

**CONRADO HOTTA ANSAI**

**APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO PARA REDIMENSIONAMENTO E MELHORIA DE  
UMA CENTRAL DE ATENDIMENTO**

**São Paulo  
2018**



**CONRADO HOTTA ANSAI**

**APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO PARA REDIMENSIONAMENTO E MELHORIA DE  
UMA CENTRAL DE ATENDIMENTO**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de São  
Paulo para a obtenção do diploma de  
Engenheiro de Produção

**São Paulo  
2018**



**CONRADO HOTTA ANSAI**

**APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO PARA REDIMENSIONAMENTO E MELHORIA DE  
UMA CENTRAL DE ATENDIMENTO**

Trabalho de Formatura apresentado à  
Escola Politécnica da Universidade de São  
Paulo para a obtenção do diploma de  
Engenheiro de Produção

Orientador: Prof. Dr. Daniel de Oliveira Mota

**São Paulo**

**2018**

### Catálogo-na-publicação

Ansai, Conrado Hotta

Aplicação de simulação para redimensionamento e melhoria de uma central de atendimento / C. H. Ansai –São Paulo, 2018.

87 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1. Central de atendimento 2. Simulação 3. Teoria de filas I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II. t.

Dedico este trabalho à minha família e amigos.





## **AGRADECIMENTOS**

À minha família, que sempre apoiou minhas escolhas, fornecendo os meios e os exemplos para as minhas conquistas. Agradeço o carinho incondicional e o incentivo aos estudos, desde pequeno até a minha formatura.

Ao Professor Doutor Daniel de Oliveira Mota pela dedicação e profissionalismo em toda a orientação. Seus direcionamentos e conhecimento foram essenciais para a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos que sempre me apoiaram e compartilharam momentos de alegria e crescimento ao meu lado. A universidade se tornou um ambiente leve e descontraído ao longo da minha formação graças à vocês.



*“Worrying does not make any difference, but working does and spirituality gives one the strength to work.”*

**(Sri Sri Ravi Shankar)**



## **RESUMO**

O gerenciamento das centrais de atendimento tem se tornado cada vez mais complexo à medida que o mercado adota novas tecnologias e as exigências de nível de serviço aumentam. Diante desse cenário, os gestores necessitam de técnicas e ferramentas capazes de proporcionar mais assertividade em suas escolhas. A simulação surge como uma ferramenta de auxílio à tomada de decisão, garantindo a visualização e análise de possíveis cenários de operação.

O estudo apresenta a aplicação de simulação em uma central de atendimento de uma empresa de pequeno porte, identificando as alterações necessárias para uma maior eficiência do processo. A empresa em estudo apresenta um crescimento do número de clientes contínuo, gerando o aumento na demanda de serviço.

Diferentes cenários foram analisados e simulados com o software Simul8 de forma a possibilitar a determinação do modo de operação e da quantidade de atendentes necessários para se obter um nível de serviço desejado na central de atendimento.

Palavras-Chave: Central de atendimento. Simulação. Teoria de filas.



## **ABSTRACT**

Managing call centers has become increasingly complex as the market adopts new technologies and service level requirements increase. Given this scenario, managers need techniques and tools capable of providing more assertiveness in their choices. The simulation appears as a tool to aid decision making, ensuring the visualization and analysis of possible operating scenarios.

The study presents the simulation application in a call center of a small company, identifying the necessary changes for a greater efficiency of the process. The company under study has a continuous increase in the number of customers, generating an increase in the demand for service.

Different scenarios were analyzed and simulated with the software Simul8 in order to determine the mode of operation and the number of attendants needed to obtain a desired level of service in the call center.

**Keywords:** Call center. Simulation. Theory of queues.





## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	-	Evolução da receita mensal da Ticket Center.....	14
Figura 2	-	Distribuição geográfica da Ticket Center.....	15
Figura 3	-	Método científico de simulação .....	32
Figura 4	-	Classificação de simulação.....	33
Figura 5	-	Fluxograma de um projeto de simulação .....	34
Figura 6	-	Exemplo da interface do Software Simul8.....	37
Figura 7	-	Fluxograma da metodologia do projeto .....	43
Figura 8	-	Síntese de geração e origem de tickets .....	49
Figura 9	-	Fluxo de Atendimento.....	50
Figura 10	-	Geração de tickets por hora do dia .....	51
Figura 11	-	Geração de tickets por horário e grupo .....	52
Figura 12	-	Modelo piloto de simulação .....	59
Figura 13	-	Dashboard de filas cenário atual.....	60
Figura 14	-	Dashboard de filas cenário 1 .....	63
Figura 15	-	Dashboard de filas cenário 2 .....	65
Figura 16	-	Dashboard de filas cenário 3 .....	67
Figura 17	-	Qtde. de abandono de sistema por cenário .....	69
Figura 18	-	Taxa de atendimento por cenário.....	70



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	-	Componentes de uma central de atendimento .....	20
Quadro 2	-	Indicadores de performance de atendimento .....	21
Quadro 3	-	Disciplina de filas .....	24
Quadro 4	-	Indicadores de sistemas de filas .....	24
Quadro 5	-	Modelo de filas .....	25
Quadro 6	-	Indicadores do modelo $M/M/c/\infty/\infty$ .....	26
Quadro 8	-	Grupos comparativos de clientes .....	46
Quadro 9	-	Análise comparativa de solicitações .....	46
Quadro 10	-	Participação do grupo de clientes <i>premium</i> .....	47
Quadro 11	-	Classificação de tickets .....	49
Quadro 12	-	Porcentagem de geração de tickets por grupo .....	51
Quadro 13	-	Geração de tickets por horário e origem .....	52
Quadro 14	-	Tempo de atendimento de tickets .....	53
Quadro 15	-	Disponibilidade dos funcionários .....	54
Quadro 16	-	Inputs do modelo de simulação piloto .....	58
Quadro 17	-	Indicadores de desempenho cenário atual .....	61
Quadro 18	-	Indicadores de desempenho cenário 1 .....	64
Quadro 19	-	Indicadores de desempenho cenário 2 .....	66
Quadro 20	-	Indicadores de desempenho cenário 3 .....	67
Quadro 21	-	Síntese de resultados de cenários .....	68



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>BI</b>	<i>Business Intelligence</i>
<b>EDD</b>	<i>Earliest Due Date</i>
<b>FIFO</b>	<i>First In First Out</i>
<b>LIFO</b>	<i>Last In First Out</i>
<b>SaaS</b>	<i>Software as a Service</i>
<b>SPT</b>	<i>Shortest Process Time</i>
<b>URA</b>	Unidade de resposta audível
<b>VDN</b>	<i>Vector directory number</i>



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
1.1	LOCAL E ÁREA DE ESTUDO .....	14
1.2	PROBLEMA ESTUDADO .....	16
1.3	OBJETIVO DO TRABALHO .....	17
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	17
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>19</b>
2.1	CENTRAL DE ATENDIMENTO .....	19
2.1.1	<i>Desafios envolvendo centrais de atendimento .....</i>	<i>20</i>
2.1.2	<i>Medidas de performance .....</i>	<i>21</i>
2.2	TEORIA DAS FILAS .....	22
2.2.1	<i>Conceitos de teoria de filas .....</i>	<i>23</i>
2.2.2	<i>Modelos de fila de espera.....</i>	<i>25</i>
2.2.3	<i>Limitações da teoria das filas em Centrais de Atendimento .....</i>	<i>27</i>
2.2.4	<i>Conceitos estatísticos.....</i>	<i>28</i>
2.2.4.1	<i>Distribuição de Poisson .....</i>	<i>29</i>
2.2.4.2	<i>Distribuição exponencial.....</i>	<i>30</i>
2.3	SIMULAÇÃO.....	31
2.3.1	<i>Simulação em centrais de atendimento.....</i>	<i>35</i>
2.3.2	<i>Software de simulação Simul8 .....</i>	<i>36</i>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>39</b>
3.1	METODOLOGIA DE PESQUISA .....	39
3.1.1	<i>Coleta de dados .....</i>	<i>40</i>
3.2	METODOLOGIA DO PROJETO .....	41
<b>4</b>	<b>PROJETO .....</b>	<b>45</b>
4.1	ESTUDO E FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	45
4.2	COLETA DE DADOS.....	47
4.2.1	<i>Processo interno atual do Departamento de Atendimento .....</i>	<i>48</i>
4.2.2	<i>Dados de atendimento .....</i>	<i>50</i>
4.2.2.1	<i>Telefone .....</i>	<i>54</i>
4.2.2.2	<i>Chat.....</i>	<i>55</i>
4.2.2.3	<i>E-mail .....</i>	<i>56</i>
4.3	CONSTRUÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO .....	57
4.3.1	<i>Validação do modelo de simulação .....</i>	<i>59</i>
4.4	CENÁRIOS SIMULADOS .....	62
4.4.1	<i>Cenário 1 – Mudança na priorização de tickets.....</i>	<i>63</i>
4.4.2	<i>Cenário 2 – Redimensionamento da equipe.....</i>	<i>64</i>
4.4.3	<i>Cenário 3 – Mudança na priorização de tickets com redimensionamento da equipe .....</i>	<i>66</i>
4.5	ANÁLISE COMPARATIVA DE RESULTADOS.....	68
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>71</b>
	<b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>73</b>





# 1 INTRODUÇÃO

A central de atendimento de uma empresa é o local onde são concentradas as demandas dos clientes, ou seja, a maior parte das interações entre o cliente e a empresa é realizada nesse espaço. O gerenciamento das centrais de atendimento tem se tornado cada vez mais complexo à medida que as mesmas passaram a adotar novas tecnologias e as exigências de nível de serviço aumentaram (TESSLER, 2002).

Em um mundo com constantes mudanças e repleto de instituições complementares, uma empresa deve estar atenta a concorrência e obter vantagem em todos os aspectos possíveis. Segundo Conceição, Loureiro e Gonçalves (2009), a evolução da tecnologia e as mudanças do perfil do consumidor fizeram com que o foco das empresas fosse centrado no cliente. Neste contexto, as centrais de atendimento surgem como ferramenta estratégica em busca da fidelização dos clientes e da transmissão de uma boa experiência.

O advento da Internet proporcionou fácil acessibilidade a informações e transformou o modo de comunicação com o cliente. A visão do usuário sobre a empresa é um dos maiores mecanismos de marketing, tanto positiva quanto negativamente. De acordo com Reichheld (2003), clientes satisfeitos atuam como disseminadores da marca e trazem novos consumidores, gerando um crescimento empresarial orgânico e saudável. Insatisfação e opiniões negativas, por outro lado, geram um reflexo negativo financeira e estrategicamente para as empresas. Caso o nível de frustração seja alto ou recorrente, os usuários tendem a buscar novas opções no mercado.

Segundo Bouzada (2009) a simulação surge como uma ferramenta de auxílio a tomada de decisões e planejamentos estratégicos de uma empresa, reduzindo a aleatoriedade de presente em processos internos e sendo capaz de traduzir dados brutos em informações úteis.

Dessa forma, este trabalho aplicou métodos de simulação para investigar a operação de uma central de atendimento de uma empresa de pequeno porte, buscando a melhoria de processos e o redimensionamento de recursos dedicados ao atendimento do cliente.

## 1.1 Local e área de estudo

Este trabalho foi realizado na Área de Atendimento ao Consumidor de uma empresa de pequeno porte que utiliza a computação em nuvem para oferecer software como um serviço, ou seja, uma Startup SaaS (*Software as a Service*).

A pedido da empresa, o nome e informações sobre departamentos que não pertencem ao escopo da Área de Atendimento ao Consumidor não foram divulgados por motivos de confidencialidade e, desse modo, a instituição em estudo receberá um nome fictício **Ticket Center**. Os dados necessários para a análise e desenvolvimento do trabalho foram obtidos por meio da área interna de Business Intelligence. Além disso, é importante ressaltar que algumas informações como ticket médio dos clientes foram multiplicadas por um determinado fator de modo a manter o sigilo interno e não prejudicar os resultados obtidos.

A Ticket Center é uma das líderes de venda dentro do seu nicho de mercado e tem apresentado um crescimento contínuo em sua receita, como pode ser visto na figura 1.

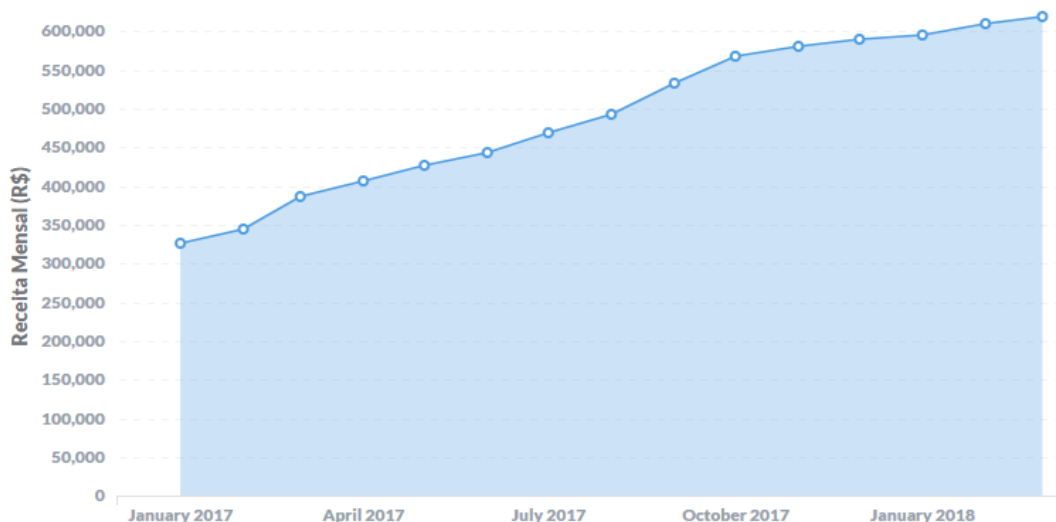


Figura 1 - Evolução da receita mensal da Ticket Center  
Fonte: Elaborado pelo Autor (abril 2018)

A atuação da empresa no âmbito nacional se concentra no estado de São Paulo, porém a gerência da empresa tem como objetivo atual a estruturação de

processos internos e crescimento organizado em busca de uma maior participação nas outras regiões do país.



Figura 2 - Distribuição geográfica da Ticket Center

**Fonte: Elaborado pelo autor (abril 2018)**

A empresa em estudo possui aproximadamente 70 funcionários, no qual sete fazem parte do departamento de atendimento ao consumidor (dados de abril de 2018). A área de atendimento é responsável pelo contato primário com o cliente, recebendo demandas de forma reativa pelos seguintes canais de comunicação: (1) E-mail; (2) Telefone; (3) Chat.

As demandas, denominadas internamente como “*tickets*”, são centralizadas por meio de um sistema de *Helpdesk* e classificadas em *bugs*, reclamações, solicitações ou dúvidas. O funcionamento da área e as características dos tickets serão apresentados de maneira aprofundada posteriormente.

## 1.2 Problema estudado

Atualmente é comum encontrar casos de startups com ideias e início promissores sem vida longa no mercado. Segundo dados da *Startupi*, o mais tradicional portal de mídia brasileira sobre o mercado de Startups e empreendedorismo, a taxa de sucesso de empreendedores que abrem uma startup é de apenas 18 %. O crescimento acelerado e busca incessante por novas oportunidades geram pontos instáveis dentro da estrutura interna da empresa, como, por exemplo, processos frágeis e não definidos.

No caso da Ticket Center, o crescimento do último ano da receita em 75 % e do número de clientes em 90 % resultaram em um aumento de demanda. O departamento de atendimento evoluiu sem um processo e planejamento bem estruturado e, dessa forma, o dimensionamento de recursos evoluiu de acordo com necessidades pontuais, tornando o atendimento ineficiente.

Conforme o produto desenvolvido pela empresa foi se tornando mais complexo, a quantidade de solicitações geradas pelos clientes aumentou e a equipe de atendimento ficou sobrecarregada, gerando atrasos nas respostas e insatisfação dos usuários. Na maioria dos casos, o descontentamento do cliente é contornado, porém a ausência de atendimento rápido gera uma maior propensão ao cancelamento do serviço, o que resulta em um impacto financeiro negativo para a empresa.

A Ticket Center tem a relação com seus clientes como um dos pilares dos valores da empresa. Desse modo, a análise e boa estruturação do Departamento de Atendimento ao Consumidor é imprescindível para a consolidação de uma base de clientes fiel e satisfeita, apoiando o crescimento acelerado e contínuo da Startup.

O ambiente de grande incerteza e a existência de uma grande base de dados contribuem para o incentivo de um estudo que apresente o desempenho da operação de uma forma mais clara e assertiva, auxiliando na organização e crescimento estruturado da área.

A utilização de uma ferramenta de simulação possibilitará a redução de riscos frente as previsões de cenários futuros da empresa. Tal ferramenta, além de apresentar um baixo custo a empresa, auxiliará a gerência nas tomadas de decisões

e desenvolverá uma maior compreensão do setor, com identificação de gargalos e pontos de atenção.

### 1.3 Objetivo do trabalho

Este trabalho realizou uma análise da área de atendimento da Ticket Center., apresentando melhorias para o processo de atendimento interno através da análise de dados e do estudo de diversos cenários trazidos pela ferramenta de simulação Simul8. As ações propostas buscarão a melhoria do dimensionamento de recursos da área e o aumento da eficiência da operação, reduzindo tempos de espera e aumentando a taxa de atendimento.

### 1.4 Estrutura do trabalho

O trabalho em questão foi dividido em cinco capítulos principais. Inicialmente, no capítulo de **Introdução**, é realizada a contextualização do tema abordado e uma breve descrição do local de estudo. Além disso, define-se o problema a ser resolvido, o objetivo do trabalho e sua estrutura.

O capítulo seguinte, **Revisão bibliográfica**, apresenta as referências e conceitos abordados na elaboração do estudo a fim de dar legitimidade teórica ao trabalho. O capítulo foi dividido em três partes, no qual são fornecidas informações sobre teoria de filas, conceitos estatísticos e simulação. Além de noções básicas sobre os três tópicos, também são apresentadas referências específicas abordando suas aplicações em centrais de atendimento.

O terceiro capítulo, **Metodologia**, descreve o método que será utilizado no projeto com a forma de pesquisa, de coleta de dados e de abordagem do estudo. Este capítulo é baseado na revisão bibliográfica do capítulo anterior, adaptando a teoria estudada com a realidade e peculiaridades da empresa e local do trabalho.

O capítulo **Projeto** consiste na aplicação da metodologia apresentada anteriormente na central de atendimento da Ticket Center. Toda a coleta e construção

de dados, elaboração do modelo e análise de cenários e resultados são realizadas neste capítulo.

Por fim, o último capítulo, **Conclusão**, analisa o trabalho como um todo, comentando os resultados e limitações encontrados, além de próximos passos a serem seguidos pela empresa em estudo, Ticket Center.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentadas as principais referências utilizadas na elaboração deste estudo.

### 2.1 Central de atendimento

Segundo Anton (2000), as centrais de atendimento possuem o potencial de ser uma importante ferramenta de manutenção da relação com os clientes. Os enormes avanços da tecnologia e da competitividade do mercado tornaram as centrais de atendimento pontos estratégicos da empresa para elevar o nível de serviço percebido pelos clientes.

Uma central de atendimento é considerada um *call center* receptivo, ou seja, é uma área da empresa projetada para receber chamadas de clientes, fornecendo informações, suporte ou serviços (McPhail, 2002).

De acordo com Friedman (2001), uma central de atendimento pode ser dividida em três áreas: i) Serviço e retenção de clientes: meio pelo qual a empresa cria relações de médio e longo prazo com o cliente, a partir do contato e satisfação do mesmo, gerando maiores taxas de retenção e recomendações orgânicas; ii) Marketing direto: as centrais de atendimento devem disseminar a imagem da empresa e divulgar os serviços e produtos existentes. Dessa forma, o contato com o cliente possibilita a geração de nova receita a partir de vendas adicionais e atualizações aos clientes; iii) Gerenciamento de informação e *feedback*: as centrais de atendimento são as grandes detentoras das opiniões dos clientes em relação ao serviço prestado pela empresa. Os *feedbacks* possibilitam a identificação das necessidades dos consumidores, o que representa um direcionamento estratégico para a empresa.

Segundo Grossman et al. (2001), *call centers* receptivos recebem demanda dos clientes através de uma distribuição aleatória e, para obter um nível de serviço aceitável, é necessário conectar o cliente o mais rápido possível a um atendimento. A partir do atendimento, os clientes podem ser classificados de acordo com alguma característica deles ou dos próprios atendentes. No caso da classificação por parte da

mão de obra, as centrais de atendimento podem se organizar de acordo com o nível de complexidade, ou seja, nível primário para dúvidas mais gerais e um segundo nível para demandas mais complexas e que necessitam de maior assistência, por exemplo. A classificação das demandas permite uma maior organização e especialização do atendimento.

De acordo com Araújo et al. (2004), os componentes de uma central de atendimento com base em telefonia devem ser analisados para um melhor entendimento e eficiência de processos. O autor apresenta os seguintes componentes:

Quadro 1 - Componentes de uma central de atendimento

<b>Componente</b>	<b>Descrição</b>
Unidade de resposta audível (URA)	Fase de atendimento inicial em que o cliente deve se identificar e receber informações prévias anteriormente gravadas e personalizadas. É possível colher dados sobre o usuário nesta etapa, além de permitir o autoatendimento.
<i>Vector directory number</i> (VDN)	Ramal virtual utilizado para o roteamento de chamadas.
Vetor	Local onde são inseridas as regras de roteamento nas quais as chamadas são submetidas.
Habilidade	Atendimento no qual as chamadas são roteadas.

**Fonte: Adaptado de Araújo et al. (2004)**

### **2.1.1 Desafios envolvendo centrais de atendimento**

Segundo Brown et al. (2002), o aumento do ambiente competitivo e da utilização de sistemas e tecnologias avançadas tornou o gerenciamento de uma central de atendimento cada vez mais complexa. É necessário lidar com a qualidade dos serviços e processos oferecidos, além de gerenciar os funcionários, que representam a maior parte do custo da área.

De acordo com o mesmo autor, uma das dificuldades de gerenciamento de uma central de atendimento se deve a aleatoriedade de chegada das demandas. As variações ocorrem desde motivos de sazonalidade até o próprio tipo e volume de



chamadas e, dessa forma, é necessário gerenciar as habilidades e quantidade de funcionários para se atingir um nível de serviço aceitável.

Além disso, Brown et al. (2002) também comenta o risco alto atrelado ao atendimento de uma empresa. Caso o serviço seja mal prestado ou mal avaliado, a imagem da empresa pode sofrer danos. A propaganda negativa por parte de um cliente é capaz de ser disseminada entre o nicho de mercado no qual a empresa se encontra e impactar vendas futuras.

### 2.1.2 Medidas de performance

De acordo com Jon Anton (2000), as centrais de atendimento podem ser avaliadas em relação a sua performance de acordo com os seguintes indicadores de qualidade:

Quadro 2 - Indicadores de performance de atendimento

<b>Indicador</b>	<b>Descrição</b>
Velocidade média de resposta	Rapidez em que o atendimento é realizado
Tempo de espera	Tempo em que o cliente aguarda o atendimento
Satisfação	Porcentagem de clientes com atendimento satisfatório
Índice de abandono ( <i>balking</i> )	Porcentagem de clientes que desistem do atendimento
Tempo médio de atendimento	Tempo em que o cliente ficou conectado com o atendimento
Índice de ligações bloqueadas	Porcentagem de clientes que não recebem atendimento devido a falta de disponibilidade de atendentes
Tempo antes de abandono	Tempo de tolerância do cliente até a desistência
Total de ligações	Quantidade de chamadas recebidas
Rotatividade do operador	Quantidade de operadores que deixaram o trabalho em um espaço de tempo
Nível de atendimento	Quantidade de atendimentos realizados em um espaço de tempo

**Fonte: Adaptado de Jon Anton (2000)**

## 2.2 Teoria das Filas

De acordo com Brockmeyer et al. (1948), a Teoria das Filas surgiu em 1908 após o matemático Agner Krarup Erlang estudar o problema de redes de telefonia para a *Companhia Telefônica de Copenhagen* na Dinamarca. Foram aplicadas teorias de probabilidade ao problema de congestionamento das linhas telefônicas, provando que as ligações seguiam a lei de distribuição de Poisson. O estudo ganhou relevância tanto acadêmica quanto prática e, após a Segunda Guerra Mundial, a Teoria de Filas foi aplicada em diversas áreas, além da telefonia.

Segundo Brown et al. (2002), um sistema de filas constitui-se de um ou mais servidores que fornecem um tipo de atendimento (serviço) ao cliente. Quando todos os servidores estão ocupados e ocorre a chegada de um cliente, o mesmo pode entrar em uma fila, iniciando o sistema em questão. No caso das centrais de atendimento, a fila formada é virtual, ou seja, é invisível entre os clientes e os operadores.

De acordo com Araújo, Araújo e Adissi (2004), as disciplinas das filas de uma central de atendimento, quando analisadas e bem administradas, podem trazer bons resultados, como reduções nos tempos de espera e de atendimento dos clientes. Porém, Bapat e Pruitte (1998) comentam as limitações dos modelos analíticos de teoria das filas no contexto de uma central de atendimento, pois as premissas adotadas são raramente válidas em um ambiente real de trabalho. Dessa forma, um método de estudo experimental como simulação se torna mais eficiente para se realizar o estudo de uma central de atendimento.

Os estudos envolvendo o tema utilizam frequentemente medidas representativas de performance, apresentadas e caracterizadas a seguir de acordo com Winston (2004) para um maior entendimento do trabalho.

### 2.2.1 Conceitos de teoria de filas

Para compreender o funcionamento de uma fila, é necessário definir algumas características nas quais os usuários e os servidores estão envolvidos. O processo de chegada é caracterizado pela distribuição de probabilidade no tempo entre chegadas sucessivas, sendo geralmente uma distribuição de Poisson. Apresenta comportamento estocástico, ou seja, seu comportamento atual não determina o estado seguinte.

A população da fonte é geralmente considerada ilimitada com a taxa de chegada independentemente do tamanho do sistema. O padrão das chegadas pode ser descrito pelo tempo entre duas chegadas consecutivas (tempo entre chegadas) ou pelo número de chegadas por unidade de tempo (distribuição das chegadas). Para a segunda opção, a constante  $\lambda$  (lambda) representa a taxa de chegada dos usuários na fila por unidade de tempo e, conseqüentemente,  $1/\lambda$  é o tempo médio entre chegadas.

O tempo necessário para o atendente concluir seu serviço é o tempo de serviço. O modelo pode ser constante (determinístico) ou variável, seguindo uma distribuição de probabilidade. A constante  $\mu$  (mi) representa a taxa média de atendimentos por unidade de tempo e  $1/\mu$  o tempo médio de serviço a um cliente.

O número de servidores representa a quantidade de canais de serviço capazes de servir o cliente concomitantemente. A quantidade de servidores é extremamente relevante para um sistema de filas, já que para um caso multicanal (com mais de um canal de serviço) é possível criar múltiplas filas para atender a demanda. Nesse caso, é necessário um estudo aprofundado para compreender e estruturar o modelo de filas mais apropriado e eficiente.

Em casos no qual o serviço prestado por todos os canais de atendimento é similar, uma fila única pode ser mais apropriada devido a simplificação e organização. Enquanto canais especializados em tipos diferentes de demanda são mais adequados a filas múltiplas e específicas. No entanto, vale ressaltar que diversos aspectos devem ser levados em consideração, já que outros fatores externos e psicológicos influenciam na perspectiva do cliente em relação ao serviço prestado,

como, por exemplo, a probabilidade de uma fila única ser mais longa, estimulando a sensação visual de demora e atraso.

A disciplina da fila é relacionada com a escolha do cliente a ser atendido após a formação de uma fila. Abaixo estão apresentadas as ordens com maior relevância nos sistemas de fila:

Quadro 3 - Disciplina de filas

<b>Disciplina da fila</b>	<b>Sigla</b>	<b>Descrição</b>
<i>First in first out</i>	FIFO	O primeiro a chegar será o primeiro a ser atendido
<i>Last in first out</i>	LIFO	O último a chegar será o primeiro a ser atendido
<i>Earliest due date</i>	EDDD	Os clientes com as datas de entrega mais próximas têm prioridade
<i>Shortest process</i>	SPT	Os clientes com os menores tempos de processo têm prioridade
Ordem aleatória	-	Os clientes são atendidos de forma aleatória e sem nenhuma regra pré-definida
Fila com prioridade	-	Cada cliente recebe um peso ou valor relativo e clientes com maior prioridade de acordo com regras pré-estabelecidas têm preferência no atendimento

**Fonte: Adaptado de Winston (2004)**

Os sistemas de filas são representados por uma série de variáveis que calculam o desempenho das filas e representam uma valiosa informação para a estratégia da empresa. Estas medidas de desempenho são apresentadas na tabela a seguir:

Quadro 4 - Indicadores de sistemas de filas

<b>Variável</b>	<b>Definição</b>	<b>Fórmulas Genéricas</b>
C	Número de servidores do sistema	
$\lambda$	Taxa média de chegada de clientes	
$\mu$	Taxa média de atendimento por servidor	
a	Número de servidores necessários para o serviço	$a = \lambda.W_s$
$\rho$	Taxa de utilização do servidor	$\rho = a/c = \lambda/c.\mu$
Wq	Tempo gasto por um cliente na fila	

Variável	Definição	Fórmulas Genéricas
Ws	Tempo gasto por um cliente durante o atendimento	
W	Tempo total gasto por um cliente no servidor (fila + atendimento)	$W = Wq + Ws$
Lq	Número de clientes na fila	$Lq = \lambda.Wq$
Ls	Número de clientes em atendimento	$Ls = \lambda.Ws$
L	Número total de clientes	$L = Lq + Ls = \lambda.W$

**Fonte: Adaptado de Winston (2004)**

A taxa de utilização do servidor ( $\rho$ ) é uma medida de congestionamento do servidor, que apresenta informações sobre o estado do sistema. Quando  $\rho$  equivale a 1 o sistema está em equilíbrio. Em casos em que  $\rho$  é menor que 1 não há congestionamento. E para valores em que a variável possui valor maior que 1, há congestionamento no sistema.

No sistema em estudo, o processo de chegada é caracterizado pela distribuição de Poisson, pois os tickets chegam ao sistema de forma aleatória e sem nenhuma espécie de controle. Para o tempo de atendimento foi adotada uma distribuição triangular com variação de 10% em relação a média. O sistema possui um número limitado de servidores, representando o número de atendentes da Ticket Center, que realizam o atendimento de forma aleatória e com prioridade em relação a origem do ticket.

### 2.2.2 Modelos de fila de espera

O matemático inglês David George Kendall (1953) foi o responsável pela proposta de modelos de fila mais utilizado atualmente. Kendall descreveu o processo de filas com uma série de símbolos, que representam características essenciais no sistema.

Quadro 5 - Modelo de filas

<b>Modelo A/B/c/K/m/Z</b>	
A	Distribuição do tempo entre chegadas
B	Distribuição do tempo de atendimento

<b>Modelo A/B/c/K/m/Z</b>	
c	Número de servidores
K	Capacidade das filas
m	Tamanho da população
Z	Disciplina da fila

**Fonte: Adaptado de Keldall (1953)**

Para este trabalho, o modelo de simulação utilizado (M/M/c) levará em consideração processos estocásticos sem memória, ou seja, o início do ciclo do cliente (vida) ao chegar à fila e fim (morte) após a atendimento.

Além das características já mencionadas, este modelo (M/M/c/∞/∞) possui fila de capacidade ilimitada (K) e população de tamanho infinito (m). Por utilizar valores típicos para “K” e “m”, o sistema é usualmente abreviado para **M/M/c**.

Para este sistema, destaca-se as seguintes fórmulas específicas:

Quadro 6 - Indicadores do modelo M/M/c/∞/∞

<b>Variável</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fórmula</b>
$\rho$	Taxa de utilização do sistema	$\rho = \frac{\lambda}{c \cdot \mu}$
r	Relação entre a taxa de chegada e a taxa de atendimento	$r = \frac{\lambda}{\mu}$
Po	Probabilidade de nenhum usuário no sistema	$P_o = \left( \sum_{n=0}^{c-1} \frac{r^n}{n!} + \frac{c \cdot r^c}{c! (c - r)} \right)^{-1}$
Pn	Probabilidade de n usuários no sistema	$P_n = \begin{cases} P_o \frac{r^n}{n!}, & 1 \leq n \leq c \\ P_o \frac{r^n}{c^{n-c} c!}, & n \geq c \end{cases}$
L	Número médio de usuários no sistema	$L = r + \left[ \frac{r^{c+1} c}{c! (c - r)^2} \right] P_o$

Variável	Descrição	Fórmula
Lq	Número médio de usuários na fila	$Lq = \frac{Po \cdot c \cdot r^{c+1}}{c! (c - r)^2}$
W	Tempo médio esperado no sistema	$W = \frac{1}{\mu} + \left[ \frac{r^c \cdot \mu}{(c - 1)! (c \cdot \mu - \lambda)^2} \right] Po$
Wq	Tempo médio esperado na fila	$Wq = \left[ \frac{r^c \cdot \mu}{(c - 1)! (c \cdot \mu - \lambda)^2} \right] Po$
Wq (t)	Função de probabilidade acumulada de tempo médio de espera na fila	$Wq(t) = 1 - Po \left[ \frac{r^c}{c! (1 - \rho)} \right] e^{-(c \cdot \mu - \lambda)t}$

Fonte: Adaptado de Sinay (2005)

### 2.2.3 Limitações da teoria das filas em Centrais de Atendimento

No início do século 20, Erlang se tornou uma das referências da área da pesquisa operacional com a previsão do comportamento de filas através de modelos matemáticos. No entanto, as hipóteses adotadas nos modelos Erlang são limitadas ao analisar o contexto atual das centrais de atendimento (BAPATE e PRUITTE, 1998).

A base do modelo de teoria de filas de Erlang adota premissas raramente vistas no ambiente real de trabalho. O modelo de Erlang trabalha com chamadas recebidas do mesmo tipo e atendimento baseado no modelo FIFO, porém as necessidades dos clientes são diversas e em grande parte dos cenários é preciso existir a priorização de certas demandas para um melhor nível de atendimento. O modelo também adota a premissa de que um usuário só sai do sistema de fila após ser atendido. Esta premissa se torna inválida quando um usuário tem a possibilidade de abandonar a fila de acordo com a sua própria tolerância. Por fim, Erlang adota operadores com atendimento similar, o que é inválido na maioria dos casos, já que os operadores possuem habilidades e tempos de trabalho diferentes para cada tipo de demanda.

Desse modo, apesar da facilidade e rapidez do modelo, os métodos de Erlang não contemplam características que o aproximam da realidade encontrada em centrais de atendimento e, portanto, a simulação surge como uma solução mais completa capaz de reduzir os riscos inerentes a mudanças na estrutura do ambiente de trabalho (MEHROTRA e FAMA, 1997).

#### **2.2.4 Conceitos estatísticos**

Segundo CARVALHO (2015), a estatística associa os dados a um problema. Ela trabalha as informações necessárias, projeta como e o que deve ser coletado, capacitando o pesquisador a obter conclusões a partir dessas informações, para que outras pessoas entendam tais resultados. Dessa forma, os métodos estatísticos são usados para auxiliar na realização de um trabalho ou pesquisa, promovendo maior eficiência e assertividade

O autor também diz que a probabilidade é utilizada para estudar as chances de um fenômeno ou evento ocorrer. Seu estudo ganhou relevância com a análise de fenômenos aleatórios em jogos de azar como, por exemplo, jogos de dados e sorteios de bolas. Tais abordagens são considerados fenômenos discretos, ou seja, o número de resultados possíveis é finito. Por outro lado, certas situações apresentam distribuições de probabilidade com suporte infinito.

De acordo com Kelton et al. (1998), não existe uma regra fixa de escolha da distribuição que representa o modelo simulado. Os testes estatísticos ou a preparação dos dados podem dar ordens diferentes às distribuições. Dessa forma, uma análise de validação de modelos é necessária para dar andamento a um projeto de simulação. Além disso, algumas distribuições, como a triangular, podem ser utilizadas quando ocorre a falta de dados e apenas algumas informações genéricas são apresentadas.

Para utilizar a teoria das probabilidades no estudo de um fenômeno concreto, é necessário encontrar um modelo probabilístico adequado a tal fenômeno. Por modelo probabilístico para uma variável aleatória, entende-se uma forma específica de função de distribuição de probabilidade que reflita o comportamento desta variável. As distribuições de probabilidade fazem associação de uma



probabilidade ao possível número que será resultado numérico de uma verificação, teste ou experimento.

#### 2.2.4.1 Distribuição de Poisson

De acordo com Stigler (1986), no início do século XIX, o pesquisador S.D. Poisson estudou experimentos em que o interesse não estava no número de sucessos obtidos em diversas tentativas, mas sim no número de sucessos ou ocorrências de determinado evento durante um intervalo contínuo de tempo ou espaço.

Esta distribuição de probabilidade discreta ficou conhecida como Distribuição de Poisson e é aplicada à ocorrência de eventos ao longo de intervalos especificados. São exemplos de casos com distribuição de Poisson a chegada de pessoas a uma fila de atendimento e carros que passam em uma rua por um certo intervalo de tempo.

Durante a simulação de chegada de chamadas em um *call center*, Bouzada (2009) utilizou a distribuição de Poisson para modelar o processo, já que as chamadas chegavam à central de forma aleatória e sem nenhuma espécie de controle.

A variável que pode ter vários valores em um intervalo de números reais e medida de forma contínua é chamada variável aleatória contínua. Podemos exemplificar a variável aleatória contínua como a temperatura, precipitação ou qualquer elemento que pode ser medido de forma contínua (CARVALHO, 2015).

Seja uma determinada variável aleatória que registra o número de ocorrências em um intervalo específico e a probabilidade de uma ocorrência é independente e a mesma para quaisquer dois intervalos de tempo, então a variável aleatória tem distribuição de Poisson com parâmetro  $\lambda$  e sua função de probabilidade é dada por:

$$P(x|\lambda) = \frac{\lambda^x \cdot e^{-\lambda}}{x!} \quad (1)$$

Onde:

- $\lambda$  é o número esperado de ocorrências em um intervalo específico.

- $e$  é o número de Euler cujo valor é, aproximadamente, igual a 2,71.

#### 2.2.4.2 Distribuição exponencial

A Distribuição Exponencial é muito utilizada em problemas no qual o objetivo é estudar o intervalo de tempo necessário para a realização de uma determinada tarefa, como, por exemplo, o tempo necessário para atendimento em filas (WALPOLE; MYERS; YE, 2014).

De acordo com os mesmos autores, essa distribuição contínua é utilizada para descrever as probabilidades envolvidas no tempo que decorre para que um determinado evento aconteça. Existe uma conexão muito próxima entre a distribuição exponencial e a de Poisson, ou seja, é utilizada para descrever o tempo entre as ocorrências de sucessivos eventos de uma distribuição de Poisson. As relações entre as distribuições podem ser associadas a um processo estocástico, chamado de processo de Poisson.

Seja uma a variável aleatória com distribuição Exponencial e parâmetro  $\lambda$ , sua função densidade de probabilidade é dada por:

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & , x \geq 0 \\ 0 & , x < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Neste caso,  $\lambda$  é o tempo médio de vida e  $x$  é o tempo de falha. O parâmetro deve ter a mesma unidade do tempo da falha. Isto é, se  $x$  é medido em horas,  $\lambda$  também será medido em horas.

A função de distribuição acumulada  $F(x)$  é dada por:

$$F(x) = \int_0^x f(s) ds = \begin{cases} 1 - e^{-\lambda x} & , x \geq 0 \\ 0 & , x < 0 \end{cases} \quad (3)$$

Nesta distribuição, é possível notar que quanto maior for o tempo para realização de um certo evento, menor será a probabilidade da demanda de clientes, e quanto menor for o tempo de atendimento, maior será a demanda. Dessa forma, a distribuição exponencial se mostra adequada aos cenários de atendimento de uma central de atendimento.

De acordo com Brown et al. (2002), muitas centrais de atendimento apresentam uma distribuição de probabilidade genérica em relação ao tempo de atendimento, divergindo do formato exponencial utilizado na maior parte das referências de teoria de filas.

## **2.3 Simulação**

Simulação consiste na utilização de certas técnicas matemáticas em um computador com o intuito de imitar um sistema real para avaliação e melhoria do seu desempenho. A simulação envolve a geração de uma situação artificial da realidade, na qual são realizadas inferências e observações em suas características e indicadores de operação (HARRELL et al., 2000).

Os métodos de simulação estão sendo desenvolvidos e estudados desde a década de 60 e são consideradas fortes ferramentas analíticas no suporte ao gerenciamento de empresas e tomadas de decisão. Um modelo é utilizado para comparar diversas variáveis de um sistema para que, dessa forma, o cenário mais adequado seja selecionado (PIDD, 1998).

A técnica de simulação segue o método científico, ou seja, as hipóteses são formuladas e testadas através de experimentos para que possam ser validadas de acordo com os resultados obtidos. A simulação é uma ferramenta de suporte capaz de fornecer dados para análises mais elaboradas e profundas sobre o sistema estudado.

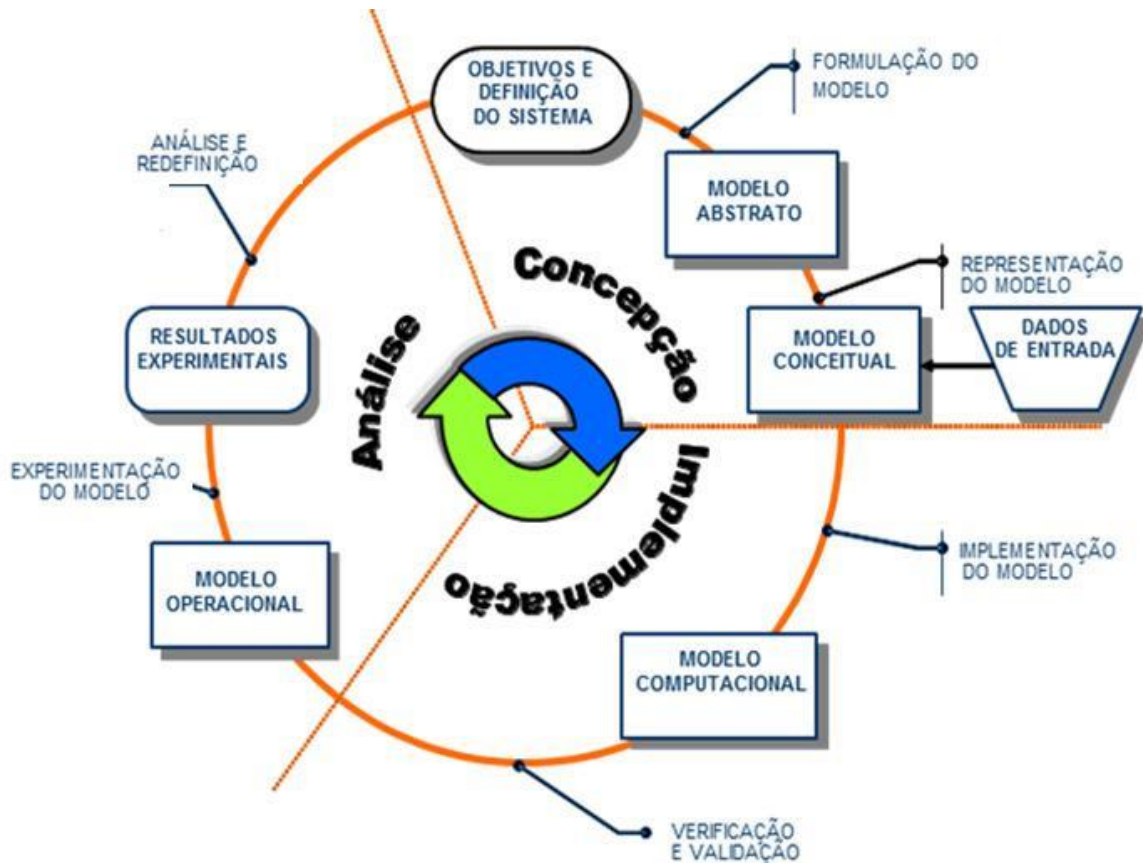


Figura 3 - Método científico de simulação

Fonte: CHWIF e MEDINA (2006)

Segundo BANKS (2000), os riscos relacionados a implantações em sistemas produtivos podem ser bastante reduzidos com o mapeamento profundo do processo, análise e acesso histórico dos dados e simulação computacional, que permite o estudo dos diversos cenários e situações possíveis.

Para Law e Kelton (1991), a simulação é definida como um modelo matemático, usualmente desenvolvida por meio de softwares computacionais. Para esses autores, as simulações são divididas em estática, representando um momento específico, e dinâmica, representando sistemas que variam conforme o tempo. A simulação dinâmica divide-se em determinística, na qual os fatores de entrada e saída não possuem variáveis, e estocástica, na qual os fatores citados respeitam uma distribuição probabilística, tornando o modelo mais próximo da realidade. Além disso, a simulação estocástica pode ser classificada em eventos discretos, cujo sistema é modelado como uma sequência de eventos no tempo, ou seja, cada evento ocorre

em um determinado instante de tempo e gera uma mudança de estado; e em contínua, na qual a simulação acompanha a dinâmica do sistema ao longo do tempo. Esses diferentes tipos de simulação podem ser melhor visualizados na figura abaixo:

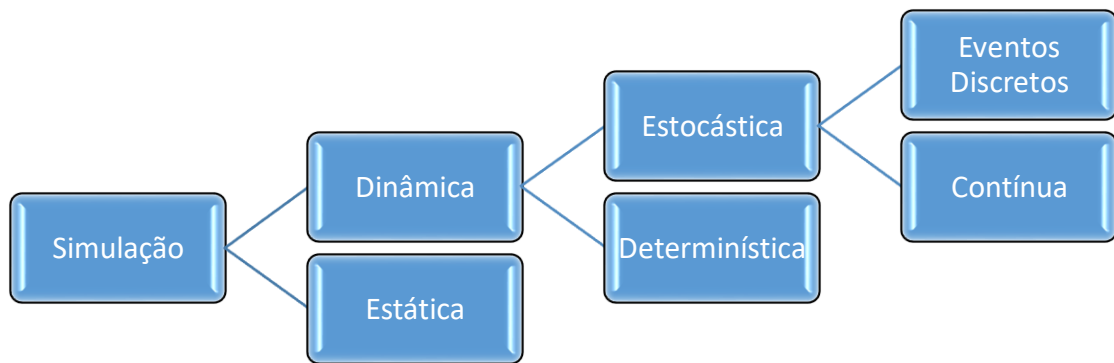


Figura 4 - Classificação de simulação

**Fonte: Adaptado de Law e Kelton (1991)**

As atividades realizadas em um projeto de simulação costumam seguir um fluxograma padrão, iniciado pela formulação e compreensão do problema, seguido da coleta de dados e estruturação do modelo a ser criado. O modelo prévio deve ser devidamente verificado para que o projeto prossiga e, em caso de alguma divergência, as etapas anteriores devem ser reavaliadas.

Após a validação do modelo inicial, os resultados da simulação devem ser comparados com dados reais do sistema, buscando a aderência e confiabilidade do modelo de simulação. E, após essa etapa, inicia-se as alterações no modelo de acordo com as necessidades estratégicas da empresa e visão de situações futuras. Desse modo, será possível analisar os resultados e ajustar a simulação de acordo com os interesses da empresa.

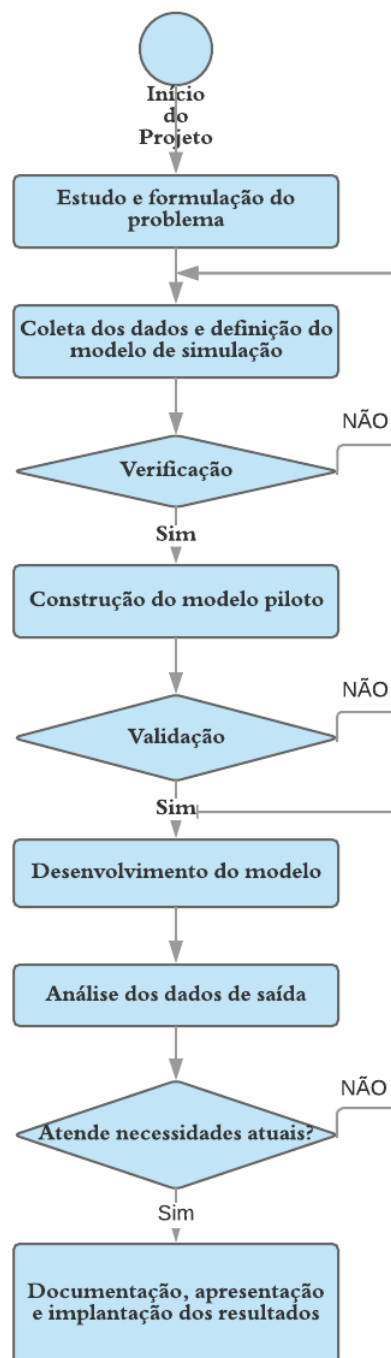


Figura 5 - Fluxograma de um projeto de simulação

Fonte: Adaptado de Law e Kelton (1991)

### **2.3.1 Simulação em centrais de atendimento**

O tráfico de chamadas apresenta uma complexidade crescente à medida que as centrais de atendimento representam cada vez mais um diferencial dentro do mercado, o que gera uma maior necessidade da utilização de ferramentas e metodologias científicas para as tomadas de decisões. O uso da intuição representa um risco para as organizações, caracterizadas por constantes mudanças frente a instabilidade do mercado competitivo. Desse modo, a disponibilidade e desenvolvimento de computadores e aplicações de simulações vêm de encontro com as necessidades do consumidor em busca de um atendimento de alto nível (MEHROTRA E FAMA, 2003; HALL E ANTON, 1998).

Segundo Mehrotra (1997), a simulação em centrais de atendimento modela a interação entre chamadas, rotas e agentes, levando em consideração a aleatoriedade das chegadas de chamadas e dos tempos de atendimento. Através dos dados de simulação, os dados brutos são traduzidos em importantes medidas de performance, como, por exemplo, nível de serviço, utilização de recursos, custos e abandono de clientes.

Bouzada (2009) indica o emprego da simulação para modelar de forma clara a aleatoriedade da chegada de chamadas e tempos de atendimento. Além disso, a ferramenta permite a tradução de dados brutos em informações úteis do nível e qualidade do serviço, avaliando também previsões referentes ao atendimento.

De acordo com Chokshi (1999) e Klungle e Maluchnik (1997), a utilização da simulação como ferramenta de auxílio às tomadas de decisões gera os seguintes benefícios: i) Visualização de processos futuros; ii) Validação de hipóteses de processos antes da implementação; iii) Análise do impacto de mudanças; iv) Previsão de necessidades de recursos; v) Indicadores de performance; vi) Previsão do impacto nos custos e economia da empresa.

A simulação possibilita a criação de uma central de atendimento virtual, capaz de avaliar o investimento necessário e o nível de serviço, verificando gargalos e necessidade de mudanças para obter um serviço de maior valor agregado ao cliente (PARAGON, 2005; MEHROTRA, 1997).

Segundo Cheng, Feng e Hsu (2006), a simulação pode ser utilizada como ferramenta de avaliação e melhoria do desempenho de um processo através da seleção e simulação de todas as configurações de recursos disponíveis ou através do teste de combinações de recursos com base em critérios pré-determinados. Ambas as formas devem ser analisadas de acordo com a peculiaridade de cada projeto, buscando oportunidades de melhoria.

### **2.3.2 Software de simulação Simul8**

O Simul8 foi desenvolvido como ferramenta de ensino de simulação no início da década de 90 na *Universidade de Strathclyde* (Escócia). A partir do sucesso no ensino, o Simul8 passou a ser comercializado pela *Simul8 Corporation*, tornando-se atualmente um dos softwares de simulação mais vendido do mundo (CHWIF E MEDINA, 2006).

Segundo Chwif e Medina (2006), a simulação se mostra indicada para estudos envolvendo centrais de atendimento, pois geralmente busca-se o número ideal de atendentes de forma a manter o nível de serviço exigido. Dessa forma, a utilização do software Simul8 se mostra adequado por incorporar uma série de avanços tecnológicos na sua área de atuação, destacando-se:

- Desenvolvimento para Windows em uma época na qual a maioria dos softwares de simulação eram desenvolvidos em outros sistemas operacionais, reduzindo os riscos de falha ou erro no código.
- Mecanismo de simulação e processamento paralelo, no qual o software incorpora tecnologia de processamento que possibilita a simulação de um mesmo modelo em mais de um computador.
- Construção de modelos baseados em 5 objetos básicos (chegada, fila, centro de trabalho, recursos e saída).
- *Plug-ins* e integração com outros softwares, permitindo a troca de informações e importação de dados de diversos aplicativos, como, por exemplo, Word, Excel, Autocad e bando de dados SQL.



- Assistente de simulação, baseado em técnica de inteligência artificial, capaz de informar ao usuário quais podem ser os problemas gerados em um determinado modelo.
- Versão *run-time* que permite a simulação de modelos prontos em computadores sem o Simul8 instalado.

A seguir é apresentada uma imagem representativa da interface do software que será utilizado durante o desenvolvimento deste estudo.

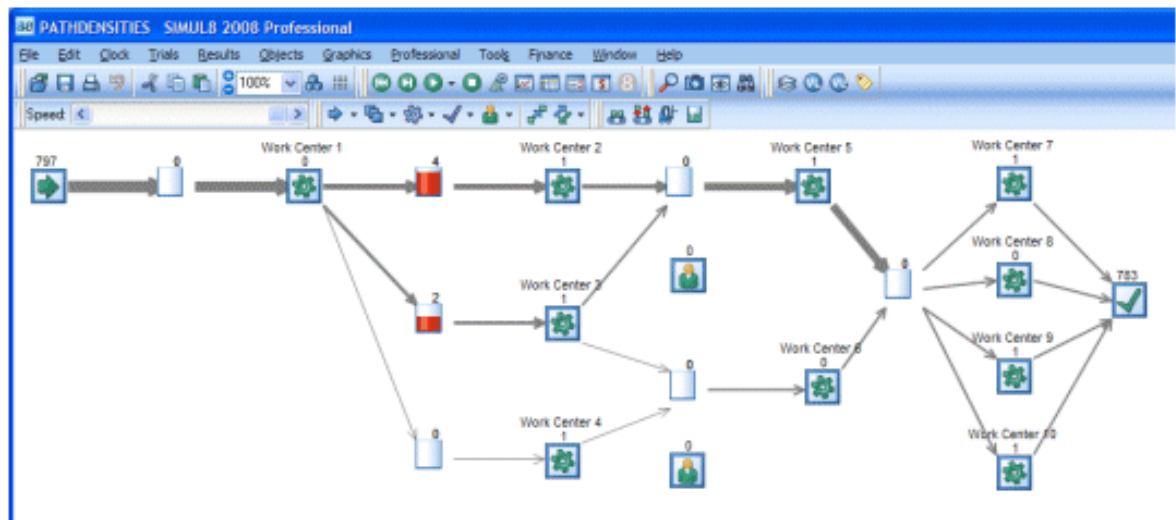


Figura 6 - Exemplo da interface do Software Simul8  
**Fonte: Simul8 (2018)**

Na figura acima são apresentados os blocos de entidades utilizadas para criar um modelo de simulação no Simul8 e os fluxos das interações entre eles. Nesse caso, as entidades utilizadas mostram uma visualização simplificada da realidade da operação. Também é possível uma interface mais visual, apresentada na figura abaixo e bastante utilizada em modelos de simulação de cenários industriais, por exemplo.



### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Metodologia de pesquisa**

Esse estudo seguiu a princípio o método de pesquisa exploratória, no qual foram realizados os levantamentos bibliográficos sobre os assuntos abordados, concebendo maior compreensão e precisão ao projeto. A pesquisa exploratória foi necessária para avaliar quais teorias ou conceitos existentes puderam ser aplicados ao projeto, de forma a solucionar o problema encontrado (PRODANOV E FREITAS, 2013).

Diversos artigos e trabalhos acadêmicos foram analisados através de busca por palavras-chave do estudo como, por exemplo, simulação e central de atendimento. A partir da análise das referências bibliográficas, algumas lacunas foram identificadas e alguns pontos se mostraram bastante apropriados para um aprofundamento e utilização no projeto. Apesar de comumente ser uma etapa inicial do projeto, a revisão bibliográfica foi realizada durante todo o desenvolvimento do estudo de acordo com a necessidade do autor em buscar aprofundamentos em tópicos específicos.

Além dos levantamentos bibliográficos, a pesquisa exploratória foi feita através de entrevistas não estruturadas com profissionais da área em estudo e do contato constante com a empresa no qual o projeto foi realizado. Tal abordagem auxiliou no conhecimento direto da realidade do tema abordado, ilustrando principalmente as limitações atreladas ao processo em estudo.

A pesquisa de campo necessária para coleta de dados e observação dos processos que envolvem o estudo foi realizada a partir do contato direto com o Departamento de Atendimento da Ticket Center e levantamento de informações da área. A pesquisa de campo ocorreu durante todo o desenvolvimento do projeto, desde sua concepção até a conclusão, o que facilitou a implantação de ajustes e melhorias ao longo do estudo.

A pesquisa em questão avaliou um conjunto de dados através de várias observações ao longo de um período de tempo estabelecido. Dessa forma, segundo

Silva (2004) a pesquisa possui característica longitudinal no que diz respeito a sua temporalidade.

Em relação ao aproveitamento dos resultados obtidos, o estudo utilizou pesquisa aplicada, no qual, segundo Gil (1987), ocorre a utilização prática do conteúdo estudado, não sendo desenvolvido novos conceitos relacionados ao tema. Desta forma, o projeto utilizará os conceitos abordados para melhorar o processo de atendimento da Ticket Center, reduzindo tempos de espera e aumentando a taxa de atendimento.

### **3.1.1 Coleta de dados**

Para o desenvolvimento do projeto, foi necessário primeiramente entender como funciona a operação e estrutura da força de trabalho do Departamento de Atendimento da Ticket Center. Foram levantadas informações a respeito da categorização de cada atendente e do número de funcionários em cada categoria. Além disso, a função de cada um e como tais funções estão correlacionadas foram essenciais para a compreensão da dinâmica da área.

Durante o contato com o local em estudo, foram realizadas entrevistas não estruturadas no âmbito qualitativo de forma a aprofundar a compreensão e problemas enfrentados pela área. O porte pequeno da empresa facilitou o acesso a todos os funcionários do Departamento de Atendimento, garantindo a coleta de informações de opiniões e posições diferentes.

Para dar maior embasamento as análises realizadas, foram coletados dados históricos da operação da Ticket Center através do banco de dados central da empresa. Os dados foram agrupados e aprofundados de acordo com as necessidades pontuais do projeto com o apoio da equipe de *Business Intelligence*. O intervalo de tempo utilizado para coleta de dados e análise do sistema foi o do primeiro trimestre de 2018. A amostra de tempo foi selecionada de acordo com a operação interna do Departamento de Atendimento. Durante os três primeiros meses de 2018 a Ticket Center utilizou o mesmo sistema de *hepdesk* interno e operou com o mesmo número de funcionários. Dessa forma, o estudo teve a mesma base e critérios durante todo o período analisado.

Em algumas análises, houve limitação em relação aos dados disponíveis. Nesses casos, foram utilizadas informações referentes a agrupamentos similares ou proporcionais ao tamanho da amostra.

Após a coleta dos dados necessários, as informações foram interpretadas com a utilização de ferramentas auxiliares como, por exemplo, o sistema interno de banco de dados da empresa e Excel.

### 3.2 Metodologia do projeto

A metodologia aplicada a este estudo seguiu a base do fluxograma de um projeto de simulação proposto por Law e Kelton (1991) no capítulo anterior, adaptando-a à realidade e flexibilidade da empresa Ticket Center. Cada ponto da metodologia será aprofundado de acordo com a aplicação da mesma durante o capítulo **Projeto**. Dessa forma, apresenta-se uma visão introdutória de como foi procedido o desenvolvimento do estudo.

Inicialmente, foi realizado uma análise interna de processos da Ticket Center através da análise de dados históricos e de uma reunião com a gerência a partir de entrevistas com o cunho qualitativo de modo a identificar gargalos e um problema para ser trabalhado.

Após a definição do problema, o projeto teve participação constante da equipe de atendimento e de B.I. em busca dos dados necessários para análise e construção do modelo. Durante essa etapa, todas as informações puderam ser coletadas a partir do sistema central de dados da empresa, que possui integração de dados da maior parte das ferramentas utilizadas internamente. Notaram-se algumas limitações das informações encontradas, mas o desenvolvimento do projeto não foi comprometido.

Para a análise de dados, as informações coletadas contemplaram os três primeiros meses do ano de 2018 e foram agrupadas segundo critérios determinados pela equipe de atendimento e pela diretoria de operações. Em relação aos clientes, utilizou-se o agrupamento a partir da receita trazida, classificando-os em clientes

comuns e *premium*. Além disso, os atendimentos foram classificados de acordo com a sua origem (e-mail, telefone ou chat) e funcionários (júnior ou sênior).

Com todos os inputs necessários, foi realizada a validação dos dados com a gerência da empresa e, em seguida, foi desenvolvido um modelo de simulação do processo do Departamento de Atendimento, no qual diversos cenários foram comparados em relação a sua eficiência e custo.

O modelo foi elaborado com um início e término pré-estabelecidos e com a exclusão de momentos sem operação, como finais de semana e horários não-comerciais, devido ao menor movimento nesses períodos. Para que o modelo tivesse maior assertividade, utilizou-se uma ferramenta auxiliar do Simul8 afim de se obter o número de replicações necessárias para um intervalo de confiança de 95 %. Além disso, os resultados do modelo foram comparados com os dados históricos da Ticket Center, obtendo-se um erro inferior a 5 %, o que comprovou o alto nível de calibração do modelo elaborado.

As análises realizadas possibilitaram, por fim, a escolha de um cenário ótimo a partir de um nível de serviço mínimo estabelecido e, dessa forma, foram apresentados os efeitos que essa nova estruturação de processo interno e equipe gerariam para a Ticket Center.

Por fim, o estudo encerrou-se com a análise do projeto como um todo, verificando-se os resultados obtidos de acordo com o objetivo inicialmente estabelecido. Além disso, foram abordados próximos passos a serem realizadas pela Ticket Center em busca de um aprimoramento do estudo realizado com o ajuste de limitações encontradas durante o projeto.

Um fluxograma com as etapas principais do projeto realizado está apresentado a seguir de forma mais visual e sintética. Segundo Chwif e Medina (2010), em estudos práticos, diversas iterações podem ocorrer durante o desenvolvimento do trabalho de acordo com sua evolução. Dessa forma, o método apresentado pode não apresentar visualmente todas as possibilidades de realimentações e validações das etapas. Além disso, segundo Medeiros e Medeiros (2002), a reprodução de um sistema real a partir da elaboração de um modelo de simulação implica na geração de variáveis e hipóteses, resultando em simplificações ou aproximações ao longo do desenvolvimento do projeto.

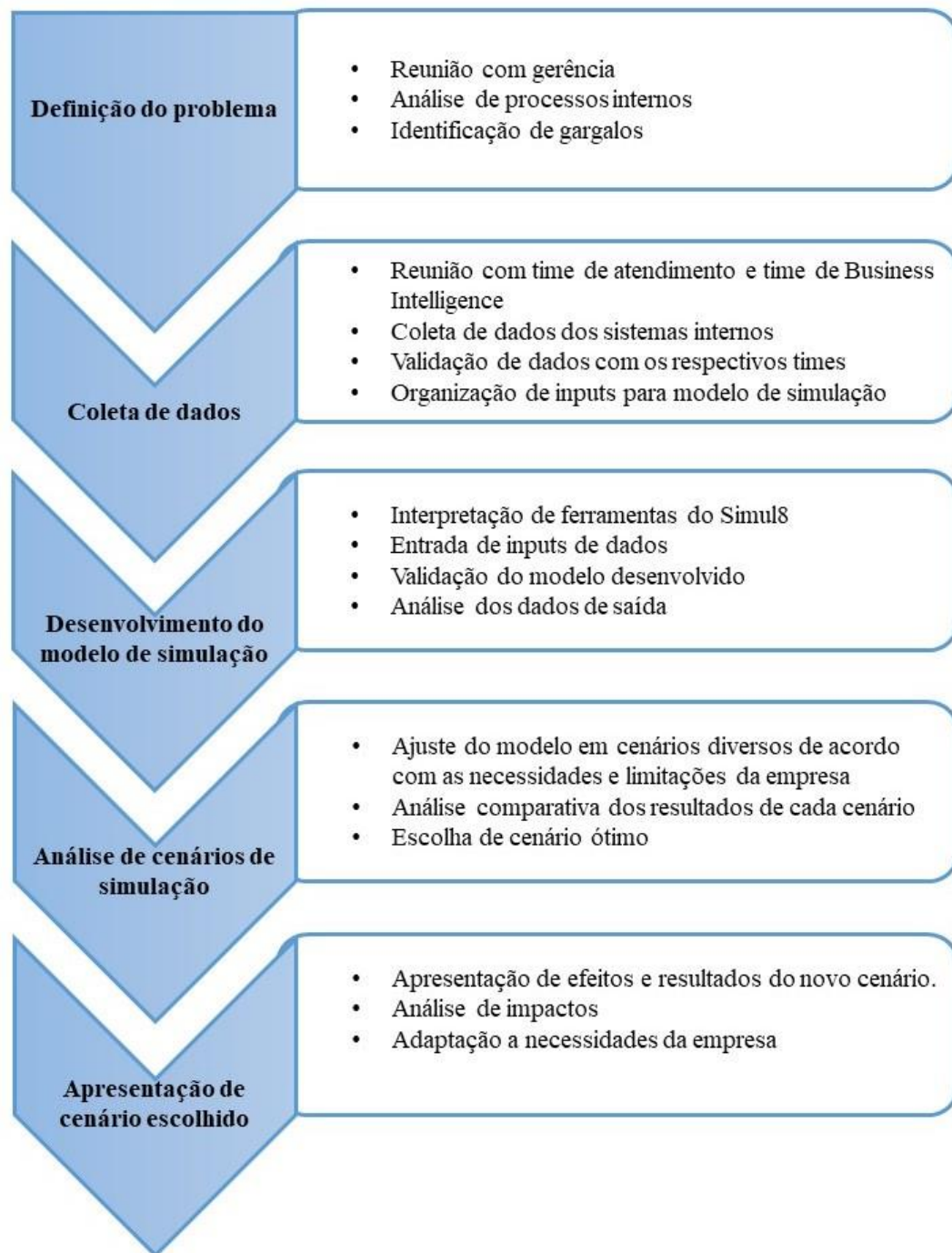


Figura 7 - Fluxograma da metodologia do projeto

**Fonte: Elaborado pelo autor**





## **4 PROJETO**

Este capítulo apresenta em detalhes a aplicação da metodologia definida no projeto desenvolvido dentro do Departamento de Atendimento ao Consumidor da Ticket Center. A escolha ao uso do software Simul8 deve-se ao fato de que o programa atende plenamente as necessidades do projeto, além de ter uma interface intuitiva de uso.

### **4.1 Estudo e Formulação do Problema**

Para a formulação do problema em estudo, foi realizada uma entrevista não estruturada com a diretoria de operações da Ticket Center e um importante cliente e parceiro da empresa. A reunião seguiu a proposta de Collins e Porras (1996), na qual inicia-se um projeto com a análise do propósito da empresa e seus valores fundamentais. Dessa forma, foram identificados gargalos nos processos internos através da comparação entre metas planejadas no passado e dados históricos de resultados. Os processos em que houveram as maiores distâncias percentuais entre a meta planejada e o resultado obtido foram identificados como gargalos da empresa, gerando o desalinhamento entre a estratégia da empresa e a atuação prática no dia-a-dia.

Durante a reunião, os processos identificados como gargalos foram analisados a partir da descrição de suas operações, verificando, dessa forma, possíveis problemas e impactos gerados. Uma insatisfação levantada foi relacionada ao Departamento de Atendimento ao Consumidor, escolhida como área de estudo para este projeto devido a preocupação por parte da empresa em manter uma base de clientes sólida e satisfeita.

O crescimento acelerado, o perfil de Startup da empresa e o foco no desenvolvimento de departamentos mais técnicos da empresa fizeram com que a área responsável pelo contato direto com o cliente sofresse com o aumento da demanda, resultando em um tempo de espera alto dos clientes e sobrecarga dos funcionários da área.

Para analisar a relevância do atendimento para a empresa, foi realizada uma pesquisa através do banco de dados da empresa, na qual a quantidade de solicitações não respondidas dentro de duas horas foi comparada entre três grupos de clientes:

Quadro 7 - Grupos comparativos de clientes

<b>Grupo</b>	<b>Descrição</b>
Cancelamento	Últimos 20 clientes que solicitaram o cancelamento do serviço
Satisfação	Grupo dos 20 clientes com as maiores notas referentes a pesquisa de satisfação da empresa
Base	Grupo com todos os outros clientes fora dos grupos de cancelamento e satisfação

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Nessa pesquisa foram desconsiderados os clientes que não entraram em contato com o Departamento de Atendimento ao Consumidor para que a comparação fosse realizada levando-se em consideração apenas o serviço de atendimento. Dessa forma, obteve-se o seguinte resultado referente aos últimos dois meses de uso de cada cliente:

Quadro 8 - Análise comparativa de solicitações

<b>Grupo</b>	<b>Tickets não respondidos dentro de duas horas por cliente semanalmente</b>
Grupo de Cancelamento	6,65
Grupo Base	3,21
Grupo de Satisfação	1,25

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Os resultados obtidos mostram o problema existente na falta de eficiência do atendimento. A ausência ou demora de respostas gera a insatisfação do cliente que entra em uma situação mais propícia a cancelamentos e troca de serviço.

Dessa forma, uma boa estruturação da equipe de atendimento e organização do processo interno é essencial para que a empresa seja capaz de atender a demanda de solicitações de uma forma adequada, aumentando a possibilidade de geração de uma base de clientes fiel e satisfeita.

Além disso, a reunião foi importante para ressaltar a necessidade atual em priorização de solicitações de clientes e parceiros com grande importância financeira e estratégica para a empresa. O atual processo da Ticket Center não tem ordem de atendimento definida e nenhum critério de priorização, o que gera potenciais riscos de insatisfação e cancelamento dos clientes. Portanto, o trabalho em questão também levará em conta os clientes considerados *premium* pela Ticket Center, buscando a priorização de suas solicitações, já que este grupo de clientes representa um esforço menor com um alto retorno.

Quadro 9 - Participação do grupo de clientes *premium*

<b>Grupo de clientes</b>	<b>Participação na receita mensal</b>	<b>Participação no total de empresas cliente</b>	<b>Participação no total de usuários do software</b>
Cliente comum	80%	99%	95%
Cliente premium	20%	1%	5%
Total	100%	100%	100%

**Fonte: Elaborado pelo autor**

É importante notar a diferença entre a participação no total de empresas cliente e no total de usuários do software. A divergência ocorre porque as empresas consideradas clientes *premium* são as maiores em quantidade de funcionários e, consequentemente, de usuários internos do software.

## 4.2 Coleta de dados

Para que as análises do estudo fossem realizadas da maneira confiável e de acordo com a realidade da empresa, a coleta de dados foi realizada em um trabalho conjunto entre a equipe de *Business Intelligence*, que realizou todas as consultas necessárias para o desenvolvimento do trabalho, e a equipe de Atendimento, que forneceu informações essenciais para o entendimento do processo interno, além da validação dos dados coletados.

#### 4.2.1 Processo interno atual do Departamento de Atendimento

Para elaborar a modelagem do sistema, foi necessário a análise do funcionamento do Departamento de Atendimento. A área opera entre as oito da manhã e sete da noite de segunda a sexta-feira e conta com três atendentes juniores e dois atendentes seniores que são responsáveis por problemas ou dúvidas mais complexas e com um grau de conhecimento do software vendido mais profundo.

As solicitações, denominadas internamente de “tickets”, que necessitam de um cuidado mais aprofundado por parte dos atendentes seniores são bastante raros, já que todos os funcionários da área recebem um treinamento apropriado e, portanto, os sete atendentes costumam ter o mesmo escopo de atendimento durante o trabalho.

Os tickets possuem três diferentes origens que são integradas no mesmo sistema central de *Helpdesk*. Suas descrições e síntese geral são apresentadas abaixo:

- **Chat:** O software oferecido fornece um chat, no qual o usuário pode entrar em contato com os outros funcionários da sua empresa e com a Central de Atendimento da Ticket Center, gerando-se, desse modo, um ticket. Caso a solicitação via chat não seja respondida durante o tempo *online* do cliente, a conversa é enviada automaticamente para o e-mail da Ticket Center, alterando a origem da solicitação para e-mail.
- **E-mail:** O cliente pode entrar em contato através do e-mail de atendimento ao consumidor, gerando-se um ticket para cada e-mail enviado. Além disso, o ticket via e-mail também é gerado através da conversa interrompida do chat, como dito anteriormente.
- **Telefone:** Por fim, o cliente pode entrar em contato pelo telefone de atendimento ao consumidor. O sistema de telefonia é integrado ao Helpdesk e, dessa forma, cada ligação atendida gera um ticket novo. Além disso, todos os atendentes ficam disponíveis para o sistema de telefonia e, portanto, são interrompidos de acordo com a demanda via telefone. Porém, caso não haja disponibilidade da equipe de atendimento no momento de ligação, a chamada perdida não é contabilizada como ticket.

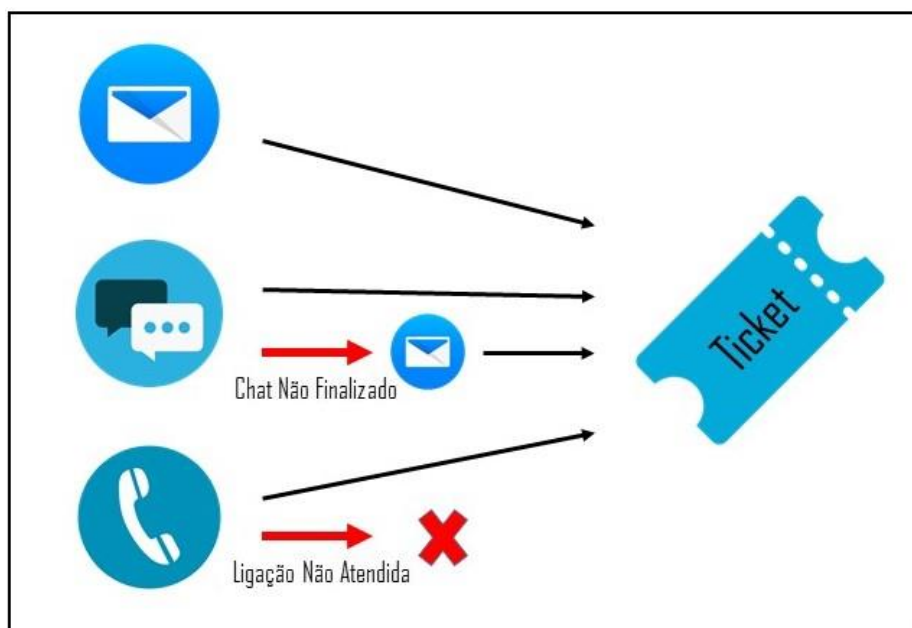


Figura 8 - Síntese de geração e origem de tickets

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Como comentado anteriormente no trabalho, a Ticket Center apresentou um crescimento acelerado e não implementou processos bem estruturados dentro do Departamento de Atendimento. Dessa forma, os atendentes escolhem os tickets que irão ser resolvidos sem nenhuma ordem pré-estabelecida. Existe a instrução informal de resolver solicitações de clientes mais importantes para a empresa e, dessa forma, algumas solicitações são escolhidas preferencialmente.

Após o recebimento ou escolha do ticket, o atendente é responsável pela sua classificação de acordo com os seguintes critérios:

Quadro 10 - Classificação de tickets

<b>Classificação</b>	<b>Definição</b>
Dúvida	Incerteza sobre alguma funcionalidade do sistema
Solicitação	Pedido de funcionalidade ou ajuste no sistema
Bug	Falha ou erro no sistema, provocando seu mau funcionamento
Reclamação	Insatisfação grande com o sistema ou empresa
Outros	Inclui tickets enviados por contato indevido ou irrelevantes

**Fonte: Elaborado pelo autor**

A classificação é realizada de acordo com a interpretação de cada atendente e faz parte do protocolo de atendimento interno. Após sua especificação, o

atendente responde o ticket e envia uma pesquisa de satisfação para o e-mail do respectivo cliente. Caso o ticket seja gerado via telefone e o mesmo não esteja cadastrado no banco de dados, a pesquisa de satisfação não é enviada.

Dessa forma, o fluxo de atendimento pode ser simplificado abaixo:

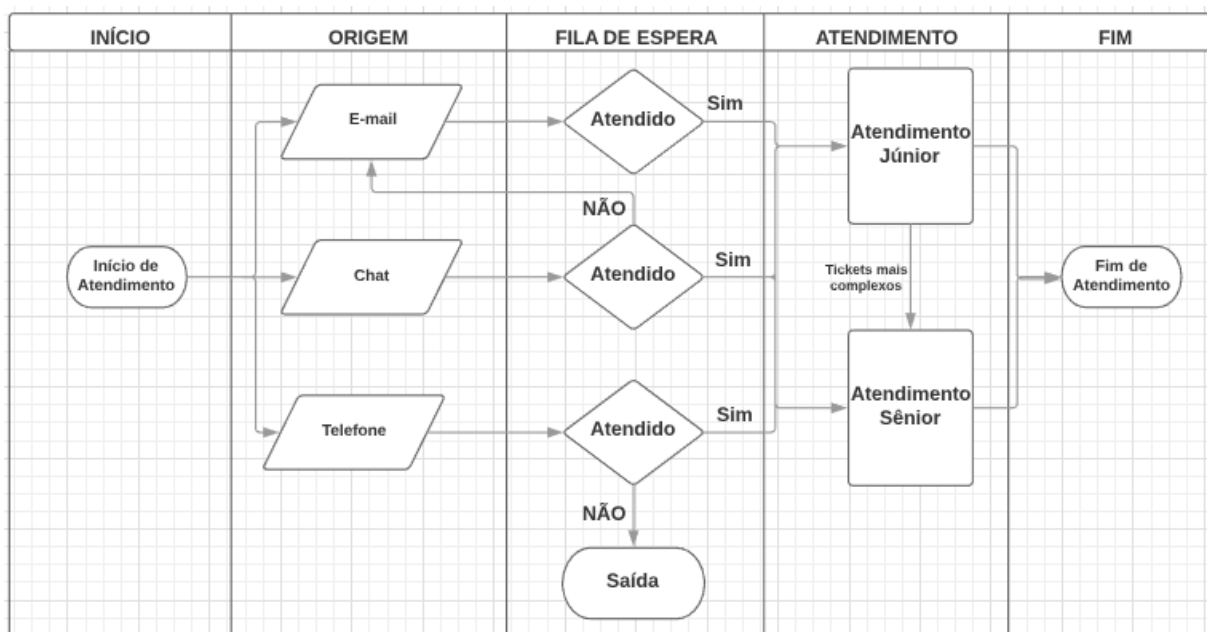


Figura 9 - Fluxo de Atendimento  
Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.2.2 Dados de atendimento

A Ticket Center opera com a atual estrutura e sistema de *helpdesk* desde o início do ano de 2018 e, portanto, os dados utilizados para análise contemplarão o primeiro trimestre do ano de 2018. Dados anteriores à mudança do sistema não serão considerados devido à grande mudança gerada na forma de registro de informações.

O critério adotado pelo sistema de *helpdesk* desconsidera as chamadas via telefone não atendidas. No entanto, como o objetivo do trabalho busca uma simulação de cenários capaz de aumentar a eficiência do atendimento e reduzir as solicitações não respondidas ou atendidas, as ligações não atendidas serão consideradas da mesma forma como um ticket gerado no departamento. Todas as análises e ajustes

necessários para a realização da coleta de dados foram feitas pelo sistema interno de B.I. da Ticket Center.

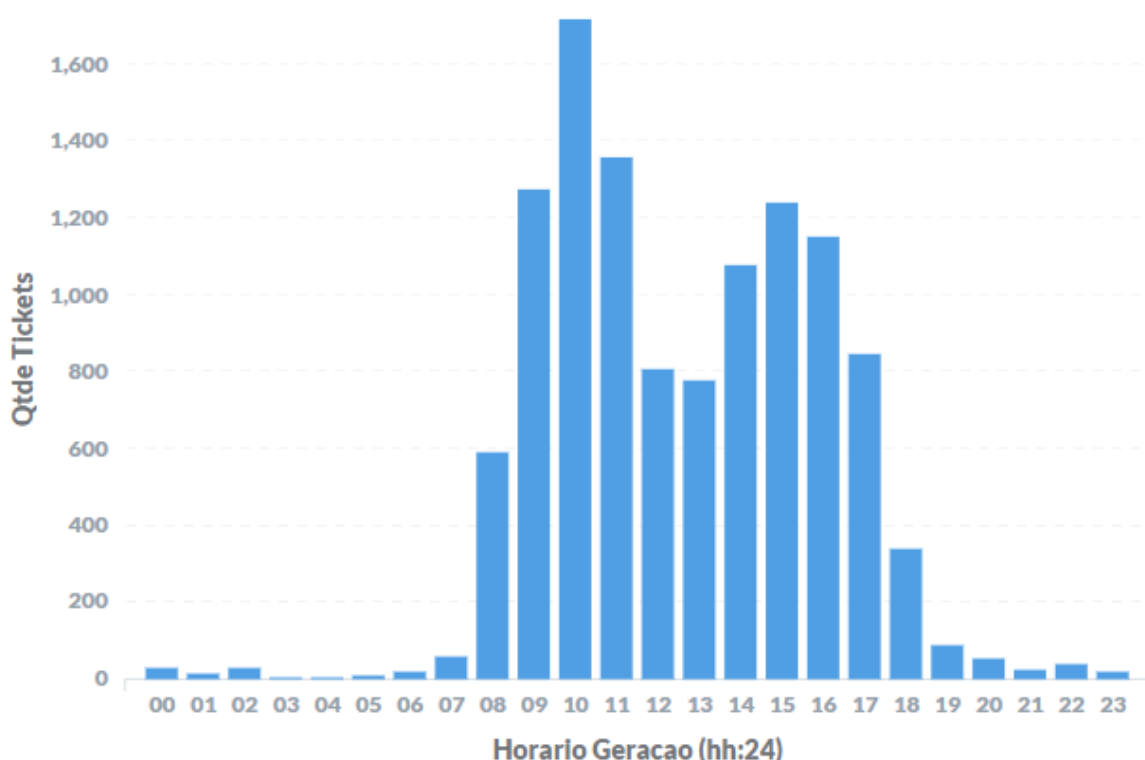


Figura 10 - Geração de tickets por hora do dia  
**Fonte: Elaborado pelo autor**

A partir da figura acima é possível perceber que a geração de tickets acompanha o horário de funcionamento do departamento de atendimento da Ticket Center, ou seja, a parcela mais relevante da demanda se concentra entre as oito da manhã e sete da noite. Portanto, buscando a simplificação do modelo e a aderência aos momentos de maior necessidade do departamento, os indicadores de performance analisados como, por exemplo, taxa média de chegada e tempo médio de resposta levarão em consideração apenas os horários de funcionamento da operação de atendimento da Ticket Center.

Quadro 11 - Porcentagem de geração de tickets por grupo

Grupo de horário	Qtde de Tickets	%
Fora do horário de funcionamento	398	3,4%
Horário de funcionamento	11170	96,6%
Total	11568	100%

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Como o modelo de simulação levará em consideração as diferentes origens de tickets, será necessária a análise individual de cada um dos grupos de origem de modo a obter todos os indicadores e características relevantes. A seguir é apresentado uma síntese quantitativa geral agrupada pela origem dos tickets:

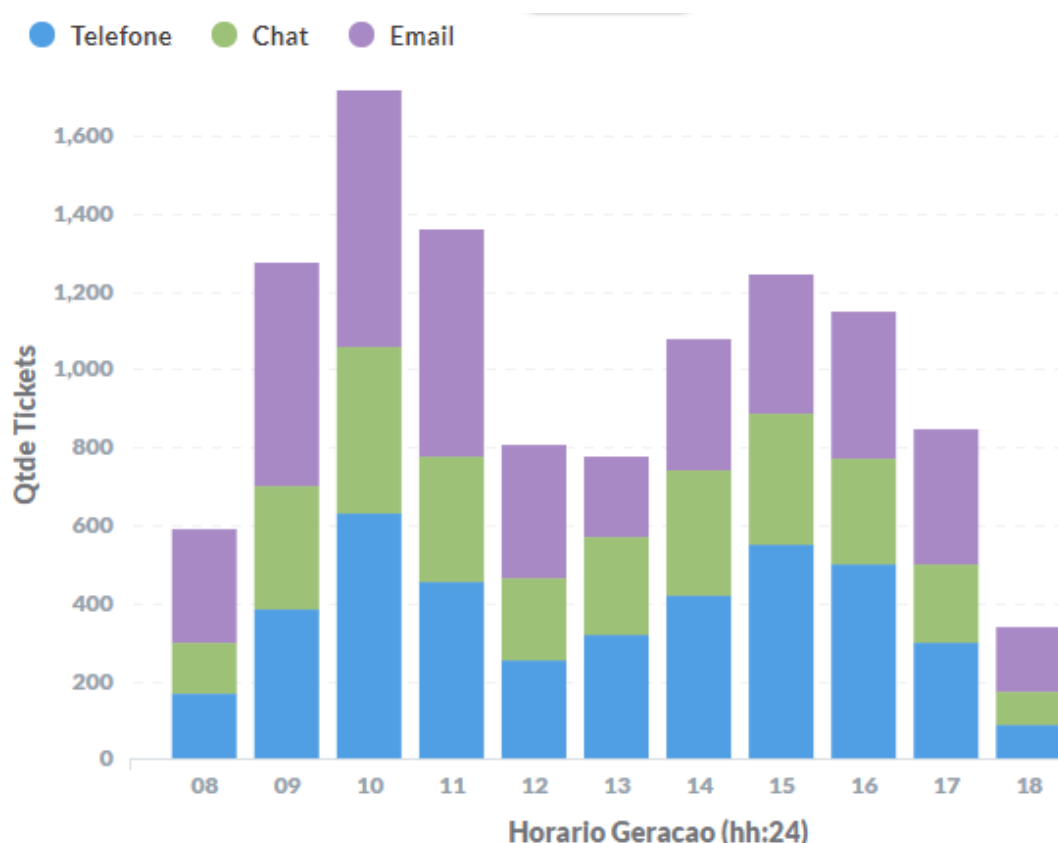


Figura 11 - Geração de tickets por horário e grupo  
Fonte: Elaborado pelo autor

Para se obter os dados exatos da quantidade de tickets gerados por horário, foi elaborada o quadro a seguir agrupada por origem de tickets:

Quadro 12 - Geração de tickets por horário e origem

Horário de geração (hh:24)	Telefone	Chat	E-mail
08	170	128	290
09	384	315	576
10	628	432	656
11	454	322	581
12	255	210	339



<b>Horário de geração (hh:24)</b>	<b>Telefone</b>	<b>Chat</b>	<b>E-mail</b>
13	319	251	206
14	417	324	338
15	548	341	352
16	498	273	379
17	300	200	345
18	86	88	165
Fora do horário de funcionamento	19	23	356
<b>Total</b>	<b>4078</b>	<b>2907</b>	<b>4583</b>

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Segundo a equipe do Departamento de Atendimento da Ticket Center, o tempo gasto por cliente durante o atendimento (Ws) não apresenta diferença com a origem do ticket (telefone, chat ou e-mail). E, de acordo com o banco de dados do sistema de *helpdesk*, o tempo médio de atendimento comum é de 721 segundos, ou seja, aproximadamente 12 minutos. Além disso, é necessário apresentar o tempo médio gasto em atendimentos que necessitam de um profissional sênior. Nesses casos, o ticket é transferido após o mesmo atendimento comum e leva em média adicionais 1506 segundos, ou seja, aproximadamente 25 minutos extras para sair do sistema.

Quadro 13 - Tempo de atendimento de tickets

<b>Grupo de horário</b>	<b>Tempo médio gasto de atendimento (Ws) [segundos]</b>	<b>Qtde de Tickets</b>	<b>%</b>
Tickets com atendimento comum	721	11095	95,91%
Tickets com atendimento sênior	$721 + 1506 = 2227$	473	4,09%
Total		11568	100%

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Também foi verificada a disponibilidade média dos atendentes durante o horário de trabalho. O indicador foi calculado pelo sistema de *helpdesk* no qual os funcionários atualizam seu status, que pode variar entre disponível para receber

tickets, em atendimento ou indisponível. Os motivos da indisponibilidade variam entre períodos de almoço e descanso, reuniões internas e treinamentos. Desse modo, atingiu-se os seguintes indicadores de disponibilidade para os funcionários do departamento:

Quadro 14 - Disponibilidade dos funcionários

<b>Tipo de Atendente</b>	<b>% de Tempo Disponível / Em Atendimento</b>	<b>% de Tempo Indisponível</b>
Atendente Júnior	54,567 %	45,433 %
Atendente Sênior	45,199 %	54,801 %

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Outros dados do atendimento não possuem padrões similares entre as três origens de tickets e devem ser analisados individualmente no estudo realizado.

#### 4.2.2.1 Telefone

Como mencionado anteriormente, as chamadas não atendidas foram incluídas na coleta de dados para que a demanda proveniente de ligações esteja de acordo com a realidade da empresa.

O período da amostra coletada é constituído de 61 dias úteis e 11 horas de atendimento por dia. Portanto, como a taxa média de chegada ( $\lambda$ ) é o número médio de clientes que procuram o serviço por unidade de tempo, temos:

$$\lambda = \frac{tickets}{tempo} = \frac{4078}{61 \times 11 \times 60} \cong 0,101 \text{ tickets}/_{min} \quad (4)$$

Infelizmente, não foram obtidos dados estruturados sobre as empresas dos clientes que solicitaram algum atendimento. A falta dos dados se deve à um problema de integração de informações do banco de dados da Ticket Center com o sistema de *helpdesk*. Esta informação seria necessária para medir a taxa de chegada de clientes *premium* com atendimento priorizado. Desse modo, o cálculo será feito a partir do valor proporcional ao número de usuários em cada grupo (comum e *premium*).

$$\lambda_{\text{premium}} = \frac{tickets}{tempo} = \frac{4078 \times 0.05}{61 \times 11 \times 60} \cong 5,065 \times 10^{-3} \text{ tickets}/_{min} \quad (5)$$

$$\lambda_{\text{comum}} = \frac{\text{tickets}}{\text{tempo}} = \frac{4078 \times 0.95}{61 \times 11 \times 60} \cong 96,227 \times 10^{-3} \text{ tickets}/\text{min} \quad (6)$$

$$\text{Tempo médio chegada premium} = 1/\lambda_{\text{premium}} \cong 197,45 \text{ min}/\text{ticket} \quad (7)$$

$$\text{Tempo médio chegada comum} = 1/\lambda_{\text{comum}} \cong 10,39 \text{ min}/\text{ticket} \quad (8)$$

Além disso, é necessário calcular o tempo médio de tolerância em espera a partir dos dados históricos da Ticket Center. O ticket com origem de telefonia é o único com possibilidade de saída total do sistema, já que, caso não exista um atendente disponível, a ligação e a solicitação do cliente é abandonada. Nesse caso, foi calculado a duração média da espera do cliente até o momento de desistência, chegando-se ao valor de 193 segundos de acordo com os dados de telefonia entre 01 janeiro de 2018 e 31 de março de 2018.

#### 4.2.2.2 Chat

Analogamente ao ticket de telefonia, a taxa média de chegada ( $\lambda$ ) e o tempo médio entre chegadas serão calculados utilizando o mesmo período e proporção de clientes como base.

$$\lambda_{\text{premium}} = \frac{\text{tickets}}{\text{tempo}} = \frac{2907 \times 0.05}{61 \times 11 \times 60} \cong 3,610 \times 10^{-3} \text{ tickets}/\text{min} \quad (9)$$

$$\lambda_{\text{comum}} = \frac{\text{tickets}}{\text{tempo}} = \frac{2907 \times 0.95}{61 \times 11 \times 60} \cong 68,595 \times 10^{-3} \text{ tickets}/\text{min} \quad (10)$$

$$\text{Tempo médio chegada premium} = 1/\lambda_{\text{premium}} \cong 276,99 \text{ min/ticket} \quad (11)$$

$$\text{Tempo médio chegada comum} = 1/\lambda_{\text{comum}} \cong 14,58 \text{ min/ticket} \quad (12)$$

As demandas são transferidas para o e-mail caso o cliente não permaneça online até o fim do atendimento. Nesse caso, foi calculado a duração média de espera do cliente até o momento de desistência, chegando-se ao valor de, aproximadamente, 580 segundos de acordo com os dados do sistema de *helpdesk* utilizado.

#### 4.2.2.3 E-mail

Por fim, calcula-se a taxa média de chegada ( $\lambda$ ) e o tempo médio entre chegadas de tickets via e-mail:

$$\lambda_{\text{premium}} = \frac{\text{tickets}}{\text{tempo}} = \frac{4583 \times 0.05}{61 \times 11 \times 60} \cong 5,692 \times 10^{-3} \text{ tickets/min} \quad (13)$$

$$\lambda_{\text{comum}} = \frac{\text{tickets}}{\text{tempo}} = \frac{4583 \times 0.95}{61 \times 11 \times 60} \cong 108,143 \times 10^{-3} \text{ tickets/min} \quad (14)$$

$$\text{Tempo médio chegada premium} = 1/\lambda_{\text{premium}} \cong 175,69 \text{ min/ticket} \quad (15)$$

$$\text{Tempo médio chegada comum} = 1/\lambda_{\text{comum}} \cong 9,25 \text{ min/ticket} \quad (16)$$

Diferentemente dos dois casos anteriores, as demandas por e-mail não possuem a necessidade do cálculo de tempo de tolerância, já que o ticket entra

diretamente na fila de espera do atendimento sem sofrer alterações do sistema ao longo do processo.

### 4.3 Construção do modelo de simulação

Para a elaboração de um modelo no software Simul8 é necessário a definição dos objetos básicos de simulação. A partir da coleta e análise da estrutura e banco de dados da Ticket Center, é possível inserir cada elemento do processo de atendimento e suas relações.

Inicialmente, foram inseridos os objetos de **chegada** do modelo, ou seja, as chegadas das solicitações das origens de telefone, chat e e-mail, além do tipo de cliente solicitante (comum ou premium). Os valores médios entre tempo de chegadas foram obtidos no subcapítulo anterior a partir da coleta de dados e, como os tickets chegam ao sistema de forma aleatória e sem nenhuma espécie de controle, a base conceitual sugere a modelação através de uma distribuição de Poisson.

A partir de então iniciou-se a construção do fluxo do processo de atendimento com a inclusão de **filas** e suas respectivas propriedades, como tempo médio de tolerância e prioridades de atendimento.

As **atividades** foram definidas separadas de acordo com o tipo de funcionário e necessidade de senioridade de atendimento. Infelizmente, as informações disponíveis só informavam o tempo médio de atendimento em cada caso e, para adicionar certa variabilidade ao sistema, foi adotada uma distribuição triangular com variação de 10% em relação a média, considerada a moda da distribuição. Dessa forma, os parâmetros da distribuição adotada são:

- Moda = Tempo médio de atendimento
- Valor mínimo =  $(1 - 10 \%) * (\text{Tempo médio de atendimento})$
- Valor máximo =  $(1 + 10 \%) * (\text{Tempo médio de atendimento})$

Além disso, foram definidos os **recursos** utilizados no sistema, ou seja, os funcionários existentes para realizar o atendimento, definindo a quantidade disponível e a disponibilidade de cada um.

Dessa forma, gera-se uma síntese resumida dos inputs necessários para o desenvolvimento de um modelo de simulação, representando a operação do Departamento de Atendimento.

Quadro 15 - Inputs do modelo de simulação piloto

Inputs		Valores
Tempo entre chegada (Telefone) [min]	Comum	Poisson, média = 10,39
	Premium	Poisson, média = 197,45
Tempo entre chegada (Chat) [min]	Comum	Poisson, média = 14,58
	Premium	Poisson, média = 276,99
Tempo entre chegada (Email) [min]	Comum	Poisson, média = 9,25
	Premium	Poisson, média = 175,69
Tempo médio de tolerância na fila (Telefone) [min]		3,22
Tempo médio de tolerância na fila (Chat) [min]		9,67
Tempo médio de tolerância na fila (Email) [min]		-
Tempo de atendimento [min]	Demanda júnior	Triangular, moda = 12,02; min = 10,82; máx = 13,22
	Demanda sênior	Triangular, moda = 25,1; min = 22,59; máx = 27,61
Frequência de tickets com demanda sênior [%]		4,09
Quantidade de funcionários [un.]	Júnior	3
	Sênior	2
Disponibilidade de funcionários [%]	Júnior	54,57
	Sênior	45,20

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Após a definição e construção de todos os fluxos e entidades do processo, o modelo piloto de simulação da central de atendimento da Ticket Center pode ser rodado. Para o sistema em questão, foi considerado operação contínua com intervalo equivalente ao tempo de trabalho contido na coleta de dados entre o primeiro trimestre de 2018 (61 dias úteis \* 11 horas de trabalho \* 60 minutos por hora = 40260 minutos). O modelo em questão pode ser visto de maneira visual na figura a seguir:

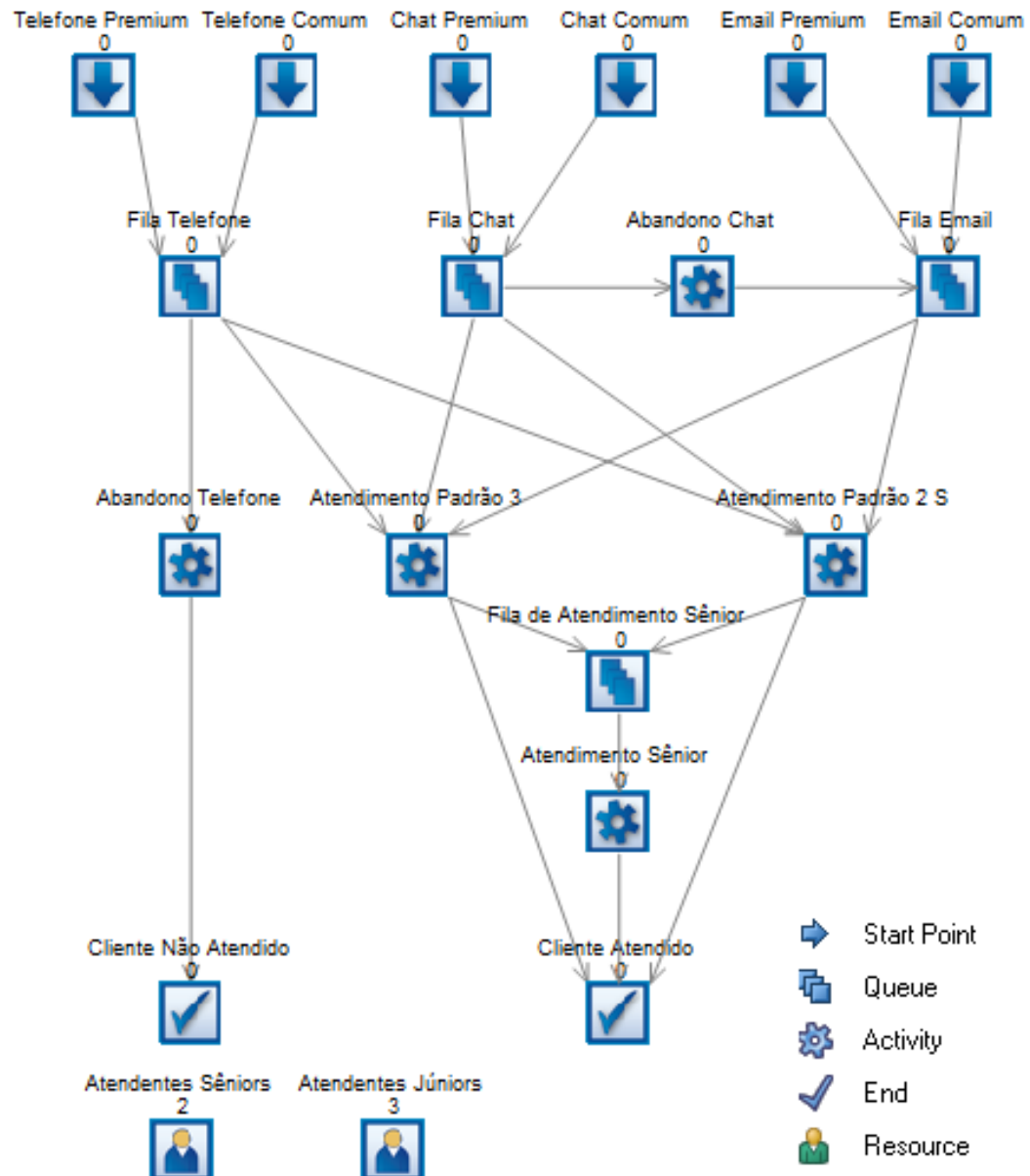


Figura 12 - Modelo piloto de simulação  
**Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Simul8**

#### 4.3.1 Validação do modelo de simulação

A validação do modelo de simulação foi realizada em duas etapas. Primeiramente as premissas e os inputs utilizados para a construção do modelo foram reavaliados pela área de atendimento da Ticket Center, de modo a verificar a aderência dos fluxos e entidades do modelo a realidade.

A partir do aval da área, foi utilizado o método de validação proposto por Law e Kelton (1991), em que se comparam os resultados históricos do sistema real com os resultados do modelo simulado. Nessa etapa do projeto, foi utilizada uma ferramenta auxiliar do Simul8 para determinar o número de replicações da simulação para conseguir um intervalo de confiança de 95 %, obtendo-se o número sugerido de seis replicações.

Após a construção do modelo e verificação da lógica utilizada, gerou-se *dashboards* no próprio Simul8 com os dados de saída das replicações. Os gráficos e tabelas escolhidas apresentam uma síntese da operação do sistema, facilitando a análise e comparação dos cenários.

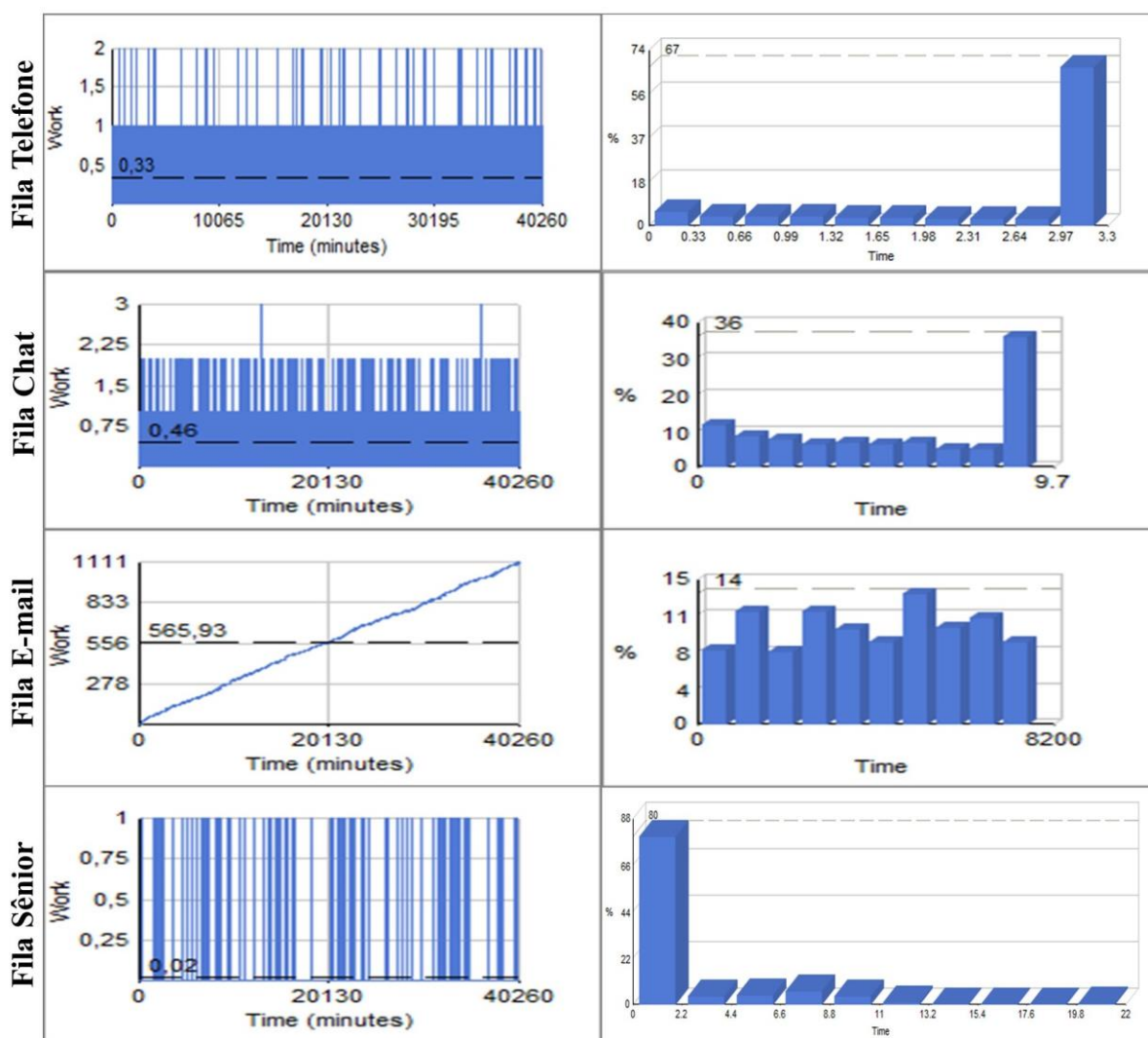


Figura 13 - Dashboard de filas cenário atual  
Fonte: Simul8



O *dashboard* apresenta no lado esquerdo gráficos que representam a quantidade de usuários em cada fila ao longo do tempo de simulação. No lado direito, são apresentados histogramas com as frequências média de tempo em cada fila.

Os resultados coletados mostram a concentração de tempo de espera de tickets provenientes de telefone e chat em seus respectivos tempos limite de tolerância. Por outro lado, os tickets de e-mail apresentam um tempo de espera contínuo e crescente, já que não possuem tempo de tolerância, absorvem demandas perdidas via chat e possuem uma menor prioridade de atendimento. Os tickets com necessidade de atendimento sênior costumam sair da fila rapidamente, pois sua demanda é pequena e os funcionários com maior experiência priorizam esse serviço.

Os indicadores mais relevantes apresentados no modelo foram compilados na tabela a seguir:

Quadro 16 - Indicadores de desempenho cenário atual

<b>Indicador</b>	<b>Resultado</b>
Tempo médio no sistema [min]	2263
Clientes atendidos [un.]	7813
Abandono de sistema ( <i>balking</i> ) [un.]	2644
Clientes em fila de espera [un.]	1084
Taxa de atendimento total [%]	67,7%
Tamanho médio de fila - telefone [un.]	0,4
Tamanho médio de fila - chat [un.]	0,4
Tamanho médio de fila - email [un.]	542,9
Tamanho médio de fila - sênior [un.]	0
Utilização atendentes juniores [%]	100
Utilização atendentes seniores [%]	100

**Fonte: Adaptado do Simul8**

A partir dos resultados acima, é possível identificar a dificuldade em atender os tickets com origem e-mail, já que são as solicitações sem tempo de tolerância na fila de espera e com menor prioridade. Além disso, percebe-se a sobrecarga dos funcionários do Departamento de Atendimento, que praticamente não apresentaram tempo de ociosidade, confirmando a necessidade de um redimensionamento da área.

De forma geral, os resultados obtidos no modelo de simulação se aproximaram dos resultados esperados. Durante o primeiro trimestre de 2018, foram atendidas 7551 solicitações no Departamento de Atendimento da Ticket Center. O modelo desconsiderou os horários de ausência de trabalho do sistema, rodando o

sistema de forma contínua. Para o mesmo intervalo de tempo de trabalho simulado, obteve-se 7813 atendimentos completados. A diferença percentual entre o resultado modelado e a base histórica é de 3.47 %, o que demonstra um alto nível de calibração do modelo, validando-o para as simulações de novos cenários.

#### **4.4 Cenários simulados**

Conforme observado anteriormente, o Departamento de Atendimento da Ticket Center não foi capaz de atender toda demanda recebida. Os funcionários ocuparam todo seu tempo disponível para realizar algum tipo de atendimento e 32,3 % dos tickets recebidos não foram atendidos. Desta forma, o aumento na equipe de atendimento foi um dos parâmetros observados na simulação de cenários em busca de um nível mínimo de taxa de atendimento de 90 %.

O acúmulo crescente de tickets na fila de espera de e-mail também foi analisado. Neste caso, a prioridade de tickets foi revista para observar possíveis melhorias nos desempenhos e reduções nas filas de espera.

Um terceiro parâmetro seria a alteração do escopo de trabalho dos funcionários. Neste caso, analisou-se a possibilidade do trabalho exclusivo dos atendentes sêniores em demandas sêniores. Porém, esse parâmetro foi descartado, já que a análise da simulação de cenário atual do sistema mostrou a baixa demanda de tickets deste tipo e rápido atendimento na maioria dos casos encontrados, o que demonstra que a necessidade principal é realmente nos atendimentos primários e a limitação de atendimento dos funcionários mais experientes teria um impacto negativo na taxa de atendimento.

#### 4.4.1 Cenário 1 – Mudança na priorização de tickets

Neste cenário os tickets com origem e-mail se tornaram prioritários, enquanto todos os outros inputs foram mantidos. Analogamente ao cenário inicial, apresentou-se o *dashboard* com os dados de saída da simulação.

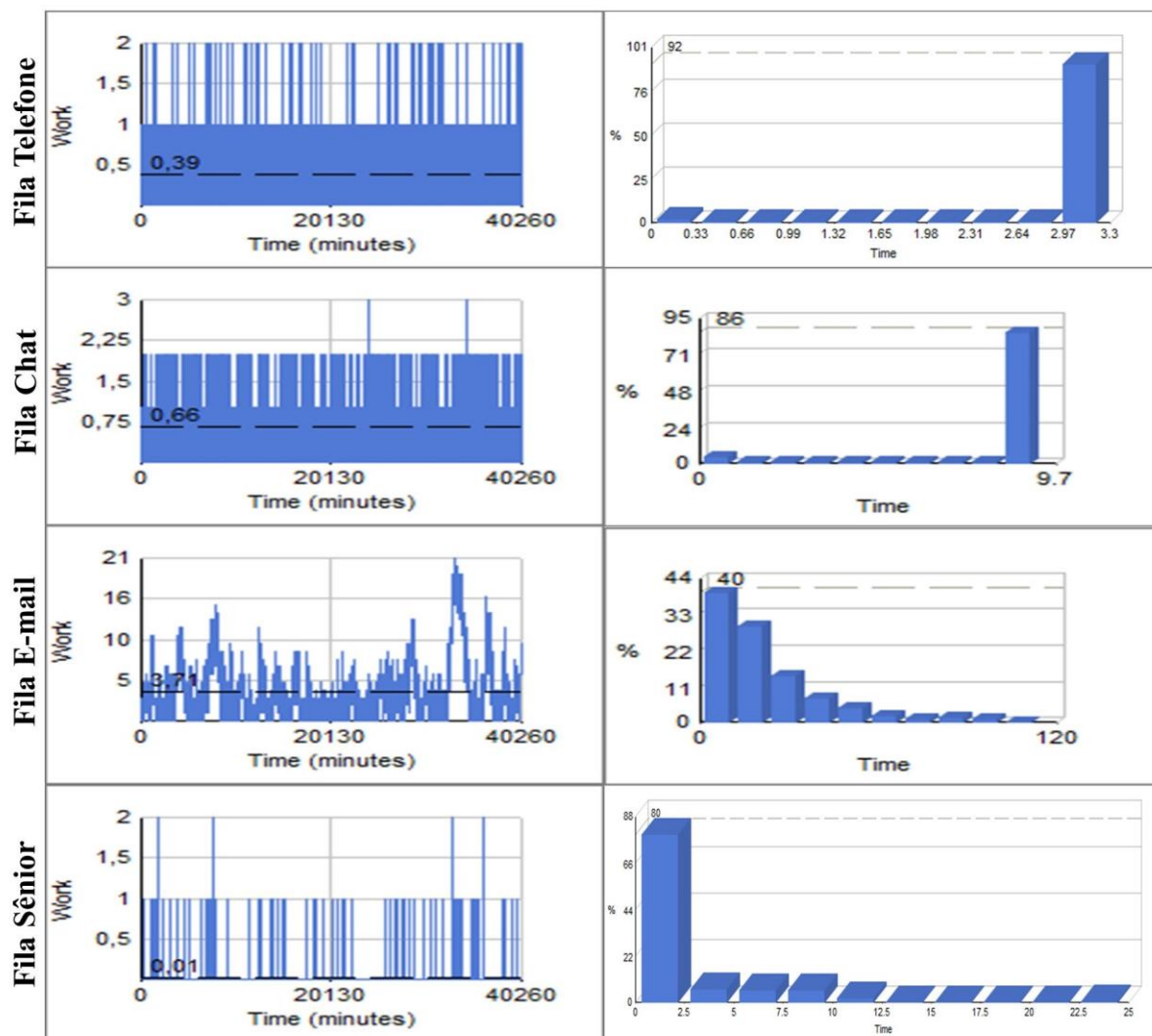


Figura 14 - Dashboard de filas cenário 1

Fonte: Simul8

O cenário simulado apresentou mudanças em relação ao comportamento das filas de espera. Em relação aos tickets de telefonia e chat, houve um aumento na concentração de tickets com tempo igual a tolerância limite, o que reflete em uma maior taxa de abandono do sistema. Por outro lado, a fila de e-mail se manteve mais estável e sem acúmulo constante de usuários em espera.

Os indicadores de resultado mais relevantes também foram compilados para análise e apresentados a seguir:

Quadro 17 - Indicadores de desempenho cenário 1

<b>Indicador</b>	<b>Resultado</b>
Tempo médio no sistema [min]	38
Clientes atendidos [un.]	7787
Abandono de sistema ( <i>balking</i> ) [un.]	3748
Clientes em fila de espera [un.]	8
Taxa de atendimento total [%]	67,5%
Tamanho médio de fila - telefone [un.]	0,4
Tamanho médio de fila - chat [un.]	0,6
Tamanho médio de fila - email [un.]	4,1
Tamanho médio de fila - sênior [un.]	0
Utilização atendentes juniores [%]	100
Utilização atendentes seniores [%]	100

**Fonte: Adaptado do Simul8**

Neste cenário, o tempo do usuário no sistema reduziu consideravelmente, já que não houveram formação de longas filas. Porém, uma parcela dos usuários (32,47 %) abandonou o sistema, já que o tempo de tolerância era atingido com mais facilidade em um cenário sem a priorização de tickets de telefonia. O aumento na taxa de *balking* é preocupante, já que a empresa não tem como reverter a situação negativa do cliente nesses casos.

#### **4.4.2 Cenário 2 – Redimensionamento da equipe**

Este cenário consistiu no redimensionamento da equipe de atendimento de modo a atingir uma taxa mínima de atendimento de 90 %. Nesse caso, não foi considerado o aumento no número de atendentes seniores, já que estes profissionais precisam de um tempo maior na empresa para conhecer a fundo os produtos e processos internos. Desta forma, apenas os atendentes juniores sofreram aumento de equipe.

Para esta simulação, o número de recursos disponíveis no sistema foi alterado e as atividades de atendimento foram replicadas de forma a igualar o número de funcionários na equipe. Foram adicionados dois atendentes juniores, totalizando cinco atendentes de atendimento júnior e dois funcionários seniores.

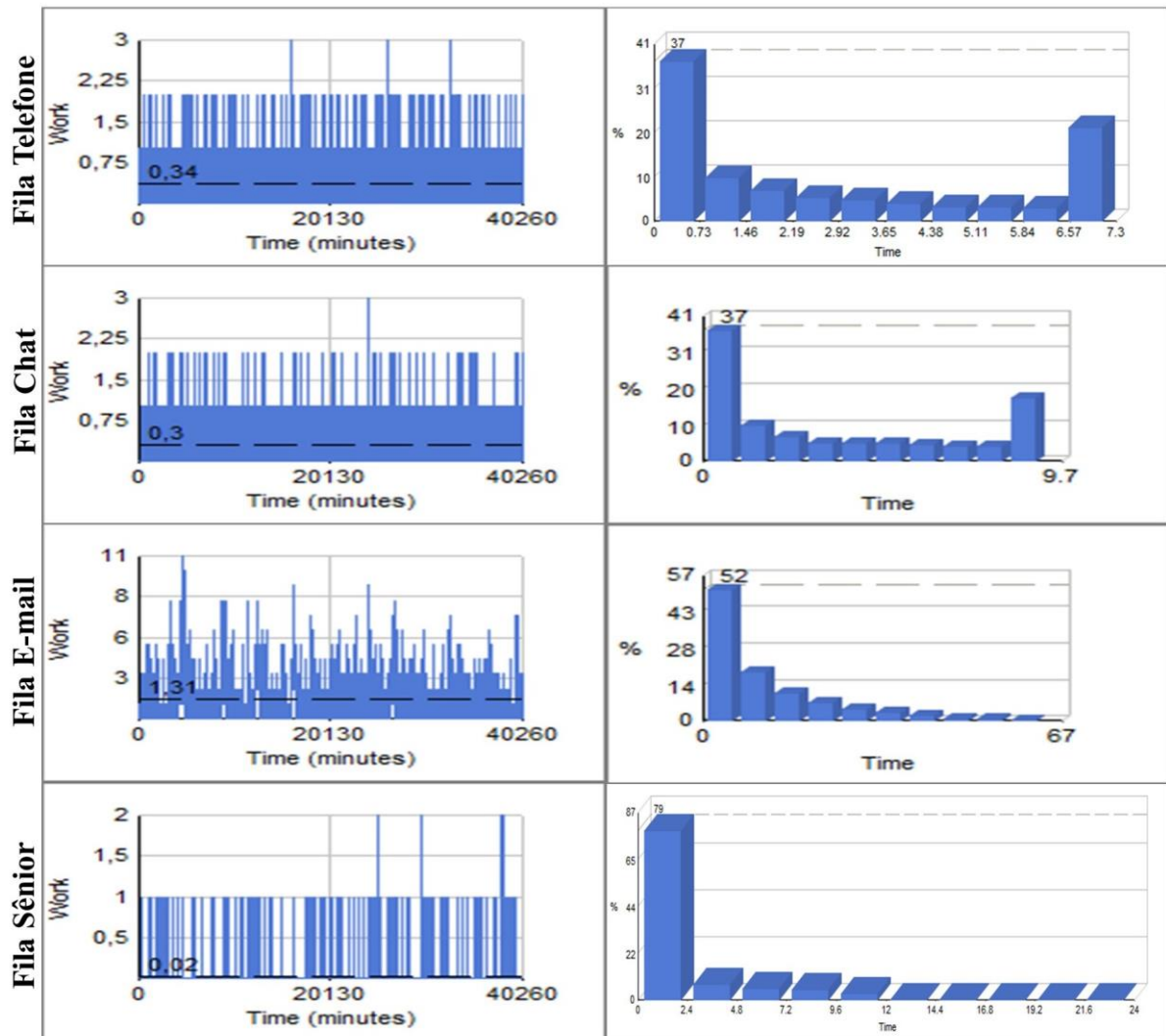


Figura 15 - Dashboard de filas cenário 2

Fonte: Simul8

Neste cenário a maior parcela dos usuários de cada origem de tickets foi atendido rapidamente, reduzindo o tempo de espera em fila e a quantidade de usuários aguardando atendimento.

Quadro 18 - Indicadores de desempenho cenário 2

<b>Indicador</b>	<b>Resultado</b>
Tempo médio no sistema [min]	19
Clientes atendidos [un.]	10753
Abandono de sistema ( <i>balking</i> ) [un.]	786
Clientes em fila de espera [un.]	2
Taxa de atendimento total [%]	93,2%
Tamanho médio de fila - telefone [un.]	0,4
Tamanho médio de fila - chat [un.]	0,2
Tamanho médio de fila - email [un.]	1,2
Tamanho médio de fila - sênior [un.]	0
Utilização atendentes juniores [%]	97
Utilização atendentes seniores [%]	98

**Fonte: Adaptado do Simul8**

O Departamento de Atendimento nessas condições opera próximo do esperado, com taxa de atendimento superior a 90 % e tamanho médio de filas baixo. No entanto, a quantidade de abandonos de sistema continua relevante (9,9 %) devido ao baixo tempo de tolerância em filas de espera de telefonia.

#### **4.4.3 Cenário 3 – Mudança na priorização de tickets com redimensionamento da equipe**

O terceiro cenário apresenta uma combinação entre os dois primeiros, com o aumento da equipe de atendimento e mudança na priorização de tickets para os de origem via e-mail. Nesse caso, foram obtidos os seguintes resultados de filas:

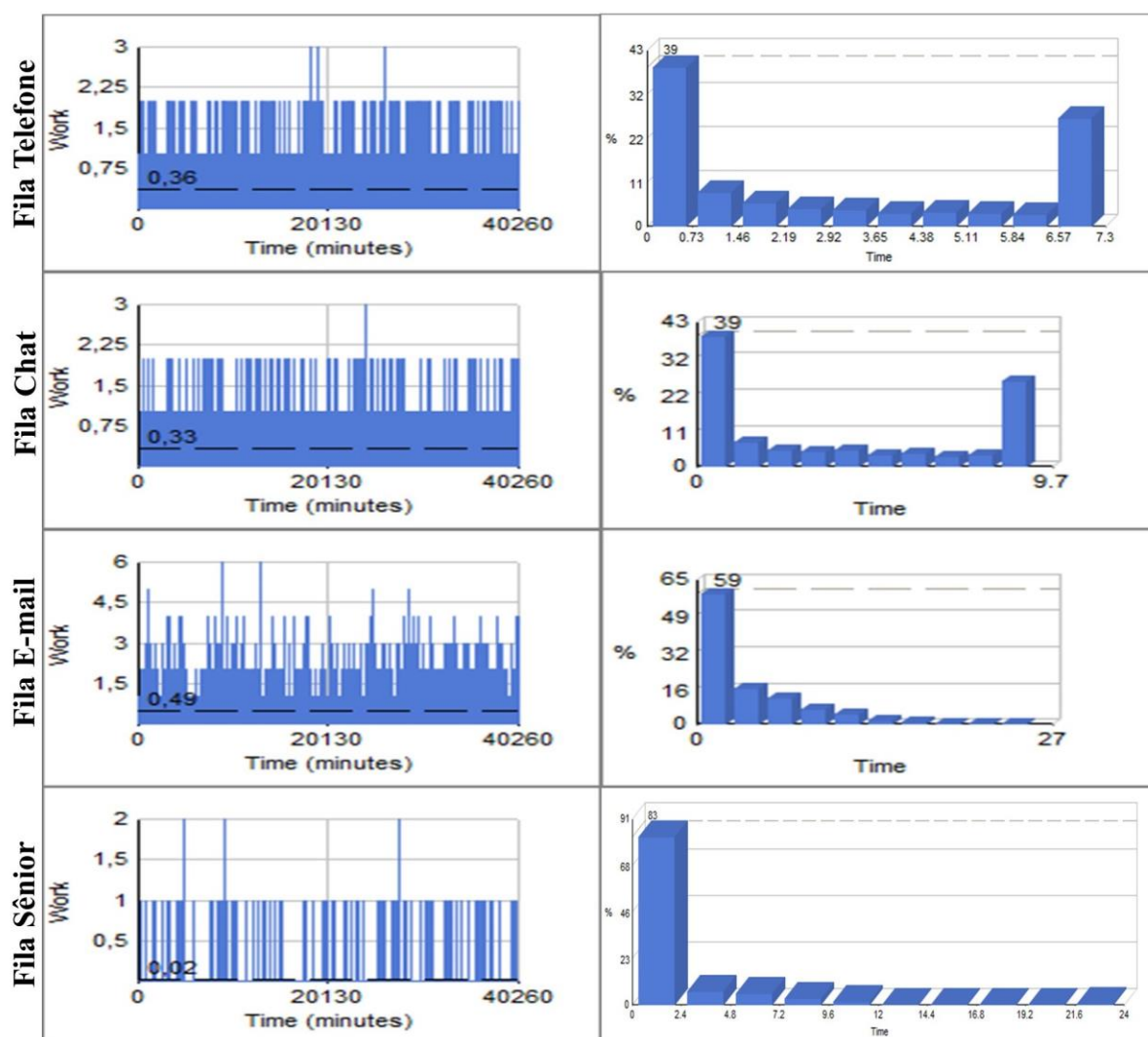


Figura 16 - Dashboard de filas cenário 3

Fonte: Simul8

Neste cenário, o funcionamento das filas de atendimento é mais rápido do que o cenário 1 devido ao aumento de recursos disponíveis, reduzindo o tamanho de filas e o tempo médio de espera.

Quadro 19 - Indicadores de desempenho cenário 3

Indicador	Resultado
Tempo médio no sistema [min]	16
Clientes atendidos [un.]	10587
Abandono de sistema ( <i>balking</i> ) [un.]	952
Clientes em fila de espera [un.]	2
Taxa de atendimento total [%]	91,7%
Tamanho médio de fila - telefone [un.]	0,4
Tamanho médio de fila - chat [un.]	0,3

Tamanho médio de fila - email [un.]	0,5
Tamanho médio de fila - sênior [un.]	0
Utilização atendentes juniores [%]	96
Utilização atendentes seniores [%]	98

**Fonte: Adaptado do Simul8**

Nessas condições o Departamento de Atendimento opera acima dos 90 % de taxa de atendimento, porém o número de abandonos de sistema aumenta em relação ao cenário 2, devido a menor prioridade de tickets via telefonia. Além disso, o tempo médio no sistema é o menor dentre os cenários simulados.

#### 4.5 Análise comparativa de resultados

Após a realização do estudo de simulação apresentado, foi possível determinar as alterações necessárias para que o Departamento de Atendimento tenha um nível de serviço satisfatório. O quadro a seguir sintetiza os resultados obtidos em cada cenário, facilitando a comparação entre cada caso.

Quadro 20 - Síntese de resultados de cenários

<b>Indicador</b>	<b>Cenário Atual</b>	<b>Cenário 1</b>	<b>Cenário 2</b>	<b>Cenário 3</b>
Tempo médio no sistema [min]	2263	38	19	16
Clientes atendidos [un.]	7813	7787	10753	10587
Abandono de sistema ( <i>balking</i> ) [un.]	2644	3748	786	952
Clientes em fila de espera [un.]	1084	8	2	2
Taxa de atendimento total [%]	67,7%	67,5%	93,2%	91,7%
Tamanho médio de fila - telefone [un.]	0,4	0,4	0,4	0,4
Tamanho médio de fila - chat [un.]	0,4	0,6	0,2	0,3
Tamanho médio de fila - email [un.]	542,9	4,1	1,2	0,5
Tamanho médio de fila - sênior [un.]	0	0	0	0
Utilização atendentes juniores [%]	100	100	97	96
Quantidade atendentes juniores [un.]	3	3	5	5
Utilização atendentes seniores [%]	100	100	98	98

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Em relação ao tempo médio no sistema, verifica-se que a alteração da prioridade de atendimento impacta diretamente no tempo do usuário no sistema. Apesar de ser um indicador importante de desempenho de uma operação envolvendo filas, o impacto se deve ao baixo tempo de tolerância de tickets via telefonia. Ao deixar



de priorizar tal atendimento, os usuários abandonam o sistema precocemente, reduzindo o tempo médio de espera e impossibilitando a ação dos funcionários sobre eles.

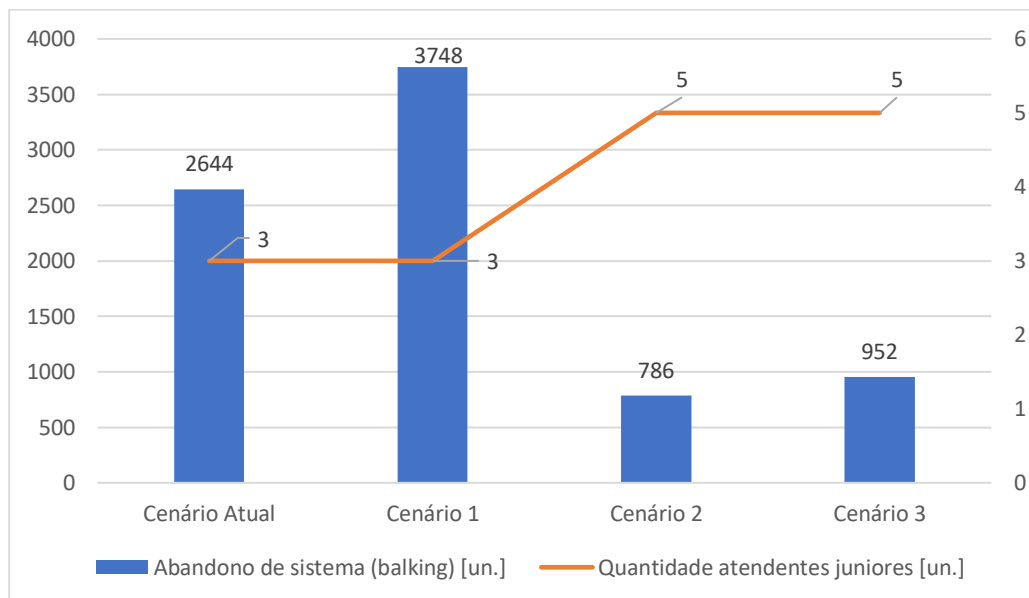


Figura 17 - Qtde. de abandono de sistema por cenário

**Fonte: Elaborado pelo autor**

O gráfico acima apresenta a relevância na prioridade de tickets ao comparar a quantidade de usuários que abandonam o sistema em cenários com o mesmo número de atendentes. A partir dos resultados consolidados, percebe-se que a taxa de atendimento aumenta de acordo com o número de funcionários disponíveis, sem receber um impacto muito grande da prioridade utilizado de atendimento. Dessa forma, a priorização de tickets deve levar em consideração principalmente o tempo de tolerância de cada origem, buscando a redução de desistências.

Portanto, após a obtenção da taxa de atendimento mínima esperada, a operação de atendimento deve priorizar os tickets mais emergenciais, ou seja, aqueles com possibilidade de saída do sistema. Analisando-se as taxas de atendimento, percebe-se que os cenários que atendem o nível mínimo de serviço são aqueles com 5 funcionários juniores.

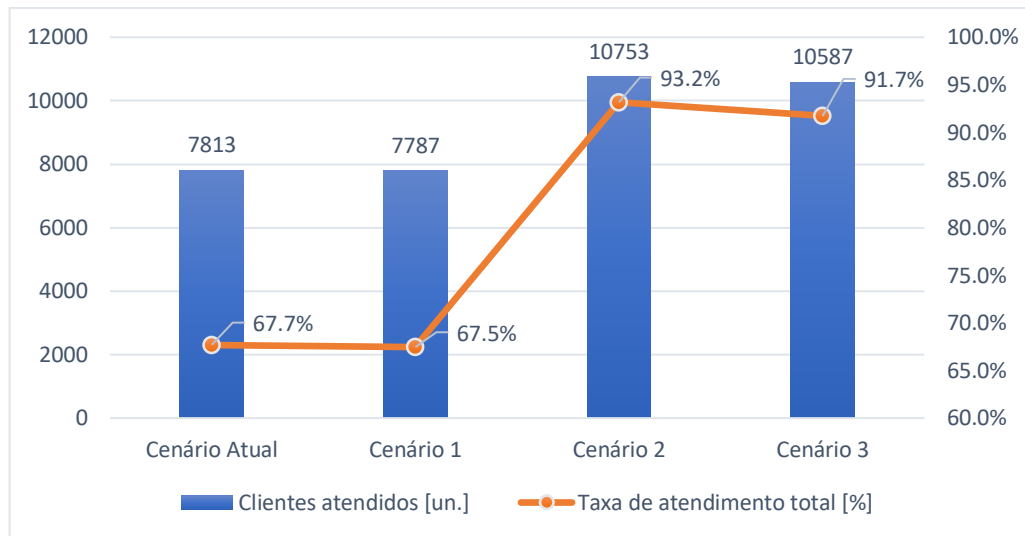


Figura 18 - Taxa de atendimento por cenário

**Fonte: Elaborado pelo autor**

Desta forma, é possível concluir que a melhor alternativa é o cenário 2, no qual ocorre o aumento na equipe de atendimento com a inclusão de dois atendentes juniores e a priorização de tickets de acordo com o tempo de tolerância de sua fila de origem.

O cenário 2 apresentou a maior taxa de atendimento, menor número de abandonos de sistema e tamanhos médios de filas baixos, possibilitando uma operação fluída e sem acúmulo de demanda.

## 5 CONCLUSÃO

O trabalho em questão tinha como objetivo analisar o Departamento de Atendimento da Ticket Center, buscando melhorias no dimensionamento e eficiência da operação através da análise dos dados internos e com o auxílio de uma ferramenta de simulação. Tais objetivos foram atingidos com o desenvolvimento de um modelo de simulação capaz de atender um nível mínimo de serviço, tornando a operação de atendimento fluída e sem acúmulo de usuários em espera.

Para chegar a conclusão do trabalho, foram coletados dados internos da operação da Ticket Center e adotadas premissas que foram validadas ao longo do desenvolvimento do projeto. O acompanhamento contínuo da equipe de atendimento da empresa e o embasamento teórico realizado na revisão bibliográfica possibilitaram a obtenção de um cenário apropriado.

Apesar da divergência de resultados entre a base histórica e o modelo de simulação estar dentro do nível de tolerância aceitável, um ponto de melhoria é relacionado à distribuição estatística das entidades da simulação. Para os tempos de atendimento, foi adotada uma distribuição triangular de modo a contemplar a média histórica coletada. No entanto, os resultados se tornariam mais assertivos com a realização de um estudo de cronoanálise para coletar dados sobre o tempo de atendimento no processo, buscando uma distribuição de probabilidade mais apropriada.

Além disso, outro ponto de melhoria seria a adoção do aumento de eficiência dos funcionários utilizados como recursos e da evolução do número de tickets de acordo com o crescimento esperado da empresa.

Percebe-se também que a existência de abandonos de sistema se deve a um tempo de tolerância baixo dos tickets provenientes de telefonia. Nesse caso, vale a pena um estudo de otimização do sistema de URA da empresa, buscando um atendimento prévio automático mais estruturado, capaz de realizar uma pré-triagem dos tickets e aumentar o tempo de tolerância na fila.

Todos esses pontos podem ser fruto de trabalhos futuros em banco do aprimoramento do projeto em questão ou de trabalhos semelhantes com foco em operações de centrais de atendimento.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANTON, J. The past, present and future of customer access centers. **International Journal of Service Industry Management**, Vol. 11 No. 2, 2000.

ARAÚJO, M.; ARAÚJO, F.; ADISSI, P. Modelo para segmentação da demanda de um call center em múltiplas prioridades: estudo da implantação em um call center de telecomunicações. **Revista Produção On Line**, volume 4(3), Agosto 2004.

ARAÚJO, M; ARAÚJO, F e ADISSE, P. Modelo para segmentação da demanda de um Call Center em múltiplas prioridades: **Estudo da implantação em um Call Center de Telecomunicações. Revista Produção Online**, Vol. 4, No. 3, Agosto de 2004.

BANKS, J. Introduction to simulation. **Proceedings of the Winter Simulation Conference**. Atlanta, 2000.

BAPAT, V e PRUITTE Jr, E. Using Simulation in Call Centers. **Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference** D.J. Medeiros, E.F. Watson, J.S. Carson and M.S. Manivannan, 1998.

BAPAT, V.; PRUITTE Jr, E. Using simulation in call centers. **Winter Simulation Conference**, p. 1395-1399, 1998

BOUZADA, M.A.C. Scenario Analysis within a Call Center Using Simulation – **The Flagship Research Journal of International Conference of the Production and Operations Management Society**, v. 2, n. 1, 2009.

Brockmeyer, E., Halstrøm e Jensen, A. The life and works of A. K. Erlang, **Transactions of the Danish Academy of Technical Sciences**, No. 2, 1948.

BROWN, L.; GANS, N.; MANDELBAUM, A.; SAKOV, A.; SHEN, H.; ZELTYIN, S.; ZHAO, L. Statistical analysis of a telephone call center: a queueing-science perspective. **Wharton Financial Institutions Center**, Working Paper, 03 – 12, Nov 9, 2002.

CHENG, T.; FENG, C.; HSU, M. An integrated modeling mechanism for optimizing the simulation model of the construction operation. **Automation in Construction**, 2006.

CHOKSHI, R. Decision support for call center management using simulation. **Winter Simulation Conference**, p. 1634-1639, 1999.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. Introdução ao software de simulação Simul8. **XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, 2006.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C.; PEREIRA, W. J.; VIEIRA, D. R.; PÉCOR, J. E. **Introdução ao Simul8: Um guia prático**, 1st ed. São Paulo, 2015.

CHWIF, L.; MEDINA, A.C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicações**. 2ª Edição. São Paulo: Ed. dos Autores, 2007.

COLLINS, J. C.; PORRAS, J. I. Building Your Company's Vision. Harvard Business Review, 1996.

DE CARVALHO, Thatiane Cristina dos Santos. **Probabilidade e estatística**, 2015.

FRIEDMAN, T. Call center management: Balancing the numbers. **Industrial Management**, 43(1), 6, 2001.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo, 1987.

GROSSMAN, THOMAS A., DOUGLAS A. SAMUELSON, SHERRY L. Oh and Thomas R. ROHLER. **Call centers**. In Encyclopedia of Operations Research and Management Science. Centennial edition, Saul I. Gass and Carl M. Harris, editors. Norwell: Kluwer Academic Publishers, 2001.

HALL, B.; ANTON, J. Optimizing your call center through simulation. **Call Center Solutions Magazine**, 1998.

HARREL, C. R.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R. **Simulation Using Promodel**, 2002.

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

LAW, A.M.; KELTON, W.D. 1991. **Simulation Modeling and Analysis**, second ed. McGraw-Hill, New York.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C.F. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, 2002.

MEHROTRA, V.; FAMA, J. Call Center Simulation Modeling: Methods, Challenges and Opportunities. **Winter Simulation Conference**, p. 135-143, 2003.

MEHROTRA, V.; PROFOZICH, D.; BAPAT, V. Simulation: the best way to design your call center. **Telemarketing & Call Center Solutions**, 1997.

PIDD, M. 1998. **Computer Simulation in Management Science**. 4<sup>a</sup> ed., New York, John Wiley & Sons Ltd., 280.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. D. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2<sup>a</sup>. ed. Novo Hamburgo: Universidade Freevale, 2013.

QUAIS AS CHANCES DA SUA STARTUP SER BEM-SUCEDIDA. São Paulo. Disponível em: < <https://startupi.com.br> > Acesso em 31 mai. 2018.

REICHHELD, F.F. **The One Number You Need to Grow**. Harvard Business Review, 2003.

SILVA, Cassandra Ribeiro de O. **Metodologia e organização do projeto de pesquisa: guia prático**. Fortaleza, 2004.

SINAY, M. C. F. **Teoria de Filas**. Apostila do Curso de Especialização em Transporte Ferroviário de Cargas do Instituto Militar de Engenharia. Rio de Janeiro, 2005.

STIGLER, S. M. **The history of statistics: The measurement of uncertainty before 1900**. Harvard University Press, 1986.

TESSLER, J. Macroergonomia em call center de ambiente universitário. **Mestrado Profissionalizante em Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, 2002.

Walpole, R., Myers, R., Myers, S. and Ye, K. **Probability and Statistics for Engineers and Scientists**, 2014.

WISTON, W. L. **Operations Research**, 4nd ed. Indiana, Thomson, 2004.