresentam resultados relevantes na composição de um estudo sobre os processos de simulação e otimização. Dessa forma, o presente trabalho apresenta uma discussão acerca de suas contribuições a comunidade acadêmica e a gerência do *call center*.

Durante a execução desse trabalho, foi verificada uma escassez de pesquisas nacionais que fazem uso de ferramentas de simulação no setor de *call center*. O presente trabalho então enrijece este acervo nacional, validando métodos e técnicas observadas na literatura, porém, diferencia-se ao analisar uma operação de *help desk* que possui seus funcionários distribuídos entre dois canais de atendimento e que não requer contratações para executar cenários alternativos no sistema real.

O trabalho de Pazeto (2000), teve como objetivo analisar o dimensionamento de uma central de atendimento e compreender os impactos que tendências futuras podem apresentar na operação. O trabalho é caracterizado por definir sua carga de trabalho de acordo com variações sazonais e por realizar suas simulações por meio de médias dos meses estudados. Os trabalhos se assemelham já que ambos os grupos de agentes analisam qualquer solicitação. No entanto, se diferem no que se diz respeito aos dados de entrada, sendo elaborado no presente estudo um sistema mais acurado, utilizando o tempo entre ligações real para a semana estudada.

O trabalho de Bouzada (2009), expõe conclusões similares ao desta pesquisa. Segundo o autor, é possível diminuir o número de agentes em certos horários, sem comprometer os indicadores de qualidade. Além disso, o autor também constata que variações no volume de ligações, caracterizados como horários de picos, impactam diretamente os indicadores de desempenho, e aponta para a necessidade de antecipar tais grandezas.

Leite e Rangel (2012), também analisaram uma central de atendimento através da conjunção de simulação e otimização. Diferenciam-se do presente estudo ao compararem os resultados obtidos aos resultados equivalentes da calculadora de *Erlang*, mostrando-se muito similares.

Constata-se que a simulação em conjunto com otimização emerge como uma nova ferramenta potencial para o repertório da gerência. Suporta seu processo

decisório de maneira sucinta e eficaz, na medida que permite avaliar os efeitos que as alterações nos parâmetros do sistema possuem sobre as variáveis de performance.

Em conclusão, este trabalho foi capaz de representar fielmente o sistema real estudado. A partir do processo de simulação com otimização, foi possível responder a duas perguntas-chaves realizadas pela gerência das centrais de atendimento: “onde estamos?” e “para onde vamos?”, suas respectivas respostas sendo, “estamos atualmente em uma operação que não atende o MBO estabelecido de 85%” e “é necessário revisar a metodologia utilizada para geração de escalas de trabalho”.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo simular computacionalmente um *call center*, analisar suas características e, por fim, otimizar a operação de modo a atender os padrões de qualidade da organização. Para isso, o objetivo geral foi fragmentado em quatro objetivos específicos, sendo eles: desenvolver um modelo de simulação que retrate o funcionamento do *call center* estudado; validar estaticamente o modelo de simulação; otimizar o cenário atual através do software *AnyLogic*; e discutir e analisar seus resultados.

Ao avaliar o comportamento do modelo, verificou-se que a operação não atendeu os valores mínimos estabelecidos para os indicadores de qualidade, demandando uma reestruturação de seus agentes. A partir do software *Anylogic*, foi obtido o número ótimo de agentes, explicitando seus horários de maior deficiência e possibilitando diferentes análises.

Tendo que o *Help Desk* estudado é constituído por dois canais de atendimento, e-mails e *call center*, foi possível realizar o processo de otimização somente com recursos já existentes, diferenciando-se da literatura, que carece em cenários que possam ser facilmente testados no sistema real. Considerando os resultados obtidos, é possível afirmar que o presente trabalho atende aos objetivos propostos de forma objetiva e sucinta, desenvolvendo o acervo da literatura nacional de simulação e *call centers* e mostrando-se efetivo no que se refere à proposta geral do trabalho.

Por ser uma solução de *Vendor Management System* (VMS), que possui como grandes clientes as empresas que demandam trabalhadores temporários, sua operação foi fortemente afetada pela pandemia de COVID-19. Ao passo que a

pandemia se alastrava, seus clientes foram obrigados a desligarem seus funcionários temporários e congelarem novas contratações. Com a súbita queda na demanda, seus indicadores de atendimento apresentaram melhoras proporcionais, não sendo necessário um processo de otimização. Na concepção desse trabalho, era de interesse do autor realizar estudos de períodos mais recentes, obtendo um panorama o mais próximo do atual. Por fim, a escala otimizada seria aplicada no sistema real e seus valores comparados com o do sistema simulado.

Uma outra limitação é a carência de dados do canal de e-mail, impossibilitando sua simulação em conjunto com a operação de *call center*. Atualmente, a empresa de estudo não computa os dados do tempo de atendimento para os casos tratados por e-mail, tornando impraticável uma simulação que representasse o cenário real com fidelidade. Esses dados seriam utilizados para análises de *trade-offs*, ou seja, o quanto a escala otimizada impactaria a operação por e-mail e seus respectivos indicadores.

Primeiramente, sugere-se dar continuidade a este trabalho após normalização da demanda, realizando uma nova análise e verificando a necessidade de otimização. Em caso afirmativo, é sugerido aplicar a escala otimizada no sistema real, possibilitando a análise dos seus reais impactos em comparação com o modelo computacional. Também é visto como de interesse da empresa a obtenção de dados acurados sobre sua operação por e-mail, podendo-se preencher essa lacuna ao empregar ferramentas que possibilitem tais estudos. Futuramente, estes dados podem ser utilizados em novos processos de simulação.

É importante ressaltar que a semana estudada não abrangia os períodos em que o sistema recebe atualizações, que sofrem um aumento significativo em sua demanda. Este cenário pode também ser analisado, de forma que seus impactos sejam explicitados, em ambos os canais de atendimento, e se caracterizados como negativos, evitados.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. **Introdução a Pesquisa Operacional**. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.



AVRAMIDIS, A.; L'ECUYER, P. Modeling and Simulation of Call Centers. **Proceedings of the 37th Winter Simulation Conference**, Orlando, FL, USA, p. 4-7, 2005. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/WSC.2005.1574247>

BAPAT, V.; PRUITTE, E. **Using simulation in call centers**. Proceedings of the Winter Simulation Conference, p.1395-1399, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/WSC.1998.746007>

BOUZADA, M. A. C. Dimensionamento de um Call Center: Simulação ou Teoria de Filas? *In*: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS – SIMPOI, FGV – EAESP, XII, São Paulo. **Anais** [...], 2009. Disponível em: <http://docplayer.com.br/16288780-Anais-dimensionamento-de-um-call-center-simulacao-ou-teoria-de-filas.html>. Acesso em: 20 out. 2020.

BOUZADA, M. A. C. **O uso de ferramentas quantitativas em call centers**: o caso Contax. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://docplayer.com.br/760171-O-uso-de-ferramentas-quantitativas-em-call-centers-o-caso-contax.html>. Acesso em: 20 out. 2020.

CHOKSHI, R. Decision support for call center management using simulation. **Winter Simulation Conference Proceedings**. 'Simulation - A Bridge to the Future' Phoenix, AZ, USA, v. 2, 1999, p. 1634-1639. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/WSC.1999.816903>

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos**: teoria e aplicações. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

CORRÊA, S. C. A Simulação em Monografias de Graduação da Engenharia de Produção. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXII. **Anais** [...]. Curitiba, 2002. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002\\_TR111\\_0388.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR111_0388.pdf). Acesso em: 20 out. 2020.

CRUZ, G. Análise do processo de atendimento ao cliente em uma empresa de software por meio da simulação e metamodelagem. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XXXIX. **Anais** [...]. Santos-SP, 2019. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013\\_TN\\_STP\\_177\\_012\\_22742.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_177_012_22742.pdf). Acesso em 18 ago. 2020.

EXAME – Revista Exame On line. **Brasil e Argentina puxam crescimento de TI na América Latina em 2020**. Disponível em: <https://exame.com/tecnologia/brasil-e-argentina-puxam-crescimento-de-ti-na-america-latina-em-2020/>

FERREIRA, R. P. M.; LOPES, C. L.; SILVA, G. R. L. **Modelo de Simulação Multiagentes de uma Central de Teleatendimento**. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, VI, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: [https://www.cos.ufrj.br/~ines/enia07\\_html/pdf/27989.pdf](https://www.cos.ufrj.br/~ines/enia07_html/pdf/27989.pdf). Acesso em: 18 ago. 2020.

FISHMAN, G. S. **Discrete-event simulation**: modeling, programming and analysis. 1. Ed. New York: Springer-Verlag, 2001.

HALL, B.; ANTON, J. **Optimizing your call center through simulation**. call center solutions magazine. Oct. 1998.

HAWKINS, D. M. **Identification of outliers**. 1. Ed. Netherlands: Springer, 1980.

KLUNGLE, R.; MALUCHNIK, J. **The role of simulation in call center management**. Michigan: MSUG Conference, 1997.

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis**. 3. ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.

LEITE, O. S.; RANGEL, J. J. A. Simulação com Otimização: uma Aplicação para o Dimensionamento de Centrais de Atendimento. p. 244–260, 2012. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, v. 4, n. 7, 2012, p. 244-260. Disponível em: <http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/1329/pdf>. Acesso em: 20 out. 2020.

MA, J.; KIM, N.; ROTHROCK, L. Performance assessment in an interactive call center workforce simulation. **Simulation Modelling Practice and Theory**, v. 19, n. 1, 2011, p. 227–238. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2010.06.008>

MEHROTRA, V.; FAMA, J. Call center simulation modeling: Methods, challenges, and opportunities. **Winter Simulation Conference Proceedings**, v. 1, n. 1, 2004, p.135-143. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/WSC.2003.1261416>

PAZETO, T. **Metodologia para o Planejamento de Capacidade de Call Center**. Dissertação de Mestrado em Ciências da Computação. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis- SC, 2000. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/79167/176850.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 ago. 2020.

RAMÍREZ, J. **Simulação por eventos discretos para a otimização de uma clínica de fisioterapia**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 2006. Disponível em: <http://docplayer.com.br/20134038-Simulacao-por-eventos-discretos-para-a-otimizacao-de-uma-clinica-de-fisioterapia-javier-villamizar-ramirez.html>. Acesso em: 12 ago. 2020.

SOUZA, R. A. **Otimização das escalas de trabalho dos atendentes e dimensionamento de um call center receptivo**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/93556/288536.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 ago. 2020.

TANIR, O.; BOOTH, R. J. **Call Center simulation in Bell Canada**. *In*: WINTER SIMULATION CONFERENCE, Canadá, 1999, p. 1640-1647. Disponível em: <https://www.informs-sim.org/wsc99papers/237>. Acesso em: 22 ago. 2020.

Artigo recebido em: 02/08/2021 e aceito para publicação em: 19/12/2022  
DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v22i1.4415>