



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**FELIPE ALVES MENDES DA SILVA**

**TEORIA DAS FILAS: ANÁLISE DO SERVIÇO EM UMA PIZZARIA**

**SUMÉ - PB  
2019**

**FELIPE ALVES MENDES DA SILVA**

**TEORIA DAS FILAS: ANÁLISE DO SERVIÇO EM UMA PIZZARIA**

**Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.**

**Orientador: Professora Dr<sup>a</sup>. Maria Creuza Borges de Araújo.**

**SUMÉ - PB  
2019**

S586t Silva, Felipe Alves Mendes da.  
Teoria das filas: análise do serviço em uma pizzaria. / Felipe  
Alves Mendes da Silva. - Sumé - PB: [s.n], 2019.

68 f.

Orientadora: Professora Dr<sup>a</sup> Maria Creuza Borges de Araújo.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro  
de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia  
de Produção.

1. Teoria das filas. 2. Medidas de desempenho. 3. Pizzaria. 4.  
Delivery. 5. Sistema de filas. I. Araújo, Maria Creuza Borges de. II.  
Título.

CDU: 519.248(043.1)

**Elaboração da Ficha Catalográfica:**

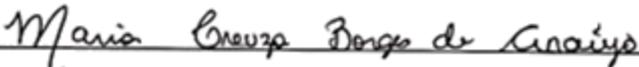
Johnny Rodrigues Barbosa  
Bibliotecário-Documentalista  
CRB-15/626

**FELIPE ALVES MENDES DA SILVA**

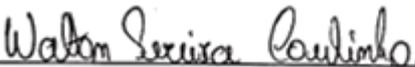
**TEORIA DAS FILAS: ANÁLISE DO SERVIÇO EM UMA PIZZARIA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

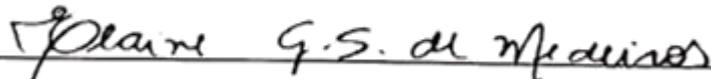
**BANCA EXAMINADORA:**



**Professora Dra. Maria Creuza Borges de Araújo**  
Orientador (UAEP/CDSA/UFCG)



**Professor Dr. Walton Pereira Coutinho**  
Examinador I (UAEP/CDSA/UFCG)



**Professora Me. Elaine Gonçalves Soares de Medeiros**  
Examinador II (IFPB)

**Trabalho aprovado em: 03 de dezembro de 2019.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, saúde, disposição e confiança necessária para superar as barreiras ao longo deste caminho, permitindo assim a realização deste trabalho.

Aos meu pais, que ao longo destes anos sempre acreditaram no meu potencial e me apoiaram em todas as dificuldades, servindo como base para o meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Aos meus familiares, que torceram pelo meu sucesso pessoal e profissional. Em especial, minha Madrinha Magna, que mesmo longe, sempre procurou me apoiar e icentivar meus estudos.

A Núbia Rejane, que sempre foi um pilar de sustentação na minha formação acadêmica, e que me auxiliou em todas as dificuldades.

A todos os meus amigos, que de maneira geral sempre me ajudaram, não somente nas atividades acadêmicas, mas em todas as etapas durante esses anos de graduação.

Aos professores, por todos os conhecimentos e experiências compartilhados, sendo essenciais na minha formação acadêmica.

A minha orientadora Doutora Maria Creuza, por acreditar na minha capacidade, pelos conselhos e ensinamentos, e principalmente pela paciência. Foi um prazer ter sido seu aluno.

E a todos que contribuíram de alguma forma para minha formação.

## RESUMO

Prestar um serviço de qualidade e no tempo adequado, passou a ser uma necessidade para as empresas se manterem no mercado, que esta cada vez mais competitivo, e com clientes mais exigentes. Neste contexto, a Teoria das Filas se insere como uma ferramenta de auxílio na tomada de decisão, através da análise do desempenho de um sistema em estudo. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo aplicar a Teoria das Filas no serviço de entrega de uma pizzaria, localizada na cidade de Sumé, Paraíba. Para isso, foram coletados os tempos entre chegadas de pedidos no sistema, e o tempo de atendimento, determinadas as distribuições de probabilidade e calculadas as medidas de desempenho do sistema. Em seguida foram analisados três cenários: o primeiro relativo à situação atual, o segundo propôs a contratação de um motoboy e o terceiro considerou a minimização de erros no processo. Após a análise, observou-se que o cenário três é o mais adequado para organização, ou seja, a melhoria dos processos de entrega. Para alcançar este último cenário, foram utilizadas ferramentas da qualidade para determinação das causas, priorização dos problemas e determinação do plano de ação.

**Palavras-chave:** Teoria das Filas. Medidas de Desempenho. Delivery.

## **ABSTRACT**

Providing a quality service in the right time it has become a necessity for the companies to stay in the market which is increasingly more competitive and with more demanding costumers. In this context, Queuing Theory is inserted as a decision making helping tool, through the analysis of the developing of a system under study. Thus, the present work aimed to apply the queuing theory in the delivery service of a pizzeria, located in the city of Sumé, Paraíba. For this, it was collected the times between the incoming of the orders at the system and the time of service, determined the probability distributions and calculated the performance measures of the system. Then, three scenarios were analyzed: the first one related to the current situation, the second one proposed to hire a deliveryman, and the third considered the minimization of mistakes in the process. After the analysis, it was observed that the third scenario is the most suitable for organization, providing an improvement of the delivering process. To achieve this last scenario, quality tools were used to determine the causes, prioritize the problems and determine the action plan.

**Keywords:** Queuing Theory. Performance Measures. Delivery.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Relação entre variáveis aleatórias.....	<b>25</b>
<b>Tabela 2</b>	Estatística descritiva para o intervalo de tempo entre os pedidos.....	<b>41</b>
<b>Tabela 3</b>	Estatística descritiva para o tempo de atendimento.....	<b>43</b>
<b>Tabela 4</b>	Relação das não conformidades.....	<b>49</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b>	Grandezas e distribuições de probabilidade na chegada e no atendimento.....	<b>25</b>
<b>Quadro 2</b>	Processos de filas.....	<b>26</b>
<b>Quadro 3</b>	Período da coleta de dados.....	<b>36</b>
<b>Quadro 4</b>	Resultado das medidas de desempenho (cenário atual).....	<b>46</b>
<b>Quadro 5</b>	Resultado das medidas de desempenho (cenário 1).....	<b>48</b>
<b>Quadro 6</b>	Resultado das medidas de desempenho (cenário 2).....	<b>50</b>
<b>Quadro 7</b>	Resumo das medidas de desempenho.....	<b>51</b>
<b>Quadro 8</b>	Plano de ação 5W2H.....	<b>55</b>
<b>Quadro 9</b>	Kanban.....	<b>56</b>

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b>	Curva de trade-off entre capacidade do sistema e tempo de espera dos usuários.....	<b>15</b>
<b>Gráfico 2</b>	Curva de custo total em função do nível de serviço.....	<b>16</b>
<b>Gráfico 3</b>	Boxplot dos tempos entre pedidos.....	<b>40</b>
<b>Gráfico 4</b>	Histograma dos tempos entre chegadas de pedidos.....	<b>41</b>
<b>Gráfico 5</b>	Teste de aderência dos dados para o intervalo entre pedidos.....	<b>42</b>
<b>Gráfico 6</b>	Boxplot do tempo de atendimento.....	<b>43</b>
<b>Gráfico 7</b>	Histograma dos tempos de atendimento.....	<b>44</b>
<b>Gráfico 8</b>	Teste de aderência dos dados para o tempo de atendimento.....	<b>45</b>
<b>Gráfico 9</b>	Pareto.....	<b>53</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
1.1	OBJETIVOS.....	11
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>11</b>
1.2	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	11
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	12
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>13</b>
2.1	TEORIA DAS FILAS.....	13
2.2	OBJETIVO DA TEORIA DAS FILAS.....	14
2.3	SISTEMAS DE FILAS.....	16
2.4	TIPOS DE FILAS.....	17
<b>2.4.1</b>	<b>Processo de chegada.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Processo de atendimento.....</b>	<b>21</b>
<b>2.4.3</b>	<b>Disciplina das filas.....</b>	<b>22</b>
<b>2.4.4</b>	<b>Medidas do sistema.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4.5</b>	<b>Notação de Kendall.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4.6</b>	<b>Simulação.....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.7</b>	<b>Gestão da Qualidade.....</b>	<b>28</b>
<b>2.4.8</b>	<b>Fluxograma de Ishikawa.....</b>	<b>30</b>
<b>2.4.9</b>	<b>Plano de Ação 5W2H.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.10</b>	<b>Diagrama de Pareto.....</b>	<b>31</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>33</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	33
3.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	34
3.3	COLETA E TRATAMENTO DE DADOS.....	36
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO.....</b>	<b>38</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	38
4.2	PROCESSO DE ENTREGA ATUAL.....	38
<b>4.2.1</b>	<b>Análise Estatística dos Dados.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Intervalo de Tempo Entre Pedidos.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Tempo de Atendimento.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Aplicação da Teoria das Filas.....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Modelo de Fila.....</b>	<b>45</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Resultados das Medidas de Desempenho do Sistema.....</b>	<b>46</b>
4.2.6.1	<i>Cenário Atual.....</i>	46
4.2.6.2	<i>Cenário 1.....</i>	47
4.2.6.3	<i>Cenário 2.....</i>	48
4.2.6.4	<i>Plano de ação.....</i>	53
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>58</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>60</b>
	<b>APÊNDICE.....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Diante dos avanços tecnológicos as pessoas passaram a exigir mais agilidade e qualidade nos serviços prestados pelas empresas. Seja na espera em uma fila de um banco ou na entrega de um pedido feito por telefone, os clientes buscam por organizações que ofereçam serviços com baixo custo, rapidez e qualidade (SILVA, 2018). Desta forma, Davis (2011) afirma que as empresas devem gerenciar os tempos de espera dos clientes de forma adequada, com o intuito de garantir a eficiência e impedir que estes sejam afetados de forma negativa pela espera, minimizando a possibilidade de perdas de clientes para empresas concorrentes.

Nesse contexto, surgem os estudos sobre a Teoria das Filas, uma área da Pesquisa Operacional que utiliza conceitos de processos estocásticos e da matemática aplicada para analisar o fenômeno de formação de filas e suas características, de modo a permitir o dimensionamento adequado de instalações, equipamentos e sua infraestrutura (ARAÚJO, 2015). Desta forma, Oliveira (2006) afirma que a Teoria das Filas se torna importante no estudo das características do processo, pois possibilitará a redução de problemas, tais como atrasos, possibilitando a fidelização dos clientes e o fornecimento de um serviço de qualidade.

Essa abordagem é de grande importância nos serviços de delivery, principalmente no segmento de alimentação. Este tipo de serviço vem crescendo cada vez mais nos últimos anos, pois aspectos como facilidade, comodidade, segurança, além do tempo escasso, fazem com que as pessoas optem por receber o pedido em casa. No entanto, em um mercado cada vez mais concorrido, prestar um serviço de qualidade e no tempo estabelecido deixou de ser um diferencial e passou a ser uma necessidade para as empresas se manterem no mercado. Assim, entregar um produto com qualidade e no tempo adequado, pode evitar avarias ao mesmo, e minimizar a possibilidade de insatisfação do cliente.

Dentro desta problemática, a busca por melhoria do serviço de entrega traduz-se na necessidade de possuir um custo adequado, com aproveitamento satisfatório dos recursos materiais e humanos. Nesse contexto, a Teoria das Filas torna possível o acompanhamento de variáveis como tempo de espera, atendimento em fila e controle da quantidade de servidores além de gerar dados para a tomada de decisão. Com essas medidas, é possível obter uma melhor utilização do tempo e processamento envolvidos no sistema.

Diante do que foi exposto, foi realizado um estudo de Teoria das Filas no serviço de entrega de uma pizzaria, localizada na cidade de Sumé, Paraíba, a fim de analisar a eficiência do serviço e propor melhorias no processo de atendimento aos clientes, com o intuito de minimizar as filas e melhorar o nível de serviço, aumentando assim a competitividade da

organização no setor de atuação.

## 1.1 OBJETIVOS

De modo a solucionar o problema, definiu-se os seguintes objetivos:

### 1.1.1 Objetivo Geral

Aplicar a Teoria das Filas para analisar o sistema de entrega de uma pizzaria, a fim de sugerir melhorias para esse serviço.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar o sistema de entrega atual;
- Construir cenários de acordo com as medidas de desempenho;
- Identificar problemas que ocasionam a ineficiência do sistema em estudo;
- Propor ações para melhorar o sistema de entrega.

## 1.2 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

No Brasil, no setor alimentício, destaca-se o mercado de pizzarias, que, segundo a Associação de Pizzarias Unidas de São Paulo, movimentada cerca de 22 bilhões de reais por ano. De acordo com o Sebrae, 80% das pizzarias do Brasil trabalham com o serviço *delivery*. Este serviço vem crescendo cada vez mais nos últimos anos, e, segundo dados da Associação Brasileira de Bares e Restaurante (Abrasel), apresentou faturamento acima dos 10 bilhões de reais no ano de 2017. Diante deste crescimento, o serviço *delivery* tornou-se indispensável para qualquer pizzaria, pois, além de atingir uma população maior, entregar um produto de qualidade e no tempo estabelecido, é uma excelente forma de conquistar novos clientes e fidelizar os existentes.

Neste sentido, devido a ampla concorrência, os gestores têm enfrentado diversos desafios. Sobretudo quando o assunto é suprir as expectativas dos consumidores, cada dia mais atentos e exigentes. Atrasos na entrega dos pedidos, por exemplo, pode significar um grande prejuízo a qualquer organização que disponibiliza serviço de entrega.

Dentre os diversos métodos de avaliação de sistemas de entrega, a Teoria das Filas possui grande relevância, pois a avaliação por meio dessa ferramenta permite a análise de variáveis referentes ao sistema, disponibilizando informações relevantes para a tomada de decisão acerca de fatores como número de atendentes, estruturação do processo produtivo, entre outros, se tornando mais adequado às necessidades dos clientes, com um menor tempo de atendimento, o que resulta em uma menor espera e uma maior satisfação por parte dos clientes.

O presente trabalho justifica-se pela importância da aplicabilidade dos conceitos de Teoria das Filas no setor de serviços delivery, sendo uma ferramenta que fornece informações que não demanda custos, servindo como parâmetro para visualizar a eficiência e desempenho do sistema da organização, se tornando uma ferramenta de auxílio para a tomada de decisão, podendo contribuir no aumento da competitividade da organização, menores custos de entrega, e satisfação do clientes, sendo importante para qualquer empresa. Do ponto de vista acadêmico, esta pesquisa poderá servir como base para pesquisas futuras, contribuindo para o desenvolvimento do conhecimento na área.

### 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco partes. No capítulo 1 é contextualizado o tema a ser estudado, ou seja, mostrar como a Teoria das Filas irá contribuir para análise de desempenho do serviço de entrega de uma pizzaria, os objetivos gerais e específicos da pesquisa, assim como as possíveis contribuições desta para a comunidade e academia.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, que abrange os principais conceitos acerca da Teoria das Filas, Sistema de Filas, Simulação e Gestão da Qualidade. O capítulo 3 exhibe o detalhamento sobre os materiais e métodos, presentes na elaboração deste estudo, expondo a caracterização da pesquisa quanto a sua abordagem, natureza, objetivos e procedimento. Posteriormente, são mencionadas as etapas da pesquisa, e, por fim, explana-se sobre a coleta e tratamento dos dados utilizados.

No Capítulo 4 serão apresentados os resultados da pesquisa, com a aplicação da Teoria das Filas no serviço de entrega de uma pizzaria, identificação dos problemas relacionados ao serviço, e proposição de um plano de ação para solucionar tais problemas. Por fim, no Capítulo 5, são expostas as conclusões deste trabalho, ressaltando os objetivos atingidos e a importância dos resultados.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção irá apresentar o levantamento bibliográfico da literatura para o embasamento teórico da pesquisa.

### 2.1 TEORIA DAS FILAS

Certamente todas as pessoas já enfrentaram filas para um determinado atendimento, seja ele pagar boletos em um banco, no supermercado, aguardando os caixas, nos hospitais, lanchonetes e em muitas outras situações (HILLIER; LIEBERMAN, 2010). As filas ocorrem pelo fato de que a procura pelo serviço é maior do que a capacidade do sistema em atender a esta procura, e se a espera é longa, poderá ocasionar aborrecimento nos clientes, podendo levá-los a desistir de esperar, acarretando perdas para o negócio (PRADO, 2009). Além disso, de acordo com Moreira (2010), as filas podem surgir devido à variabilidade tanto no intervalo entre chegadas de clientes como no tempo de atendimento.

Para minimizar tais problemas, surgiu a Teoria das Fila, que foi proposta e desenvolvida pelo engenheiro AgnerKraupErlang, da Dinamarca, em 1910. A descoberta ocorreu quando Erlang trabalhou na *Copenhagen TelephoneCompany*, com o problema de determinar quantos conjuntos eram necessários para fornecer um atendimento aceitável nas chamadas telefônicas. Diante disso, ele percebeu outro problema: quantas operadoras de telefone são necessárias para atender um volume de chamadas (SUGITO *et al.* 2018).

Assim, esta teoria é um ramo da Pesquisa Operacional que estuda as relações entre as demandas em um sistema e os atrasos sofridos pelos usuários do mesmo, para avaliação das medidas de desempenho dessa relação em função da disposição deste sistema (ARENALES, 2007).

Araújo (2015) apresenta a Teoria das Filas como uma ferramenta matemática que trata de eventos aleatórios e representa previamente sistema de filas, permitindo encontrar soluções através de uma análise de dados que equilibrem o congestionamento de clientes e a taxa de atendentes ociosos. No ponto de vista econômico, através desse estudo de filas, é possível propor sistemas que sejam capazes de atender a demanda de forma eficiente e reduzir os custos que problemas decorrentes causam.

“A Teoria das Filas é um corpo de conhecimentos matemáticos, aplicado ao fenômeno das filas” (MOREIRA, 2010, p.297). De acordo com Taha (2008), diferentemente das outras ferramentas da Pesquisa Operacional, esta não é uma técnica de otimização, mas aborda a

quantificação do fenômeno da espera em filas, segundo medidas de desempenho como o comprimento médio de uma fila, o tempo médio de espera em fila e a média de utilização da instalação. Essas medidas de desempenho exercem um papel efetivo, cujos resultados determinarão a necessidade de mudanças.

A Teoria das Filas foi desenvolvida com o intuito de prever o comportamento das filas com finalidade a permitir o dimensionamento adequado de instalações, equipamentos e sua infraestrutura. Esta teoria permite indicar um modelo quantitativo de fila para uma situação em particular, a partir do padrão probabilístico das chegadas dos clientes à fila, do padrão probabilístico dos atendimentos fornecidos pela empresa e a partir do número de canais de atendimento disponíveis. (PERDONÁ, 2017, p. 17)

Desta forma, para minimizar as implicações no elevado tempo de espera para concluir uma entrega e operar um sistema de filas de forma mais eficiente, uma das ferramentas a ser utilizada é a Teoria das Filas, pois através dos resultados da mesma, podem-se propor modificações no número de funcionários, nas instalações, equipamentos e na infraestrutura, com o objetivo de melhorar o funcionamento do sistema, obter ganhos significativos e fornecer informações para tomada de decisão.

Segundo Miranda, (2006), a Teoria das Filas possui diversas aplicações, que envolvem áreas da Probabilidade, Pesquisa Operacional e Engenharia Industrial. Alguns exemplos são o fluxo de tráfego (veículos, aeronaves, pessoas, comunicações), escalonamento (pacientes em hospitais, Jobs em máquinas, programas em computadores) e projetos de atendimentos à serviços (bancos, correios, parques de diversão, restaurantes fast-food).

Gumus (2017) argumenta que a teoria das filas tem sido amplamente utilizada pelas indústrias de serviços. Segundo o autor, fatores físicos, psicológicos e emocionais afetam a percepção do cliente com relação à experiência de esperar. Por exemplo, caso não haja nenhuma fila no estabelecimento, pode-se criar a impressão de que a qualidade do serviço prestado é ruim. Então, em princípio, é importante não ter como objetivo eliminar totalmente as filas, mas evitar que estas se tornem elevadas, o que pode aborrecer o cliente, fazendo o mesmo desistir de esperar pelo serviço.

## 2.2 OBJETIVO DA TEORIA DAS FILAS

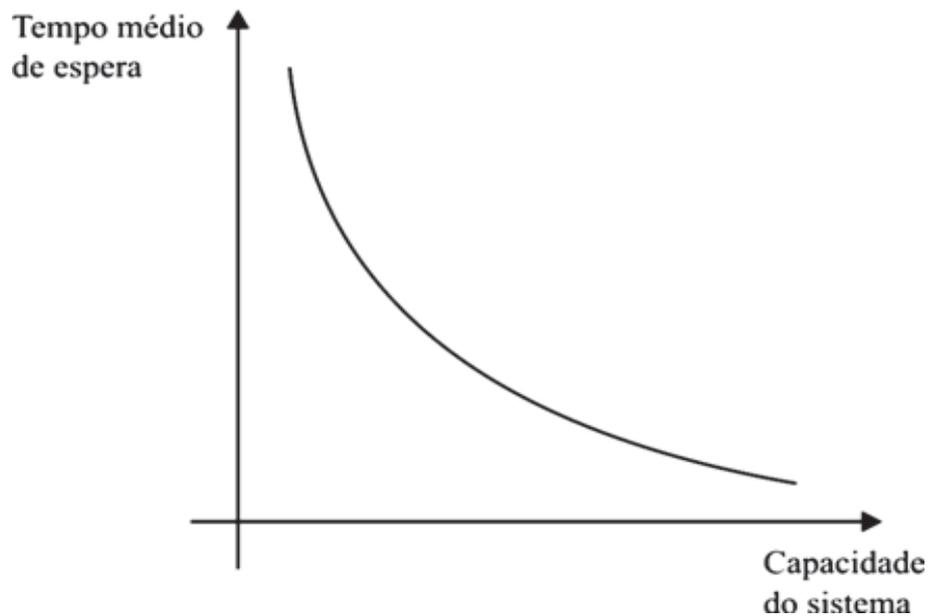
“O objetivo da Teoria das Filas é aperfeiçoar o desempenho de um sistema, reduzindo seus custos operacionais” (CARRION, 2007, p.11). No entanto, Moreira (2010) argumenta

que normalmente um atendimento melhor implica em custos maiores, que surgem devido a um melhor treinamento para pessoas, pelo maior uso da tecnologia da informação, pela multiplicação de postos de trabalho ou ainda pela compra de máquinas e equipamentos mais sofisticados e, eventualmente, de maior qualidade. Mas, ainda segundo o autor, só vale a pena incorrer nesses custos se estiver ocorrendo uma grande perda dos clientes por causa do não atendimento e da presença das filas.

Segundo Araújo (2012), a Teoria da Fila tem o objetivo de fornecer dados que auxiliam na modelagem de um serviço com o intuito de encontrar um balanceamento ideal entre os custos para a prestação de um determinado serviço (por exemplo, custos operacionais, custos de capacidade) e os custos relacionados a atrasos que as filas podem gerar. Dependendo do sistema, os custos relacionados aos atrasos poder ser muito altos.

O Gráfico 1 ilustra a curva de *trade-off*, que demonstra a relação entre a capacidade de um sistema e o tempo médio de espera dos usuários. Neste sentido, observa-se que o tempo de espera diminui com o aumento da capacidade, e vice-versa.

**Gráfico 1** - Curva de trade-off entre capacidade do sistema e tempo de espera dos usuários.

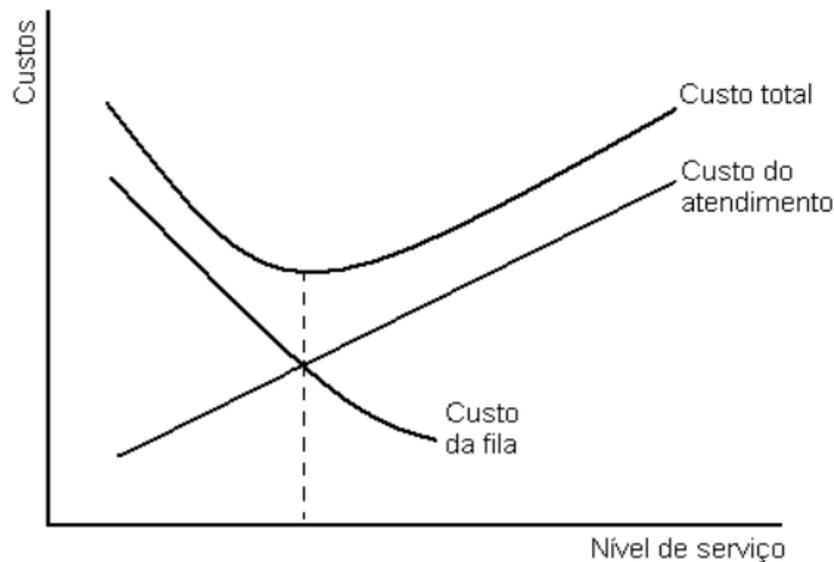


Fonte: Arenales (2007)

De acordo com Arenales (2007), a análise de sistemas de filas também pode ser usada em diversas atividades, com o objetivo de minimizar a soma dos custos de atendimento (custos relativos ao nível de serviço) mais os custos da fila (custos de atrasos ou perdas de clientes). Desta forma a execução da atividade está relacionada com o tempo de espera para

sua realização e a capacidade de atendimento do sistema. A relação entre o nível de serviço do sistema e os custos é exposta no Gráfico 2.

**Gráfico 2** - Curva de custo total em função do nível de serviço.



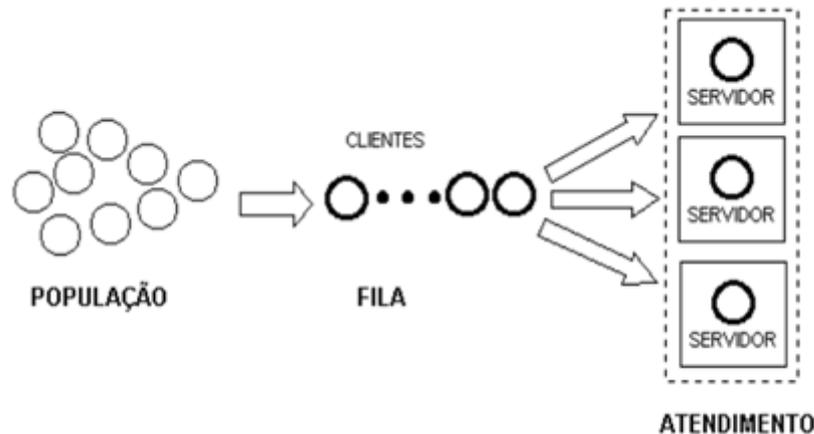
**Fonte:** Moreira (2010)

Conforme Moreira (2010), o custo da fila refere-se principalmente à receita direta perdida devido à relativa incapacidade de atendimento e pela receita indireta perdida devido ao desgaste da imagem da instituição ou a sua associação com ineficiência ou mau atendimento. Assim, é esperado que quanto melhor o nível de serviço menor seja o custo da fila. Segundo o autor, a curva do custo total apresenta um ponto mínimo, que corresponde, a um certo nível de serviço, que só deve ser buscado quando apenas as considerações de custo formarem o critério de decisão. No entanto, Arenales (2007) argumenta que a dificuldade de análise desses modelos de minimização de custo total, é obter uma boa estimativa dos custos unitários de espera dos usuários.

### 2.3 SISTEMAS DE FILAS

As filas possuem três elementos: os clientes, que surgem a partir de uma certa população, e que aguardam por um determinado serviço ou processamento, realizado por um ou mais servidores, como exposto no Fluxograma 1.

**Fluxograma 1** - Elementos de uma Fila.



**Fonte:** Prado (2009)

Segundo Fogliatti e Mattos (2007) um sistema com fila é caracterizado com a chegada de usuários para um determinado serviço, esperam em uma fila (que se forma quando a taxa de atendimento é menor que a taxa de chegada de usuários), são atendidos e saem do sistema após o serviço ser prestado.

Andrade (2009) argumenta que diversos fatores condicionam a operação de um sistema, ou seja, podem interferir no seu desempenho. Esses fatores podem ser classificados em quatro categorias: forma de atendimento, modo de chegada, disciplina da fila e estrutura do sistema.

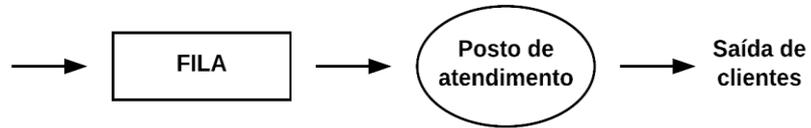
Para Belusso (2016), a especificação de um sistema de fila geralmente requer que as características de desempenho sejam explícitas. Essas características são: processo de chegada, processo de serviço, número de servidores, capacidade do sistema, tamanho da população e disciplina da fila. Com esses dados, é possível calcular e estimar resultados para o desempenho do sistema, com base em propriedades como tempo e número de clientes atendidos em um determinado período de tempo.

## 2.4 TIPOS DE FILAS

De acordo com Moreira (2010), as filas podem assumir quatro situações básicas, que dependem do modelo do sistema de instalação que servirá de suporte para o atendimento. Elas podem ser:

- Canal Único, Atendimento Único.

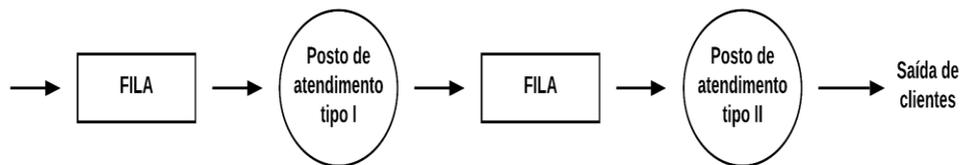
**Fluxograma 2 - Canal Único, Atendimento Único**



Fonte: Moreira (2010)

- Canal Único, Atendimento Múltiplo (Figura 5)

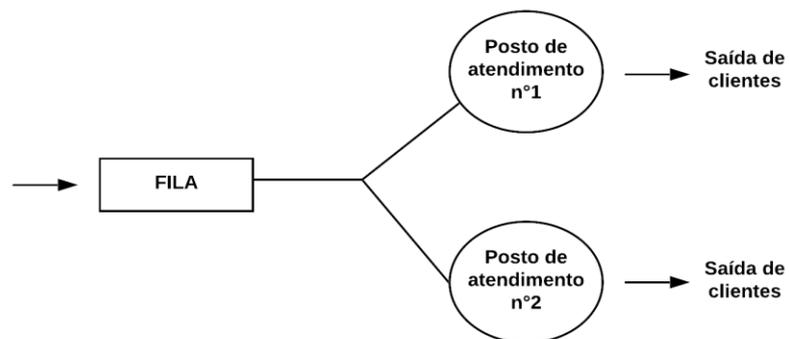
**Fluxograma 3 - Canal Único, Atendimento Múltiplo**



Fonte: Moreira (2010)

- Canal Múltiplo, Atendimento Único (Figura 6)

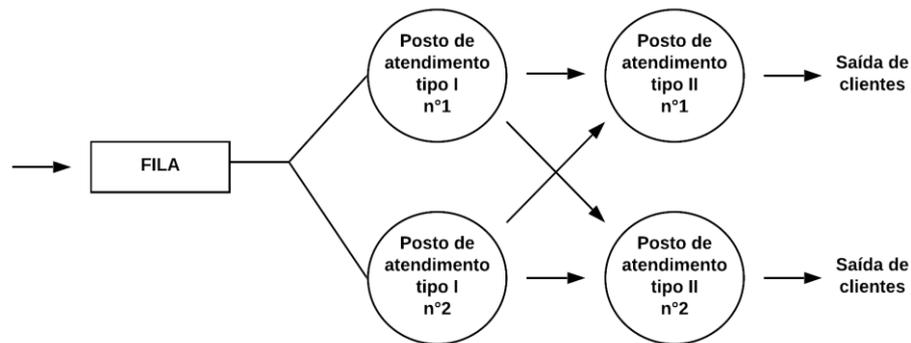
**Fluxograma 4 - Canal Múltiplo, Atendimento Único**



Fonte: Moreira (2010)

- Canal Múltiplo, Atendimento Múltiplo (Figura 7)

**Fluxograma 5 - Canal Múltiplo, Atendimento Múltiplo**



Fonte: Moreira (2010)

De acordo com Moreira (2010, p.310):

- Uma fila é chamada de fila de canal único quando existe uma única instalação de atendimento. Essa instalação pode constituir de um só posto, que realiza sozinho todo o atendimento, ou de vários postos em série, cada qual realizando uma parte do atendimento.
- Uma fila é chamada de fila de canal múltiplo se existirem duas ou mais instalações de atendimento em paralelo, cada qual atendendo de forma independente das demais. Cada instalação pode consistir de um posto isolado ou de vários postos em série.
- O atendimento é chamado de atendimento único se for realizado integralmente por um só posto de serviço; é chamado de atendimento múltiplo se forem necessários dois ou mais postos em sequência, cada qual responsável por uma parte do atendimento.
- 

As quatro situações básicas de uma fila são conhecidas. No entanto, as mais comuns no nosso dia a dia são: Canal Único, Atendimento Único e Canal Múltiplo, Atendimento Único. Como exemplo de fila de Canal único, Atendimento único, pode-se citar um teatro, em que só um guichê está funcionando para a venda de ingressos. Um exemplo de situação na qual a fila é uma só, mas o cliente dirige-se para o posto de atendimento que está vago, e todos os postos realizam o mesmo tipo de atendimento, é um estacionamento de entrada única, mas com mais de um manobrista (cada manobrista é considerado um posto de atendimento).

A formação da fila está diretamente relacionada com a população, formada pelos possíveis clientes do atendimento. Esta população pode ser considerada finita ou infinita. De acordo com Araújo *et al.* (2012), a infinita é aquela em que a chegada dos usuários ocorre de forma aleatória, como, por exemplo, filas que se formam em caixas eletrônicos no atendimento bancário, já a população finita é aquela que possui limite para o atendimento aos usuários, por

exemplo, os caminhões que fazem a movimentação do minério em uma mineração, na qual existe um número limitado de caminhões para realizar o carregamento. Nesse contexto, para ocorrer filas, deve haver uma relação entre chegadas ao sistema e o atendimento aos clientes que estão no sistema e/ou na fila.

#### **2.4.1 Processo de chegada**

De acordo com Andrade (2009), a chegada de clientes a um sistema ocorre, na maioria dos casos, de forma aleatória, ou seja, o número de clientes que chegam por unidade de tempo varia segundo o acaso. Segundo o autor, torna-se importante realizar um levantamento estatístico, com o intuito de saber se o processo de chegadas pode ser caracterizado como uma distribuição de probabilidades, ou seja, se o sistema encontra-se em estado estacionário. Ao contrário, quando a distribuição de probabilidades de um evento varia com o tempo, diz-se que o sistema se encontra em estado não estacionário ou transitório.

Marins (2011) afirma que duas distribuições de probabilidade são válidas para aplicação em teoria das filas. O autor ainda afirma que, a primeira é a de Poisson, que é uma distribuição discreta, utilizada normalmente para representar chegadas de clientes ao sistema e também tempo de atendimento, já a segunda é a Exponencial, que é uma distribuição contínua, normalmente usada para representar tempos de atendimento.

Andrade (2009) assevera que o modelo mais importante de distribuição presente no processo de chegada é a distribuição de Poisson, que tem sido empregada com sucesso como modelo de chegada de clientes em restaurantes, agências bancárias, e outros locais de serviços

Moreira (2010) explica que para o uso dessa distribuição, é necessária a especificação de um parâmetro denominado taxa de chegadas ( $\lambda$ ), que representa o número médio de usuários que chegam ao sistema por unidade de tempo.

Segundo Camelo (2010), o processo de chegada de clientes no sistema de filas, pode ser dimensionado de duas formas: pelo número médio de chegadas por uma dada unidade de tempo ( $\lambda$  – taxa média de chegada) ou pelo tempo médio entre chegadas sucessivas (IC – intervalo médio de tempo entre chegadas).

A reação dos clientes ao entrarem no sistema também é importante, de maneira que um cliente pode decidir esperar sem problema, independentemente do tamanho da fila, ou decidir não entrar no sistema, caso a fila esteja muito grande. Ou ainda o cliente pode entrar

na fila, mas, após um tempo, perder a paciência e decidir sair da mesma (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

#### **2.4.2 Processo de atendimento**

Conforme Andrade (2009), o processo de atendimento está relacionado com a forma de operar o sistema, onde geralmente, o mesmo é operado por pessoas, instalações e equipamentos, que determinarão a prestação de um bom serviço. De acordo como autor, existem diversos elementos passíveis para aprimorar o desempenho do sistema, tais como: dimensionamento da capacidade, treinamento de atendentes, rotinas administrativas, sistemas de informações, entre outros.

Moreira (2010), define a taxa de atendimento como o tempo gasto por um posto no atendimento de um cliente. O autor afirma que, assim como o comportamento da taxa de chegada dos clientes, a taxa de atendimento de um posto de atendimento também pode se comportar de forma determinística ou probabilística. A forma de atendimento determinística é aquela em que se consegue definir o número exato de atendimento em uma unidade de tempo por um posto de serviço. Já a taxa de atendimento probabilística é aquela na qual ocorre uma variação no tempo de atendimento. Identificar as características observadas por Moreira é importante para determinar o comportamento de uma fila. Neste sentido,

Hillier e Lieberman (2010) argumentam que, assim como a taxa de chegada, a taxa de atendimento dos clientes em um sistema deve ser determinada através de uma distribuição de probabilidade. Geralmente assume-se a mesma distribuição da taxa de chegada (em sua grande maioria distribuição de Poisson ou exponencial).

Segundo Lima (2016), o padrão de serviço depende de como o atendimento é realizado, por exemplo, se é feito individualmente ou em grupo. Um mesmo servidor pode atender mais de um cliente ao mesmo tempo ou apenas um. Devido às peculiaridades, o padrão pode ser descrito por duas formas: pela taxa de serviço ( $\mu$  – número de clientes atendidos em um dado intervalo de tempo) ou pelo tempo de serviço (TA – tempo necessário para atender o cliente).

O processo de serviço pode depender do número de clientes esperando pelo serviço. Um servidor pode trabalhar mais rápido se a fila estiver aumentando, ou, caso contrário, pode ser tornar confuso e ficar mais lento. A situação na qual o serviço depende do número de clientes na fila é conhecida como serviço dependente do estado. Embora este termo não seja usado na discussão de padrões de chegada, o problema dos clientes impacientes pode ser considerado como chegadas dependentes do estado, desde que o comportamento da chegada dependa da quantidade de congestionamento no sistema. (COSTA, 2006, p. 4)

Para Arenales (2007), é importante salientar que, para a grande maioria dos modelos de filas, um atendente só pode atender um cliente por intervalo de tempo e que, de maneira similar à taxa de chegada de clientes, o número de usuários presentes no sistema não afeta a variável tempo de atendimento.

### 2.4.3 Disciplina das filas

De acordo com Prado (2009), a disciplina da fila é definida como a regra que determina qual o próximo cliente a ser atendido. Segundo Araújo (2015), esse atendimento pode ocorrer da seguinte forma:

- FIFO (First in First Out, ou Primeiro a chegar é o Primeiro a ser atendido), o atendimento é feito seguindo a ordem de chegada.
- LIFO (Last in First Out ou Último a chegar Primeiro a ser atendido), o atendimento é feito pelo último a chegar à fila.
- SIRO (Service In Random Order ou Serviço em ordem aleatória): São filas em que o serviço é feito de forma aleatória.
- PRI (PRIORITÁRIAS): São filas com prioridade, onde a cada cliente é atribuída uma prioridade, e diante disso clientes com maior prioridade tem preferência no atendimento.
- RR (Round-Robin, ou Rodada-Robin): são filas em que cada cliente recebe uma fatia de tempo de serviço, dentro da qual é atendido. Após o término desse tempo, mesmo que a atividade não tenha sido completada, o cliente é retirado e outro passa a ser atendido. O cliente cujo serviço foi interrompido, retorna ao serviço, posteriormente.
- GD (General Discipline, ou Disciplina Geral): as filas seguem uma disciplina genérica, ou seja, nestas filas não é especificada a disciplina de atendimento.

Arenales (2007) afirma que, no caso de sistema de fila com prioridade, existem dois casos em relação a sua disciplina. No primeiro, que é chamado de preterimento, o usuário de maior prioridade é atendido assim que chega na fila, mesmo que o usuário de menor prioridade já esteja sendo atendido, de forma que o cliente com menor prioridade é interrompido, tendo seu trabalho reiniciado posteriormente. No segundo caso, que é chamado de não-preterimento, o atendimento do usuário de menor prioridade não pode ser interrompido até ser completado.

Segundo Moreira (2010), na indústria, por estar lidando com peças e produtos, as regras de sequenciamento FIFO e LIFO não são consideradas boas opções, onde em seu lugar, podem ser utilizados como regras alternativas, a MTP (Menor Tempo de Processamento) que determina a execução da atividade de menor tempo de processamento, e a DD (Data Devida), em que o processamento da atividade segue a data mais próxima para a entrega.

#### **2.4.4 Medidas do sistema**

Segundo Lima (2016), a capacidade do sistema de filas está relacionada à limitação do local onde é realizada a prestação do serviço, de forma que o sistema restringe um número máximo de usuários no estabelecimento. A capacidade do sistema pode ser considerada finita ou infinita. Na capacidade finita existem limitações físicas da quantidade de espaço na fila. Já na capacidade infinita não existe restrições quanto ao crescimento da fila.

Desta forma, Costa (2006) complementa que, em alguns processos de filas, devido a limitação física da quantidade de espaço no local de serviço, se as filas alcançarem um certo comprimento, nenhum novo cliente poderá entrar no sistema até que o espaço disponível seja obtido com o atendimento de um cliente e a consequente diminuição do tamanho da fila. Estas situações são referidas como sistemas de filas finitos.

De acordo com Andrade (2009), no estudo de um sistema de filas, podem ser determinadas algumas medidas da efetividade do sistema, com o intuito de indicar seu desempenho. Algumas medidas são:

- O percentual de tempo em que o posto de atendimento permanece ocioso ou ocupado;
- O tempo médio que cada cliente gasta na fila;
- O tempo médio gasto pelo cliente no sistema, ou seja, o tempo gasto desde a entrada até o momento da saída;

- O número médio de clientes na fila;
- O número médio de clientes no sistema;
- A probabilidade de haver um número  $n$  de clientes no sistema.

Ainda segundo Andrade (2009), a escolha do parâmetro depende do objetivo de estudo. Por exemplo, o dimensionamento da capacidade de um pátio destinado para o estacionamento de veículos será proporcional ao número médio de veículos que estará no sistema. A possibilidade de haver um número maior que essa média é o risco que se corre de que o pátio não seja suficiente para comportar a quantidade de veículos. O autor ainda afirma que pode ocorrer objetivos conflitantes dependendo do estudo em questão. Por exemplo, no estudo de um posto de atendimento ao público é necessário ter um balanço entre o número médio de clientes na fila e o tempo ocioso do atendente, já que um varia inversamente com o outro e ambos têm peso econômico.

Para Lima (2016), as medidas de desempenho de um sistema de filas normalmente consideram três pontos de vista: 1 - Medida de tempo que um cliente espera na fila e no sistema; 2 - Acúmulo de clientes na fila e no sistema; e 3 - Taxa de ocupação dos servidores.

Conforme Prado (2009), um sistema estável de filas, no qual os clientes chegam e aguardam o atendimento dos servidores, apresenta as seguintes variáveis aleatórias fundamentais:

a) Variáveis referentes ao processo de chegada

$\lambda$  = taxa média de chegada ou ritmo médio de chegada;

b) Variáveis referentes à fila

TF = tempo médio que o cliente permanece na fila

NF = número médio de clientes na fila;

c) Variáveis referentes ao processo de atendimento

$c$  = capacidade de atendimento ou quantidade de servidores (atendentes)

$\mu$  = taxa média ou ritmo médio de atendimento de cada servidor;

d) Variáveis referentes ao sistema (fila + atendimento)

TS = tempo médio que o cliente permanece no sistema

NS = número médio de clientes no sistema

$\rho$  = Taxa de utilização do sistema.

O Quadro 1 apresenta a seguinte relação com respeito a distribuição de probabilidade e às variáveis referentes a taxa média de chegada e taxa média de atendimento.

**Quadro 1** - Grandezas e distribuições de probabilidade na chegada e no atendimento.

Grandezas	Chegada	Atendimento	Médias
Número de chegadas na unidade de tempo (taxa de chegada)	Poisson		$\lambda$
Tempo decorrido entre duas chegadas consecutivas	Exponencial		$1/\lambda$
Número de atendimentos na unidade de tempo (taxa de atendimento)		Poisson	$\mu$
Tempo decorrido entre dois atendimentos consecutivos		Exponencial	$1/\mu$

Fonte: Moreira (2010)

A Tabela 1 apresenta as relações entre as variáveis aleatórias descritas anteriormente:

**Tabela 1** - Relação entre variáveis aleatórias.

Variável	Descrição	Fórmula
$\lambda$	Taxa média de chegada	$\frac{1}{\text{Média do tempo de chegada}}$
$\mu$	Taxa média de atendimento	$C \times \left( \frac{1}{\text{Média do tempo de atendimento}} \right)$
NF	Número médio de clientes na fila.	$\frac{\lambda^2}{\mu(\lambda - \mu)}$
TF	Tempo médio de permanência na fila	$\frac{NF}{\lambda}$
$\rho$	Taxa de utilização do sistema	$\frac{\lambda}{C \times \mu}$
NS	Número médio de clientes no sistema	$NF + (\lambda/\mu)$
TS	Tempo médio de permanência no sistema	$\frac{NS}{\lambda}$

Fonte: Moreira 2010 (adaptado)

Através dos resultados das medidas de desempenho é possível avaliar o estado do sistema. Esta avaliação ajuda a entender o funcionamento do mesmo, podendo auxiliar na tomada de decisões.

### 2.4.5 Notação de Kendall

Arenales (2007) argumenta que, devido às variações que um sistema de filas pode apresentar, existe uma variedade de modelos de filas, sendo alguns deles difíceis de serem analisados. De acordo com o autor, para facilitar essa análise do sistema de filas, os modelos mais simples foram classificados de acordo com a notação de Kendall-Lee, onde esta notação considera sistemas de filas com um ou mais servidores iguais em paralelo, sendo composta por seis características, dentre as quais as três primeiras características foram definidas em 1953 por D. Kendall e as três últimas foram definidas em 1968 por A. Lee.

De uma maneira geral, um modelo de filas pode ser descrito pela seguinte notação de Kendall:  $A/B/c/K/m/Z$ , conforme exposto no Quadro 2, onde:

- A: descreve a distribuição dos intervalos entre chegadas;
- B: descreve a distribuição do tempo de serviço;
- c: é a capacidade de atendimento ou número de canais de serviço;
- K: é o número máximo de clientes no sistema;
- m: é o tamanho da população que fornece clientes;
- Z: é a disciplina da fila.

**Quadro 2 - Processos de filas.**

Características		Símbolos	Explicação
A	Distribuição de tempo entre chegadas	M D E $\delta$ Hm G	Lei de Poisson (Markoviano); Determinística; Erlang $\delta$ ( $\delta= 1,2,\dots$ ); Hiper-exponencial de estágio m; Geral.
B	Distribuição de tempo de serviço	M Hm D G E $\delta$	Lei de Poisson (Markoviano); Determinística; Erlang $\delta$ ( $\delta= 1,2,\dots$ ); Hiper-exponencial de estágio m; Geral.
c	Número de canais de serviços	1,2,..., infinito	-
K	Capacidade do sistema	1,2,..., infinito	-
m	Tamanho da população	1,2,..., infinito	-
Z	Disciplina da fila	FIFO LIFO SIRO PRI	1º que chega é o 1º a ser atendido; Último que chega é o 1º a ser atendido; Serviço com ordem aleatória; Prioridade.

**Fonte:** Adaptado de Portugal (2005, p. 20)

Assim, por exemplo, a notação  $M/E2/1/10/\infty/FIFO$  indica um processo com chegadas Marcoviana (Exponencial negativa ou Poisson), atendimento Erlang de segundo grau, 1

atendente, capacidade máxima do sistema igual a 10 clientes, população infinita e atendimento FIFO (PRADO, 2009). Vale ressaltar que essa caracterização é de suma importância para o cálculo das medidas de desempenho do sistema, já que cada modelo de fila adota fórmulas diferentes para o cálculo das mesmas.

#### **2.4.6 Simulação**

Segundo Gavira (2003), a maior dificuldade da Pesquisa Operacional é resolver situações complexas que tornam impossível o estabelecimento de uma expressão analítica, seja ela determinística ou probabilística, que possa ser utilizada para produzir respostas imediatas e analíticas. O autor afirma que, nesse contexto, a simulação é o método mais útil para a solução de problemas de decisão.

“A simulação é uma técnica da Pesquisa Operacional que permite “imitar” o funcionamento de um sistema real. Simular significa reproduzir o funcionamento de um sistema, com o auxílio de um modelo” (CAMELO, 2010, p. 8). De acordo com Wiesner (2016), a simulação é um método que utiliza um modelo matemático para possibilitar o estudo e a análise do comportamento de um sistema, sem que seja necessário realizar alterações no sistema real, podendo assim prever um comportamento futuro e ajudar no processo de tomada de decisão.

Para Andrade (2009), a simulação de um sistema é a operação de um modelo que representa esse sistema, geralmente realizada em computadores, obedecendo todas as regras e condições reais a que o mesmo está submetido. Diante disso, a simulação permite manipulações que seriam inviáveis no sistema real, por causa do custo ou da impossibilidade de realizá-las.

Camelo (2010) argumenta que a simulação é um instrumento poderoso de análise que pode ser usada com o objetivo de determinar o sistema a ser implementado ou melhorado, possibilitando a quantificação dos efeitos de várias mudanças.

Andrade (2009) e Silva (2005) citam alguns benefícios que justificam o emprego da simulação nas mais diversas áreas. Entre eles, destacam-se:

- A simulação possibilita o estudo e a experimentação de complexas interações internas de um dado sistema, seja uma empresa ou parte dela;
- Por meio da simulação podem ser estudadas algumas variações no meio ambiente, verificando seus efeitos em todo o sistema;

- A experiência adquirida em construir os modelos e realizar a simulação pode levar a uma melhor compreensão do sistema, o que possibilita melhorá-lo;
- A simulação pode ser usada para experiências como novas situações, onde se tem pouca ou nenhuma informação, no intuito de preparar a administração para o que possa acontecer;
- Viabilidade de um determinado projeto em termos técnicos e econômicos;
- Redução de custos com o emprego de recursos (mão-de-obra, energia, água e estrutura física);
- Redução de riscos na tomada de decisão.

Neste sentido, a modelagem de filas pode ser analisada utilizando a simulação, através da qual é possível visualizar na tela o funcionamento do sistema em estudo. Pode-se visualizar o funcionamento de um banco, um pedágio, um porto, um escritório, etc. Segundo Padro (2009) antes de serem efetuadas mudanças no sistema real, pode-se interagir com um sistema virtual.

Paulo (2008) salienta que se pode simular qualquer sistema de fila que possa ser descrito e para o qual se possam obter dados de chegada e de tempo de serviço. A disponibilidade de computadores reduziu consideravelmente o tempo requerido para a simulação de problemas de fila complexos. Portanto através da simulação, pode-se reproduzir sistemas de filas que são de alta complexidade para o entendimento, unicamente através de modelos matemáticos. O autor afirma que, a grande vantagem do uso de simuladores é a possibilidade de obter dados sobre o comportamento de uma fila sem a necessidade de construir ou modificar o sistema existente.

#### **2.4.7 Gestão da Qualidade**

A qualidade tem um papel cada vez mais significativo dentro das organizações, podendo estar associada tanto a produtos como a serviços, além de estar diretamente relacionada com a satisfação do cliente. Para Lakhal, Pasin e Limam (2006), além da satisfação do cliente, a qualidade contempla elementos como o controle de processos, padronização, melhoria contínua, parcerias à jusante e à montante na cadeia de suprimentos, com o intuito de se obter melhorias e benefícios conjuntos e racionalização de tempo e

insumos. De forma geral, a gestão da qualidade melhora o desempenho organizacional e proporciona vantagem competitiva às organizações que a adotam.

Segundo Garvin (2002), Qualidade é uma palavra que está ligada a produtividade, competitividade e integração. O autor afirma que, para algumas pessoas, esse termo está associado a atributos intrínsecos de um bem, como desempenho técnico ou durabilidade; para outras, associasse à satisfação do cliente, ou ainda, ao atendimento das especificações do produto. De acordo com Junior (2010) nos dias atuais, a qualidade está relacionada às necessidades e aos anseios dos clientes. Segundo o autor, seja qual for o porte da empresa, observam-se programas de qualidade e de melhoria de processos na maioria dos setores econômicos. Diante disso, o tema gestão da qualidade é dinâmico, sendo sua evolução fruto da interação dos diversos fatores que compõem a estrutura organizacional e sua administração.

Carvalho (2012) define a Gestão da qualidade como um conjunto de atividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização com respeito à qualidade, englobando o planejamento, o controle, a garantia e a melhoria da qualidade. Neste contexto, surge as ferramentas da qualidade como instrumentos para identificar oportunidades de melhoria e auxiliar na mensuração e apresentação dos resultados, visando o apoio à tomada de decisão por parte dos gestores (BEHR; MORO; ESTABEL, 2008).

Carvalho (2012) define as ferramentas da qualidade como mecanismos simples para selecionar, implantar ou avaliar alterações no processo produtivo por meio de análises objetivas de partes bem definidas deste processo. As ferramentas da qualidade são métodos utilizados para a melhoria de processos e solução de problemas em qualidade. A utilização das mesmas tem como finalidade auxiliar a tomada de decisão com base em dados, ao invés de opiniões (RODRIGUES, 2012).

Segundo Mello (2017), a utilização das ferramentas da gestão da qualidade como metodologia de busca e solução de problemas vem sendo cada vez mais utilizada nas organizações devido a facilidade de aplicação das mesmas bem como da efetividade de seu uso.

A ferramenta não gera, por si só, melhoria, e nem implanta alterações. O que ela faz, na verdade, é orientar a ação do usuário. Para tanto, quase todas as ferramentas geram dispositivos simples de avaliação de ações desenvolvidas, possibilitando ao usuário conhecer, passo a passo, como ocorrem às mudanças nas operações de processo. (CARVALHO, 2012, p. 353)

São várias as ferramentas da qualidade que podem ser usadas como auxílio na busca e solução de problemas. Neste trabalho serão utilizadas basicamente três delas: diagrama de Ishikawa, gráfico de Pareto e plano de ação 5W2H.

#### 2.4.8 Fluxograma de Ishikawa

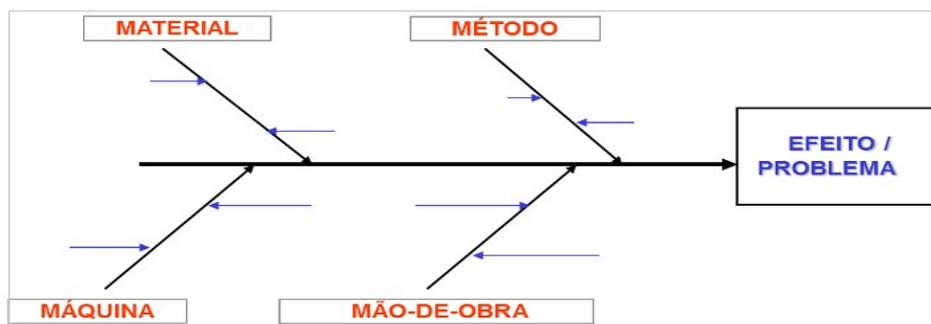
Segundo Junior (2010), o diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou diagrama de espinha de peixe, é uma ferramenta de representação das possíveis causas que levam a um determinado efeito. Este diagrama foi criado em 1943, pelo engenheiro japonês Kaoru Ishikawa, com o objetivo de analisar as operações dos processos produtivos (CARVALHO, 2012)

De acordo com Rodrigues (2012), o diagrama é uma ferramenta que visa estabelecer a relação entre o efeito e todas as causas de um processo, de forma que cada efeito possui várias categorias de causas, que por sua vez, podem ser compostas por outras causas.

Diagrama de causa e efeito foi desenvolvido para representar as relações existentes entre um problema ou o efeito indesejável do resultado de um processo e todas as possíveis causas desse problema, atuando como um guia para a identificação da causa fundamental deste e para a determinação das medidas corretivas que deverão ser adotadas. (MELO, 2016, p. 238)

Conforme Carvalho (2012), a estrutura do diagrama é similar a uma espinha de peixe, onde o eixo principal mostra um fluxo de informações e as espinhas, que convergem, representam contribuições secundárias ao processo sob análise. A lógica do diagrama é simples. O fluxo apresentado evidencia causas que conduzem a determinados efeitos. O modelo do diagrama de Ishikawa é exposto no Fluxograma 6.

**Fluxograma 6 - Modelo do Fluxograma de Ishikawa.**



Fonte: Diniz (2018)

Segundo Rodrigues (2012), para o detalhamento das principais causas, têm-se utilizado com frequência os diagramas de causa e efeito denominados 4M (método, mão de obra, material e máquina), 4P (políticas, procedimentos, pessoal e planta) e 4V (viabilidade do projeto, viabilidade física, viabilidade financeira e viabilidade de apoio). O autor afirma que o diagrama 4M é um dos mais utilizados como suporte pelas organizações, e ainda que algumas empresas têm acrescentado mais três M's: medição, meio ambiente e *management* (gerência).

#### **2.4.9 Plano de Ação 5W2H**

Segundo Junior (2010), o 5W2H é uma ferramenta utilizada principalmente no mapeamento e padronização de processos, na elaboração de planos de ação e no estabelecimento de procedimentos relacionados a indicadores. É basicamente uma ferramenta gerencial que busca um fácil entendimento através da definição de responsabilidade, métodos, prazos, objetivos e recursos associados. De acordo com Mello (2017), o Plano de Ação consiste em um método de simples aplicação e muito eficaz em resultados, sendo definido como um checklist de determinadas atividades que precisam ser desenvolvidas com o máximo de clareza por parte dos envolvidos.

Para Daychoum (2007), esta ferramenta possui a característica de se fazer perguntas no sentido de obter as informações que servirão de apoio ao planejamento de uma forma geral. A sigla 5W2H representa as iniciais das palavras em inglês, *why* (por que), *what* (o que), *where* (onde), *when* (quando), *Who* (quem), *how* (Como) e *howmuch* (Quanto custa) (JUNIOR, 2010).

Mello (2017) afirma que esta ferramenta deve ser utilizada para referenciar as decisões de cada etapa no desenvolvimento do trabalho, identificar as ações e responsabilidade de cada um na execução das atividades e planejar as diversas ações que serão desenvolvidas no decorrer do trabalho. O autor destaca a importância da ferramenta para o nível de controle determinado, prazos, custos e responsabilidades.

#### **2.4.10 Diagrama de Pareto**

Segundo Maximiano (2011), o princípio de Pareto, é uma técnica que possibilita priorizar problemas, além disso, permite localizar as causas mais importantes em meio a muitas outras. Segundo Corrêa e Corrêa (2012) a análise de Pareto teve início com práticas

realizadas pelo economista italiano Vilfredo Pareto. Em que em seus estudos, verificou que cerca de 80% da riqueza mundial estava concentrada em apenas 20% da população.

De acordo com Santos et al. (2017), Pareto demonstrou que 20% das causas são responsáveis por gerar 80% dos efeitos. Assim, essa técnica estatística instituiu a regra denominada 80/20, que pode ser aplicada a qualquer coisa (HAUGHEY, 2010).

Cerca de 80% do valor dos estoques concentram-se em cerca de 20% dos itens estocados; 80% dos atrasos de entrega (e da dor de cabeça em geral) concentram-se em 20% dos fornecedores; 80% dos problemas de qualidade concentram-se em 20% dos itens fabricados ou 80% das falhas ocorrem devido a 20% das causas prováveis dessas falhas. (CORRÊA, 2012, p. 197)

Segundo Junior (2010), o diagrama de Pareto consiste é um gráfico onde as informações são dispostas em barras verticais, de forma que as causas principais apareçam de maneira mais evidente. Para Rodrigues (2012), o gráfico permite determinar quais problemas devem ser resolvidos e qual a ordem de prioridade.

### 3 METODOLOGIA

Este tópico descreve as premissas metodológicas empregadas para o desenvolvimento da pesquisa. Desta forma, inicialmente é apresentada a caracterização da pesquisa quanto à sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos. Em seguida são definidas as etapas para a realização do trabalho e os procedimentos para a coleta e tratamento de dados.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

De acordo com Gil (2012), a pesquisa é definida como um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico, com a finalidade de descobrir respostas para problemas, utilizando procedimentos científicos. Nesse contexto, a pesquisa científica pode ser caracterizada quanto a sua natureza, sua abordagem, seus objetivos e seus procedimentos técnicos (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Com relação a sua natureza uma pesquisa pode ser classificada como básica ou aplicada. Segundo Gil (2010), a pesquisa aplicada abrange estudos elaborados com o intuito de resolver problemas identificados no âmbito da sociedade, com a aplicação em uma situação específica. Neste contexto, a pesquisa é de natureza aplicada, pois foram utilizados dados obtidos em campo, com a aplicação de conhecimentos práticos de Teoria das Filas, que poderão auxiliar a empresa a melhorar seu desempenho e a qualidade do seu serviço de entrega.

O caráter deste estudo apresenta a abordagem quali-quantitativa, pois envolve métodos quantitativos e qualitativos. No método quantitativo, foram utilizadas variáveis quantificáveis como o tempo entre pedidos e o tempo de atendimento, com o intuito de observar a influência destas variáveis no processo de entrega da empresa. Já no método qualitativo, tange a interpretação de variáveis não quantificáveis que influenciam o processo. De acordo com Richardson (2009), a abordagem quantitativa caracteriza-se pela aplicação da quantificação, nas modalidades de coleta de informações, assim como no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas. Ainda segundo o autor, o método qualitativo se diferencia do quantitativo à medida que não utiliza um instrumento estatístico como base do processo de análise de um problema.

Em relação aos objetivos do estudo, esta pesquisa se caracteriza como exploratória e descritiva. Exploratória, pois busca explorar um tema específico, sob a forma de estudo de caso, e descritiva, pois busca descrever as características e desempenho do serviço de entrega

de uma pizzaria, através da Teoria das Filas. Segundo Gil (2010), a pesquisa exploratória busca proporcionar maior familiaridade com um determinado problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses, de forma a aperfeiçoar as ideias sobre o tema. O autor caracteriza os objetivos da pesquisa descritiva como a descrição das características de uma determinada população ou a identificação de relações entre variáveis relacionadas a um determinado fato.

Como procedimento técnico a presente pesquisa inicialmente apresenta caráter bibliográfico, tendo como embasamento materiais já elaborados, como livros, revistas, publicações disponíveis em meio eletrônico e físico, para uma melhor familiaridade com o objeto de estudo. A pesquisa bibliográfica possui a finalidade de conhecer e analisar as principais contribuições teóricas existentes sobre um determinado tema ou problema, se tornando indispensável para qualquer tipo de pesquisa (KOCHE, 2009). Além disso, para Gil (2009), o estudo de caso é uma modalidade de pesquisa, que consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira a permitir seu conhecimento amplo e detalhado. Assim, devido à realização da pesquisa ocorrer em um ambiente específico, esta é considerada um estudo de caso.

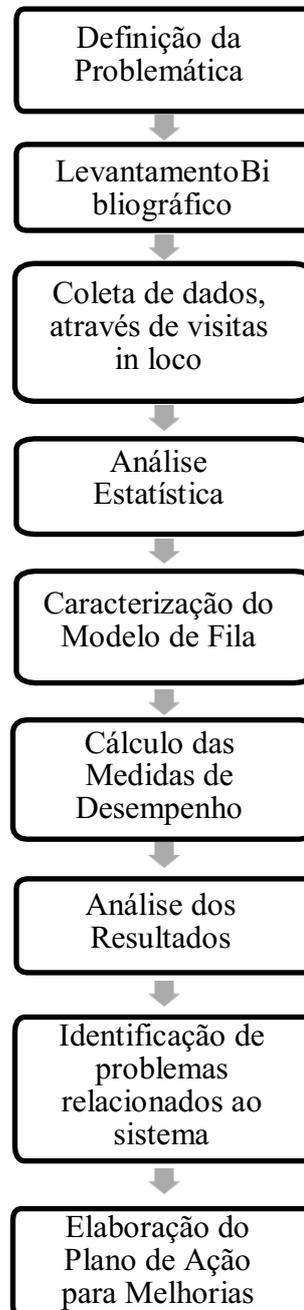
### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

As etapas da pesquisa são expostas no Fluxograma 7. O primeiro passo da pesquisa foi definir a problemática e os objetivos do estudo. Essa definição ocorreu a partir da observação de reclamações feitas por clientes de uma pizzaria, referentes a atrasos na entrega de pedidos. Em seguida, realizou-se um levantamento bibliográfico através de livros, artigos, periódicos e revistas científicas sobre os temas relevantes para o entendimento e resolução dos problemas enfrentados. A partir destas informações definiu-se que a Teoria das Filas adequavam-se a resolução deste problema e, assim, foi possível iniciar a coleta de dados e definir as distribuição de probabilidade que mais se ajustam aos dados coletados, através da análise estatística, detalhada no próximo sub-tópico. Diante disso, através da notação de Kendall, foi possível caracterizar o modelo de fila encontrado no serviço de entrega da pizzaria.

Posteriormente foram analisados cenários do sistema de entrega, através dos cálculos das medidas de desempenho. Além disso, o gráfico de Pareto possibilitou identificar os problemas que mais impactavam no tempo de serviço, sendo possível priorizar os mesmos. Em seguida, no diagrama de Ishikawa, realizou-se uma avaliação qualitativa para identificar

as causas dos problemas, que acarretavam o alto tempo de atendimento do cliente. Por fim, com o intuito de sanar os problemas elencados, foram propostas recomendações, através de um plano de ação.

**Fluxograma 7 - Etapas da pesquisa.**



**Fonte:** Autoria Própria (2019)

### 3.3 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

Os dados apresentados neste trabalho foram coletados através de visitas in loco no serviço de entrega em uma pizzaria na cidade de Sumé, na Paraíba. Com o auxílio de um relógio digital, foram realizadas 171 medições referentes aos horários de chegada de pedidos e o horário que o motoboy chegava da entrega, para assim obter o tempo de atendimento dos clientes. Este número de medições está de acordo com o que determinam Chwif e Medina (2010), que afirmam que o tamanho da amostra deve conter entre 100 e 200 dados. Segundo os autores, amostras com menos de 100 dados podem comprometer a identificação da distribuição correta, enquanto aquelas com mais de 200 não trazem ganhos significativos ao estudo. A coleta foi realizada nos dias e horários apresentados no Quadro 3.

**Quadro 3** - Período da coleta de dados.

Coleta de dados						
Data	24/08/2019	25/08/2019	26/08/2019	01/09/2019	07/09/2019	08/09/2019
Horário	19h - 22h	19h - 22h	20h - 23h	18h - 22h30	18h30 - 23h	18h - 23h30
Dia da semana	Sábado	Domingo	Segunda-feira	Domingo	Sábado	Domingo

**Fonte:** Autoria Própria (2019)

A escolha dos dias e horários baseou-se em informações cedidas pelo proprietário, que afirmou serem estes os mais congestionados durante a semana.

Após a coleta, foi realizado o registro dos horários de chegada de cada pedido e horário de conclusão da entrega em uma planilha no *Microsoft Excel* (Apêndice) para, assim, obter em minutos o intervalo de chegada entre pedidos e o tempo de duração do atendimento. Posteriormente, os dados foram inseridos no *software* estatístico *Minitab*, versão 18, com o intuito de realizar uma análise mais detalhada dos dados. Através do *software*, gerou-se: gráficos Boxplot, estatística descritiva dos dados, histogramas e gráficos de probabilidade. Por meio do gráfico Boxplot, observou-se a existência de *outliers* na amostra. Estes pontos foram eliminados para a análise descritiva dos dados, pois poderiam comprometer a qualidade deste estudo.

Em seguida, foi necessário identificar o tipo de distribuição de probabilidade que mais se ajusta aos dados coletados pois, para o cálculo das medidas de desempenho, é levado em

consideração o tipo de distribuição ao qual os dados aderem e o modelo de filas encontrado no sistema, já que cada modelo adota fórmulas diferentes para o cálculo das medidas de desempenho. Diante da importância de classificar com exatidão o tipo de distribuição de probabilidade, foram aplicados testes de aderência para verificar a qualidade na escolha da distribuição.

Diante disso, tornou-se possível calcular as medidas de desempenho do sistema baseada em três cenários. No cenário atual, buscou-se avaliar o serviço real de entrega da organização, após os cálculos notou-se a ineficiência do serviço de entrega da pizzaria. Já no cenário 1, foram calculadas as medidas de desempenho, acrescentando mais um motoboy para entrega, com o intuito de avaliar o comportamento do sistema após essa mudança. No cenário 2, foram calculadas as medidas de desempenho, considerando uma nova média do tempo de atendimento, tal média foi obtida com a remoção de amostras que continham problemas identificados no sistema, a fim de avaliar o desempenho do sistema sem os mesmos.

## 4 ESTUDO DE CASO

O presente capítulo apresenta o estudo de caso em uma pizzaria no município de Sumé - PB. Neste sentido, inicialmente é apresentada a caracterização da empresa em estudo e o seu processo de entregas atual. Em seguida, será exposta a análise dos dados, a avaliação dos cenários e recomendações para a melhoria do processo.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

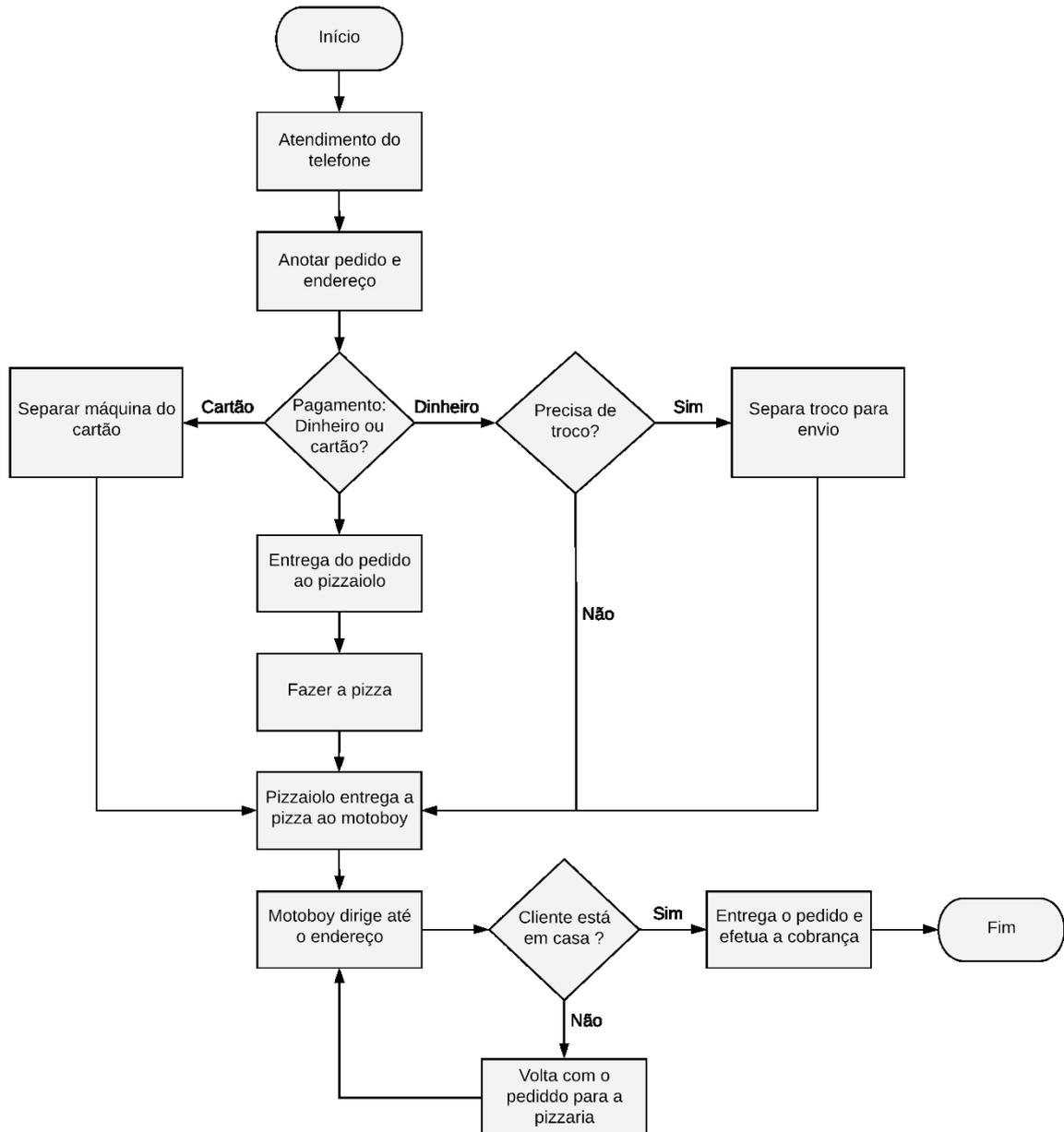
A organização foco da pesquisa é uma pizzaria que atua no mercado a pouco mais de um ano e está situada no município de Sumé-PB. A organização possui 10 funcionários, sendo um pizzaiolo, um forneiro, um auxiliar do pizzaiolo, um auxiliar de serviços gerais, dois atendentes, dois entregadores e dois ajudantes de cozinha.

O empreendimento funciona todos os dias da semana, exceto na quarta-feira, com horário de atendimento das 18:00 às 00:00. De acordo com informações do proprietário, os dias de maior demanda são sexta, sábado, domingo e segunda, com horário de pico das 19:00 às 21:00 horas. Entretanto, o foco desta pesquisa é o processo de entrega da organização.

### 4.2 PROCESSO DE ENTREGA ATUAL

O fluxograma que expõe as etapas do processo de entrega da empresa foco da pesquisa é apresentado no Fluxograma 8.

### Fluxograma 8 - Processo de entrega.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Como pode-se observar no fluxograma, o processo se inicia com o atendimento do telefone pela atendente, que anota na comanda o pedido, endereço e a forma de pagamento escolhida pelo cliente. Vale ressaltar que na maioria das vezes esse atendimento é feito pelo aplicativo WhatsApp. Posteriormente a própria atendente encaminha a comanda ao pizzaiollo para ser produzida a pizza, tal processo apresenta um comportamento de sequenciamento FIFO (Primeiro pedido a chegar no sistema, é o primeiro a ser produzido). Depois de

finalizada a pizza é entregue ao motoboy que estiver disponível para entrega, junto com a máquina do cartão ou troco, dependendo da forma de pagamento optada pelo cliente no ato do atendimento. O processo é finalizado no momento que o entregador chega da entrega, iniciando um novo processo.

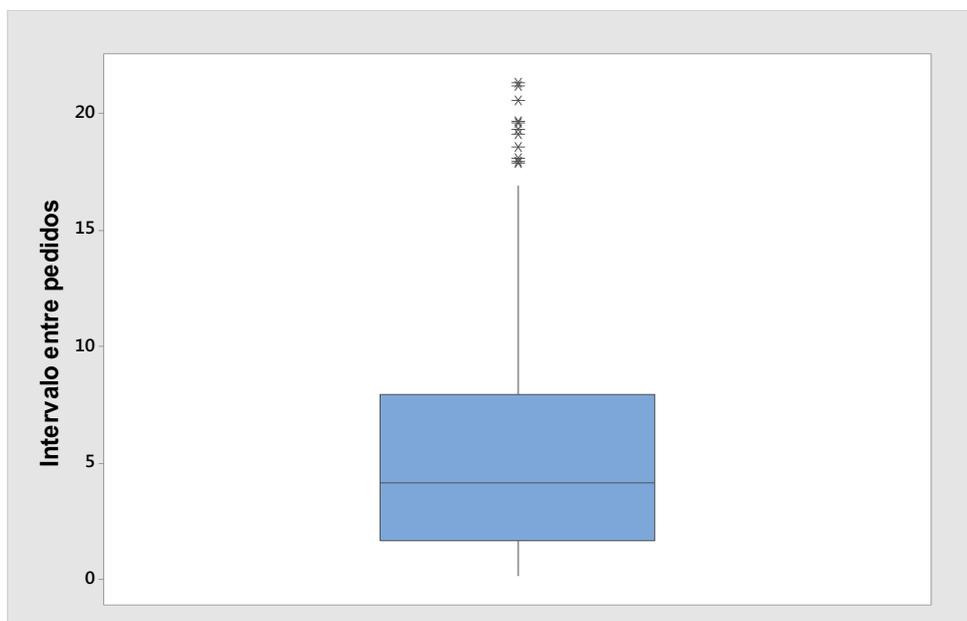
#### 4.2.1 Análise Estatística dos Dados

Nesta etapa, os dados foram inseridos no *Minitab*, gerando o gráfico Boxplot, a estatística descritiva, os histogramas e gráficos de probabilidade. Todas essas informações fornecidas pelo *software*, são importantes para caracterizar o tipo de distribuição de probabilidade que mais se ajusta aos dados coletados, e posteriormente calcular as medidas de desempenho do sistema.

#### 4.2.2 Intervalo de Tempo Entre Pedidos

Com relação ao intervalo de tempo entre os pedidos, identificou-se, através do gráfico Boxplot, a existência de 10 *outliers*, como exposto no Gráfico 3.

**Gráfico 3** - Boxplot dos tempos entre pedidos.



Fonte: Autoria Própria (2019)

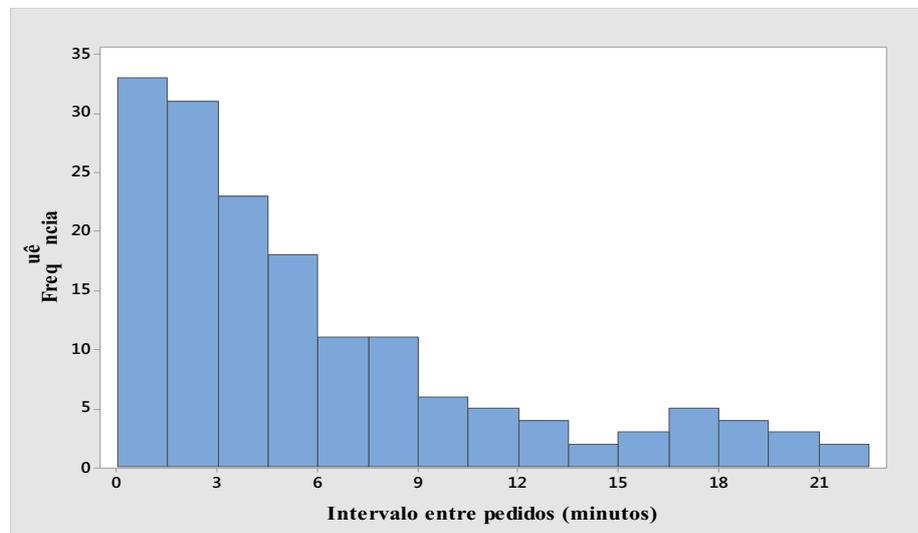
Após a remoção dos *outliers*, foi realizado o levantamento estatístico descritivo, conforme a Tabela 2:

**Tabela 2** - Estatística descritiva para o intervalo de tempo entre os pedidos.

Variável	Intervalo entre pedidos (min.)
Média	5,836
Desvio Padrão	5,447
Variância	29,674
Coefficiente de Variação	93,34
Mínimo	0,183
Primeiro Quartil (Q1)	1,725
Mediana	4,167
Terceiro Quartil (Q3)	7,958
Máximo	21,283
Amplitude	21,1
Moda	0,516; 0,566; 0,6; 0,916
Número de Moda	2
Assimetria	1,27
Curtose	0,74

Fonte: Autoria Própria (2019)

De acordo com análise do *software*, a cada 5,836 minutos, em média, um pedido entra na fila, com um desvio padrão de 5,447 minutos entre os dados obtidos. Para visualizar os dados através de uma análise quantitativa e um agrupamento de classes, formou-se um histograma, mostrado no Gráfico 4.

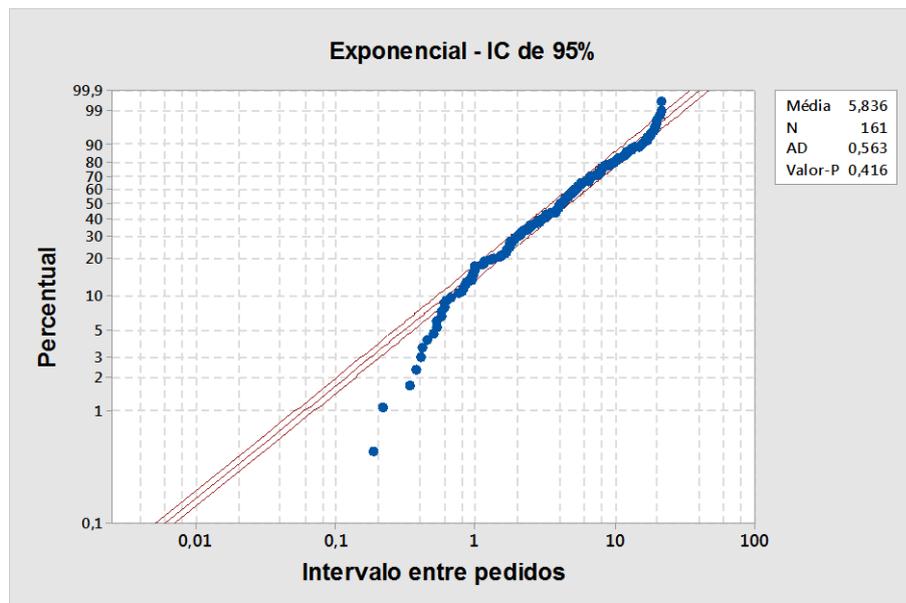
**Gráfico 4** - Histograma dos tempos entre chegadas de pedidos.

Fonte: Autoria Própria (2019)

Pode-se observar no Gráfico 5, que os dados estão concentrados em sua maioria entre 0 e 6 minutos, representando cerca de 65,2% da amostra. Ainda de acordo com o histograma acima, os dados evidenciam o comportamento de uma distribuição contínua exponencial, pois todos os eventos representam tempos de chegadas aleatórios, característicos deste tipo de distribuição.

Para verificar se a distribuição observada no histograma representa de fato a distribuição dos dados, foi realizado um teste de aderência, por meio do gráfico de probabilidade, como expõe o Gráfico 5.

**Gráfico 5** - Teste de aderência dos dados para o intervalo entre pedidos.

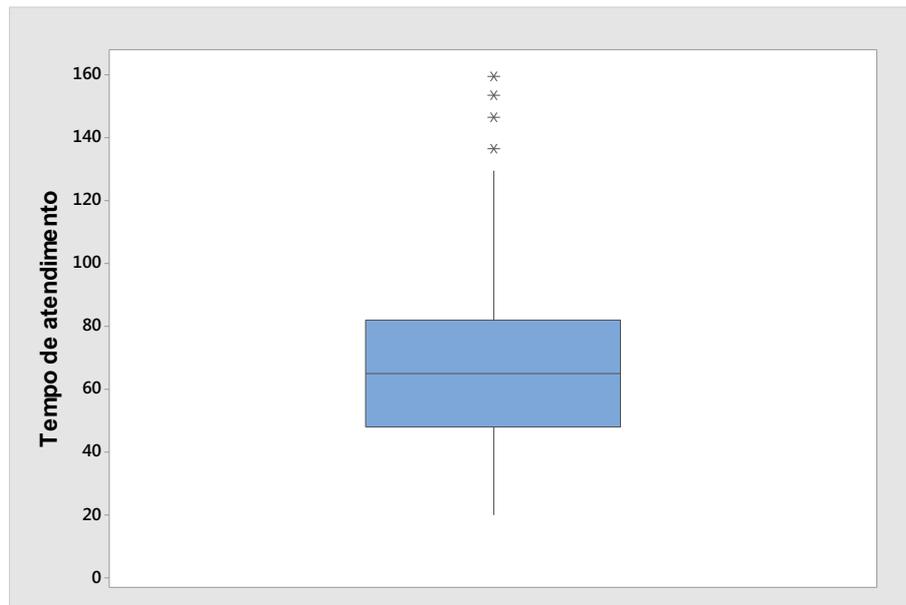


Fonte: Autoria Própria (2019)

Sabendo que o intervalo de confiança é de 95%, foi encontrado o valor-P de 0,416, maior que o nível de significância de 0,05. Logo, a hipótese nula é aceita, ou seja, os dados aderem à distribuição exponencial.

#### 4.2.3 Tempo de Atendimento

Neste caso, identificou-se, através do gráfico Boxplot, a existência de 4 *outliers*, como exposto no Gráfico 6.

**Gráfico 6** - Boxplot do tempo de atendimento.

Fonte: Autoria Própria (2019)

Após a remoção dos *outliers*, foi realizado o levantamento estatístico descritivo, conforme a Tabela 3:

**Tabela 3** - Estatística descritiva para o tempo de atendimento.

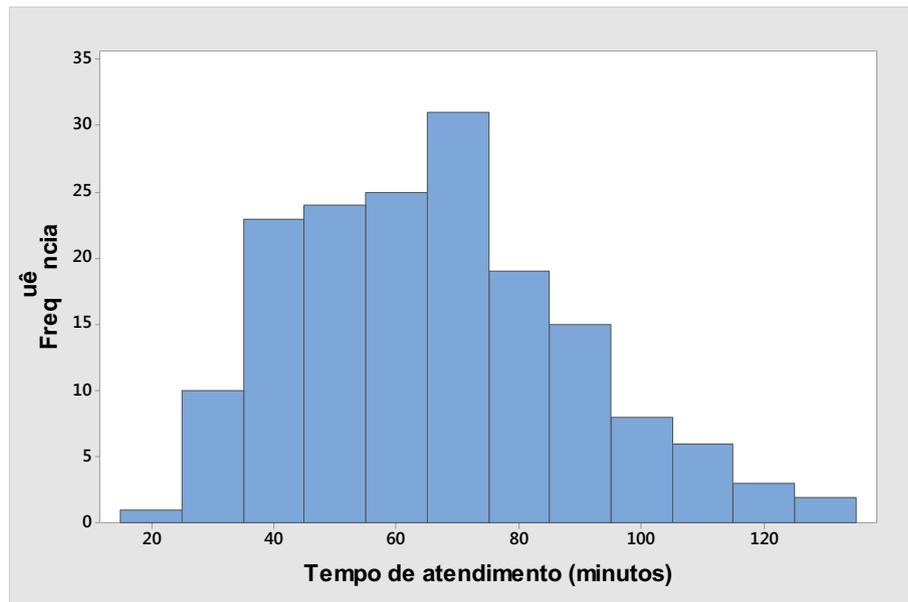
Variável	Tempo de atendimento (min.)
Média	66,22
Desvio Padrão	22,57
Variância	509,40
Coefficiente de Variação	34,08
Mínimo	20,55
Primeiro Quartil (Q1)	48,08
Mediana	65
Terceiro Quartil (Q3)	81,07
Máximo	129,58
Amplitude	109,03
Moda	65,7
Número de Moda	2
Assimetria	0,51
Curtose	-0,13

Fonte: Autoria Própria (2019)

Diante das informações fornecidas pelo software, um pedido levará em média, 66,22 minutos para ser concluído. Com um desvio padrão de 22,57 minutos. Dessa forma, levando em consideração que a cada 5,836 minutos um pedido entra na fila, quando um pedido é finalizado, já existem mais onze em espera, justificando a formação de filas no sistema.

Para visualizar os dados através de uma análise quantitativa e um agrupamento de classes, foi construído um histograma, exposto no Gráfico 7.

**Gráfico 7 - Histograma dos tempos de atendimento.**

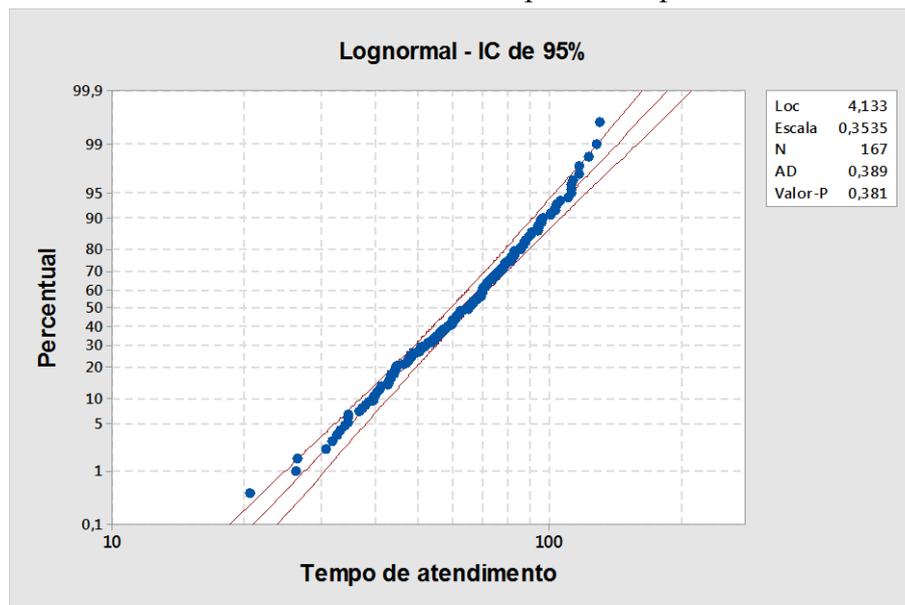


**Fonte:** Autoria Própria (2019)

Como se pode observar no Gráfico 7, os dados mostram que a duração do atendimento está concentrada, em sua maioria, entre 40 e 90 minutos, representando cerca de 81,7% da amostra. Outra informação relevante apresentada é o alto percentual de atendimento realizado com tempo acima do prazo estabelecido pela atendente no ato do pedido (30 a 55 minutos para a entrega), compreendidos entre 70 e 130 minutos, que representam 50,2% dos pedidos registrados. Ainda segundo o gráfico, a amostra apresenta um baixo percentual de pedidos efetuados com rapidez, compreendidos entre 20 e 40 minutos, o que corresponde a 20,2% da amostra.

Para verificar o tipo de distribuição de probabilidade que mais se ajusta aos dados coletados, foi realizado um teste de aderência, por meio do gráfico de probabilidade, conforme o Gráfico 8.

**Gráfico 8** - Teste de aderência dos dados para o tempo de atendimento.



Fonte: Autoria Própria (2019)

De acordo com o gráfico acima, a distribuição que melhor representa os dados é a distribuição lognormal, que obteve o valor-P de 0,381, considerando o intervalo de confiança de 95%, que é maior que o nível de significância de 0,05. Logo, a hipótese nula é aceita, ou seja, os dados aderem à distribuição lognormal.

#### 4.2.4 Aplicação da Teoria das Filas

Com base na análise estatística, foram calculadas as medidas de desempenho do sistema em estudo. Essas informações foram calculadas de acordo com as equações apresentadas na revisão da bibliografia sobre a Teoria das Filas.

#### 4.2.5 Modelo de Fila

De acordo com os dados obtidos, o modelo de fila é caracterizado segundo a notação de Kendall como sendo do tipo  $M/G/2/\infty/\infty/FIFO$ , ou seja, intervalo de tempo entre chegadas segue uma distribuição exponencial; o tempo de atendimento segue uma distribuição lognormal, que indica uma distribuição geral ou arbitrária, se enquadrando nas distribuições mais comumente usadas na Teoria das Filas (exponencial, erlang, determinística, uniforme e hiperexponencial); existem dois servidores para o atendimento (entregadores); não há

restrições de capacidade e de população e a ordem de atendimento é do tipo FIFO. Observa-se que as medidas de desempenho para o modelo M/G/C são facilmente calculadas, da mesma forma que para o modelo M/M/C.

#### 4.2.6 Resultados das Medidas de Desempenho do Sistema

Nesta sessão, serão expostos os resultados das medidas de desempenho, baseados em três cenários: cenário atual, com o intuito de avaliar o desempenho do serviço de entrega atual, cenário 1, que corresponde o acréscimo de mais um motoboy, a fim de observar o comportamento do sistema, e cenário 2, com o objetivo de identificar problemas relacionados ao serviço de entrega, e como os mesmos impactam no desempenho do sistema.

##### 4.2.6.1 Cenário Atual

Este cenário avalia o sistema de entrega atual, com dois servidores, ou seja, a empresa possui dois motoboys para a entrega. Os resultados das medidas de desempenho estão expostos no Quadro 4.

**Quadro 4** - Resultado das medidas de desempenho (cenário atual).

Variável	Valor
Quantidade de servidores (c)	2
Taxa de chegada de clientes em minuto ( $\lambda$ )	0,171
Taxa de atendimento de clientes em minuto ( $\mu$ )	0,03
Taxa de utilização ( $\rho$ )	2,85
Número médio de clientes na fila de espera (NF)	6,91
Número médio de clientes no sistema (NS)	12,61
Tempo médio de espera na fila por cliente em minutos (TF)	40,41
Tempo médio gasto no sistema por cliente em minutos (TS)	73,74

Fonte: Autoria Própria (2019)

De acordo com os resultados apresentados, a taxa de chegada ( $\lambda$ ), considerando a média do intervalo entre chegadas de 5,836 minutos, é de 0,171 pedidos/minuto, o que equivale a chegada de 1 cliente a cada 5,85 minutos (cinco minutos e 46 inqüenta e um

segundos). Multiplicando a taxa de 0,171 por 60 minutos, há a previsão de chegada de 10 clientes por hora no sistema. Entretanto, vale ressaltar que isso varia, pois nos dias de coleta de dados houve casos nos quais chegaram até 18 pedidos nesse mesmo intervalo de tempo.

Em relação a taxa de atendimento ( $\mu$ ), considerando a média de duração do tempo de atendimento de 66,22 minutos, é de 0,015 atendimentos/min. Entretanto, o sistema em estudo possui dois servidores, no qual é necessário que a taxa de atendimento seja multiplicada por 2, pois existem 2 entregadores na empresa. Logo a taxa de atendimento ( $\mu$ ) do conjunto é de 0,03 atendimentos/min, equivalendo o atendimento de 1 cliente a cada 33,33 minutos (trinta e três minutos e dezenove segundos). Multiplicando-se a taxa de 0,03 por 60 minutos, tem-se a previsão de que um servidor entregue menos de dois pedidos por hora no sistema. Diante disso, podemos notar a ineficiência do sistema, onde a taxa de atendimento é muito menor que a taxa de chegada.

A taxa de utilização ( $\rho$ ), é de 2,85. Esse resultado é justificado pelo fato de que o número de chegadas ao sistema excede a taxa média de atendimento ( $0,171 > 0,03$ ), impedindo um possível equilíbrio no sistema e ocasionando grandes filas. Para o sistema ser classificado como equilibrado, seria necessário que  $\rho < 1$ .

O número médio de clientes na fila de espera (NF), é de 6,91. Enquanto o número médio de clientes no sistema (NS), é de 12,61. O tempo médio que cada cliente espera na fila (espera desde a ligação até a saída do entregador) é 40,41 minutos (quarenta minutos e vinte e quatro segundos). O tempo médio gasto por cliente no sistema (tempo de espera desde a ligação até a conclusão da entrega) é de 73,74 minutos (uma hora e treze minutos e quarenta e quatro segundos).

#### *4.2.6.2 Cenário 1*

Diante dos resultados obtidos no cenário atual, pode-se notar a ineficiência do sistema em estudo. Diante disso, o cenário 1 prevê a contratação de mais um motoboy para entrega, a fim de analisar o comportamento do sistema como um todo, após essa mudança. Neste caso, novamente foram calculados as medidas de desempenho do sistema, considerando a mesma taxa de chegada ( $\lambda$ ) de 0,171 minutos, apenas alterando o número de servidores para  $c=3$ . Os resultados do cenário 1 é exposto no Quadro 5.

**Quadro 5** - Resultado das medidas de desempenho (cenário 1).

Variável	Valor
Quantidade de servidores (c)	3
Taxa de chegada de clientes em minuto ( $\lambda$ )	0,171
Taxa de atendimento de clientes em minuto ( $\mu$ )	0,045
Taxa de utilização ( $\rho$ )	1,27
Número médio de clientes na fila de espera (NF)	5,16
Número médio de clientes no sistema (NS)	8,96
Tempo médio de espera na fila por cliente em minutos (TF)	30,17
Tempo médio gasto no sistema por cliente em minutos (TS)	52,40

**Fonte:** Autoria Própria (2019)

Comparando a taxa de atendimento ( $\mu$ ) do cenário atual com o cenário 1, temos um aumento da taxa de atendimento de 0,03 minutos (cenário atual) para 0,045 minutos (cenário 1), equivalendo o atendimento de 1 cliente a cada 22,22 minutos.

Em relação a taxa de utilização, tem-se uma redução de 2,85 (cenário atual) para 1,27 (cenário 1). O número médio de clientes na fila de espera (NF) reduziu de 7 (cenário atual) para 6 (cenário 1), e o número médio de clientes no sistema (NS) reduziu de 13 (cenário atual) para 9 (cenário 1). Comparando o tempo médio de espera na fila por cliente (TF) do cenário atual com o cenário 1, temos uma redução no tempo de 40,41 minutos (cenário atual) para 30,17 minutos (cenário 1), isso representa uma redução no tempo de 25,3%. Já em relação ao tempo médio gasto no sistema por cliente (TS), houve uma redução de 73,74 minutos (cenário atual) para 52,40 minutos (cenário 1), isso representa uma redução no tempo de 28,98%, que se aproxima do tempo estabelecido pela atendente no momento do recebimento de pedido.

#### 4.2.6.3 Cenário 2

Observou-se que o processo possui alguns problemas que podem resultar no aumento do tempo de atendimento. Neste sentido, analisou-se os principais problemas relacionados ao processo e como estes impactam no tempo de atendimento. Diante disso, a Tabela 4 expõem a quantidades de vezes que essas inconformidades ocorreram, assim como o tempo médio perdido com a ocorrência de cada pedido, e o tempo total.

**Tabela 4** - Relação das não conformidades.

Causas	Quantidade	Tempo médio (minutos)	Tempo total (minutos)	Relativo (%)	Acumulado (%)
Falta de insumos	9	11,3	101,7	22,07%	22,07%
Inversão das ordens de pedidos	19	5,2	98,8	21,44%	43,51%
Erro na anotação do endereço de entrega	8	10,5	84,0	18,23%	61,74%
Falta de entregador	17	4,3	73,1	15,86%	77,60%
Entregador não leva o troco	5	12,8	64,0	13,89%	91,49%
Erro na anotação dos sabores pedidos	4	9,8	39,2	8,51%	100,00%
Total	62				

**Fonte:** Autoria Própria (2019)

Em relação a falta de insumos, foi considerado o tempo médio gasto pelo motoboy para comprar algum insumo que estava faltando. Com respeito a inversão das ordens de pedidos, foi considerado o fato de um pedido que entrou no sistema primeiro, sair para entrega depois do próximo pedido da sequência, com isso, foi considerado essa diferença de tempo entre os pedidos com ordem de entrega invertida. Em relação ao erro na anotação do endereço de entrega, foi considerado o tempo médio, a partir do momento em que o motoboy deixava a pizzaria para realização da entrega até o seu retorno com a pizza, por conta do endereço incorreto. Com o respeito ao problema da falta de entregador, foi considerado o tempo médio que uma pizza finalizada, aguardava um motoboy para a entrega. Já em relação ao problema do entregador não levar o troco, foi considerado o tempo médio, a partir do momento que o motoboy saía para a entrega até o seu retorno a pizzaria para trocar o dinheiro. E por fim, o problema do erro na anotação dos sabores pedidos, foi considerado o tempo médio que o motoboy deixava a pizzaria até seu retorno com a pizza, pois não era o sabor requerido pelo cliente no ato do atendimento.

Com base nos dados, foi proposto um novo cenário, no qual as amostras nas quais ocorreram os erros descritos são retiradas para avaliarmos a nova média de atendimento, considerando a mesma taxa de chegada e número de atendentes do cenário atual. Diante disso, retirando as amostras que ocorreram inconformidades, o tempo médio de atendimento foi reduzido para 46,77 minutos. Neste contexto, os resultados das medidas de desempenho do cenário 2, estão expostos no Quadro 6.

**Quadro 6** - Resultado das medidas de desempenho (cenário 2).

Variável	Valor
Quantidade de servidores (c)	2
Taxa de chegada de clientes em minuto ( $\lambda$ )	0,171
Taxa de atendimento de clientes em minuto ( $\mu$ )	0,043
Taxa de utilização ( $\rho$ )	1,99
Número médio de clientes na fila de espera (NF)	5,31
Número médio de clientes no sistema (NS)	9,29
Tempo médio de espera na fila por cliente em minutos (TF)	31,05
Tempo médio gasto no sistema por cliente em minutos (TS)	54,33

**Fonte:** Autoria Própria (2019)

Comparando a taxa de atendimento ( $\mu$ ) do cenário 2 com os cenários anteriores, temos um aumento da taxa de atendimento de 0,03 pedidos/min. (cenário atual) para 0,043 pedidos/min (cenário 2), e uma pequena redução em relação ao cenário 1 de 0,045 pedidos/min (cenário 1) para 0,043 pedidos/min (cenário 2).

Em relação a taxa de utilização, tem-se uma redução de 2,85 (cenário atual) para 1,99 (cenário 2). Já em relação ao cenário 1, tem-se um aumento de 1,26 (cenário 1) para 1,99 (cenário 2). O número médio de clientes na fila de espera (NF) reduziu de 7 (cenário atual) para 6 (cenário 1 e 2), e o número médio de clientes no sistema (NS) reduziu de 13 (cenário atual) para 10 (cenário 2), apresentando um pequeno aumento em relação em relação ao cenário 1, que é de 9 clientes.

Comparando o tempo médio de espera na fila por cliente (TF) do cenário 2 com os anteriores, temos uma redução no tempo de 40,41 minutos (cenário atual) para 31,05 minutos (cenário 2), número próximo a 30,12 (cenário 1). Já em relação ao tempo médio gasto no sistema por cliente (TS), houve uma redução de 73,74 minutos (cenário atual) para 54,33 minutos (cenário 2), apresentando um pequeno aumento em relação em relação ao cenário 1, que é de 52,33 minutos.

Para facilidade de entendimento e leitura, foi elaborado um resumo de todos esses resultados, conforme mostra o Quadro 7.

**Quadro 7 - Resumo das medidas de desempenho.**

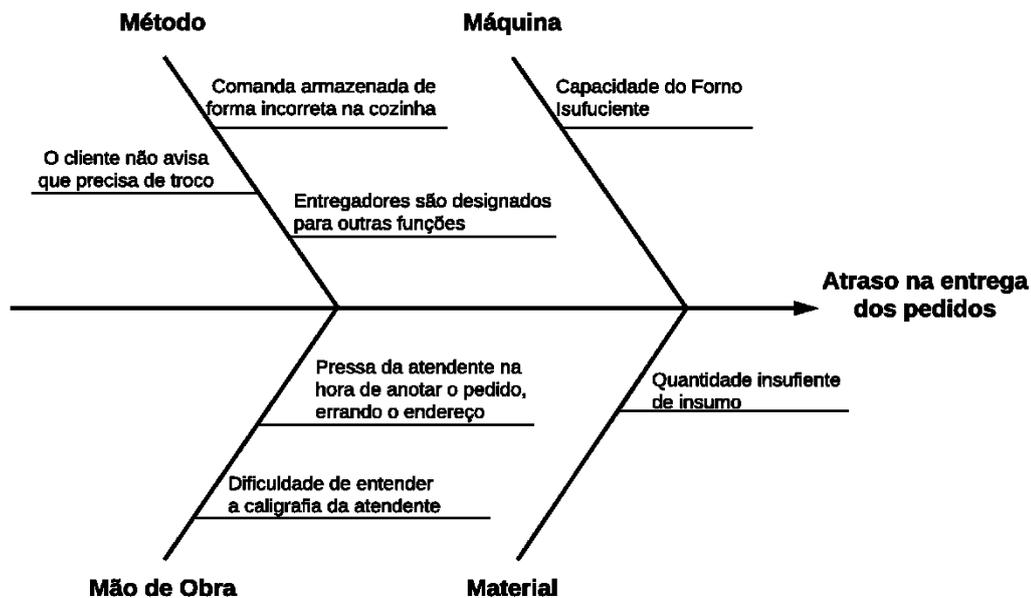
Variável	Cenário atual	Cenário 1	Cenário 2
Quantidade de servidores (c)	2	3	2
Taxa de chegada de clientes em minuto ( $\lambda$ )	0,171	0,171	0,171
Taxa de atendimento de clientes em minuto ( $\mu$ )	0,03	0,045	0,043
Taxa de utilização ( $\rho$ )	2,85	1,27	1,99
Número médio de clientes na fila de espera (NF)	6,91	5,16	5,31
Número médio de clientes no sistema (NS)	12,61	8,96	9,29
Tempo médio de espera na fila por cliente em minutos (TF)	40,41	30,17	31,05
Tempo médio gasto no sistema por cliente em minutos (TS)	73,74	52,4	54,33

**Fonte:** Autoria Própria (2019)

Diante dos resultados expostos, o cenário atual foi o que apresentou o pior desempenho em relação ao demais, apresentando uma alta taxa de utilização e altos tempos de atendimento, ficando bem acima do estabelecido pela atendente no ato do pedido. Já o cenário 1 e 2 apresentaram resultados semelhantes. No entanto, o cenário 1 irá impactar em custos financeiros para a organização, já que seria contratado mais um motoboy para entrega. Além disso, o tempo gasto no sistema por cliente (TS), é apenas 1,93 minutos inferior ao cenário 2. Diante disso, o cenário 2 apresenta a maior viabilidade, pois apresenta praticamente o mesmo desempenho que o cenário 1, com a mesma quantidade de entregadores do sistema atual.

Neste sentido, observa-se a necessidade de minimizar os erros existentes no processo. Com o intuito de identificar as principais causas relacionadas a esses problemas, foi elaborado um diagrama de Ishikawa, exposto no Fluxograma 9.

Fluxograma 9 - Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Autoria Própria (2019)

Em relação ao método, identificou-se que a inversão da ordem de pedidos é causada pela armazenagem incorreta da comanda na cozinha, de forma que os clientes que realizaram os pedidos antes são atendidos em um espaço de tempo maior do que aqueles que pediram depois. Essa troca de ordem de pedido ocorre no momento em que a comanda chega na cozinha. Assim, no momento em que o Pizzaiolo pega a comanda para produzir o pedido, ocorre a troca. Também se identificou que a falta de entregador no momento em que um pedido fica pronto, isso ocorre porque os mesmos são designados para outros serviços, como atender mesas, comprar insumos que estão faltando, no momento em que deveriam realizar a entrega. Além disso, em algumas situações o cliente não avisa que precisa de troco, e o entregador, no momento da entrega do pedido, precisa trocar o dinheiro em outro local, atrasando os pedidos que estão aguardando na pizzaria para ser entregues.

Com relação a máquina, foi identificado que nos dias de pico a capacidade do forno é insuficiente, ocasionando um aglomerado de pizzas para serem assadas na cozinha e impossibilitando a produção dos pedidos que estão chegando, afetando diretamente o tempo de entrega.

Com respeito a mão de obra, devido à grande quantidade de pedidos que chega em pequenos intervalos de tempo, a atendente anota alguns dos endereços incorretamente, o que leva o entregador a ter dificuldades de encontrar o endereço certo, atrasando ainda mais a

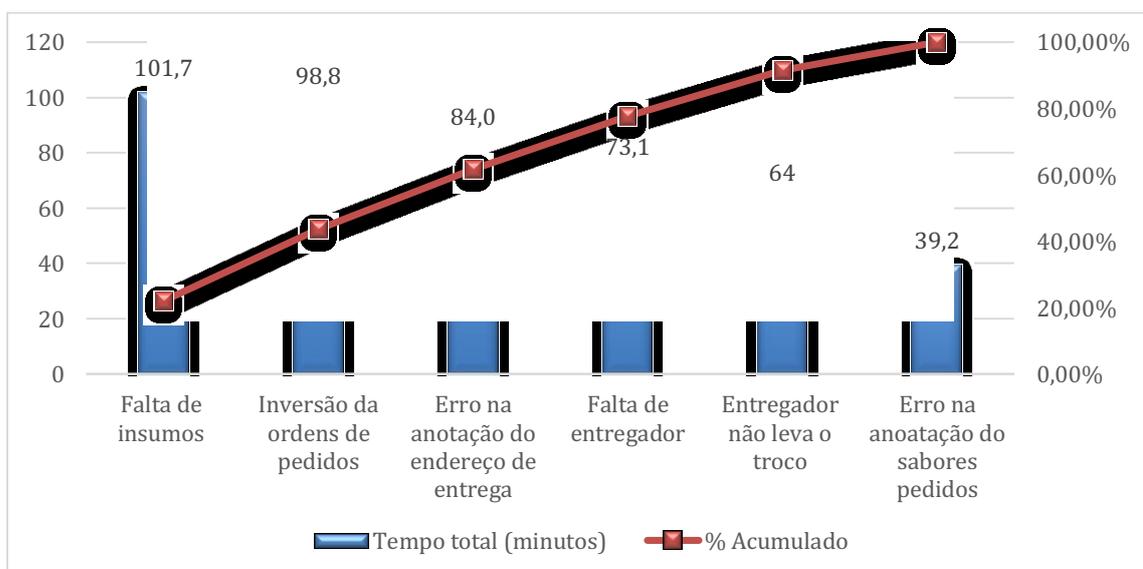
entrega. Essa pressa também acaba afetando a caligrafia da atendente na comanda, e o entregador tem dificuldade de entender o que está escrito no endereço de entrega.

A falta de insumos afeta consideravelmente o tempo de entrega dos pedidos. Isso é justificado pelo fato de que os entregadores necessitam se deslocar para comprar insumos que faltam durante a produção das pizzas ou até mesmo a bebida que o cliente optou no pedido é comprada na hora que a entrega ser efetuada, de maneira que o entregador desvie o caminho e atrase ainda mais o pedido. Em alguns casos, o cliente optou por sabores que não tinha podiam ser produzidos pela falta de ingredientes, e a atendente só avisava ao cliente da falta do sabor requerido, depois que a comanda voltava da cozinha.

#### 4.2.6.4 Plano de ação

Diante da identificação das causas raízes através do diagrama de Ishikawa, foi elaborado um plano de ação, com o objetivo de propor melhorias no serviço de entrega da empresa em estudo. Devido à dificuldade de implementar todas as propostas no mesmo momento, utilizou-se os dados da Tabela 4 para criar o gráfico de Pareto Gráfico 9, que auxiliará na priorização dos problemas a serem resolvidos.

**Gráfico 9 - Pareto.**



**Fonte:** Autoria Própria (2019)

De acordo com o gráfico, pode-se observar que as causas que mais impactam no tempo, seguindo o conceito 80/20, foram: falta de insumos, inversão da ordem de pedidos,

erro na anotação do endereço de entrega e a falta de entregadores. Neste sentido, o Quadro 8 expõe o plano de ação. Neste caso, as ações em vermelho devem possuir prioridade máxima, de forma a serem executadas primeiro, aquelas em amarelo possuem prioridade média e as verdes menor prioridade.

Quadro 8 - Plano de ação 5W2H.

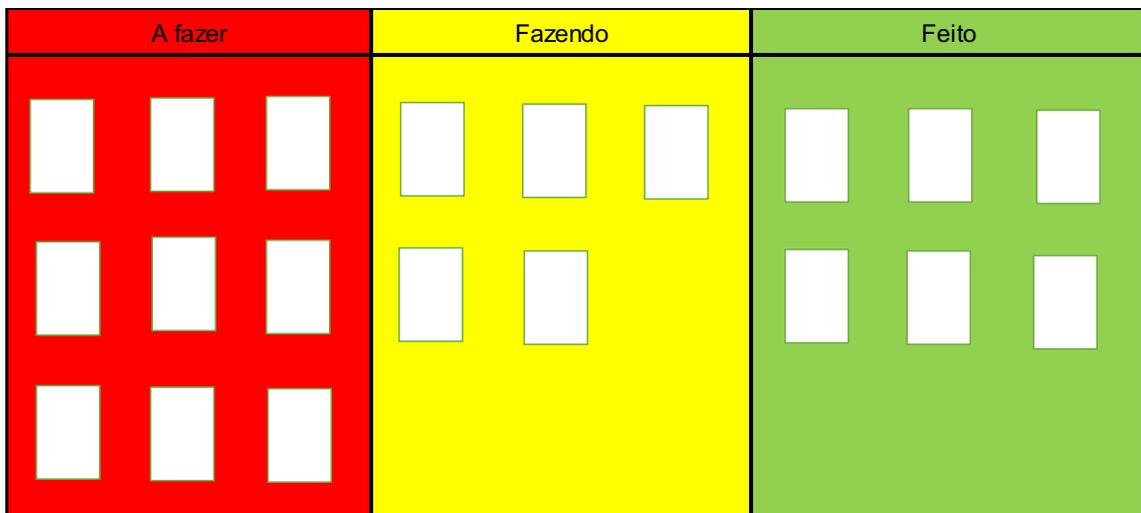
5W					2H		Status
O que	Por que	Onde	Quem	Quando	Como	Quanto	
What	Why	Where	Who	When	How	HowMuch	
Projeção de necessidade de matéria prima futura	Evitar compras de quantidade insuficiente de insumo	Setor de produção	Proprietário da pizzaria	Semanalmente	Elaborar uma projeção semanal da quantidade de insumo necessária com base na previsão de demanda	0	A fazer
Instalar um quadro Kanban	Para armazenar as comandas de acordo com a sequência dos pedidos e assim evitar a troca de ordem	Cozinha	Proprietário da pizzaria	Imediato	Após a realização do pedido, a atendente irá armazenar a comanda no quadro localizado na cozinha	0	A fazer
Alocação de funcionários fixos para a entrega	Entregadores são alocados para outras funções	Setor de entrega	Proprietário da pizzaria	Diariamente	Não alocar os entregadores para outras funções, já existem funcionários para isso	0	A fazer
Padronização da comanda	Para agilizar o preenchimento e evitar informações erradas	Setor de atendimento	Proprietário da pizzaria	Imediato	Elaborar uma comanda padronizada com todos os sabores oferecidos pelo estabelecimento. A atendente vai apenas preencher as quantidades, endereço e telefone	R\$ 5,00	A fazer
Aumentar a capacidade do forno	Para reduzir a quantidade de pizzas na espera para serem assadas	Cozinha	Proprietário da pizzaria	Imediato	Aquisição de um forno novo	R\$ 10.000,00	A fazer

Fonte: Autoria Própria (2019)

Em relação ao problema da falta de insumos, é necessária uma análise das quantidades de ingredientes utilizadas anteriormente. O proprietário da pizzaria deve buscar o histórico de vendas dos últimos meses e listar os sabores de pizza mais vendidos, onde de acordo com os sabores mais vendidos, poderá priorizar os pedidos de matéria-prima e realizar projeções semanais de demanda. Assim, o pedido semanal de ingredientes deve sempre considerar o histórico de demanda, além do estoque de segurança que deve ser calculado de acordo com a demanda projetada, para o caso de ocorrer pedidos acima do previsto.

Para solucionar o problema da inversão da ordem dos pedidos, onde o mesmo ocorre devido a armazenagem incorreta da comanda ao chegar na cozinha, o proprietário da pizzaria deve instalar um quadro Kanban no local. O modelo proposto é exposto no Quadro 9.

**Quadro 9 - Kanban.**



**Fonte:** Autoria Própria (2019)

Após a conclusão do atendimento, a atendente irá armazenar a comanda na faixa vermelha do quadro (A fazer), posteriormente o pizzaiolo irá identificar o tipo de pedido e quando começar a prepara o pedido, muda a comanda para a faixa amarela (Fazendo) e assim que finalizar o pedido irá armazenar na faixa verde (Feito), onde o entregador retira para fazer a entrega. Além de resolver o problema em questão, o kanban permitirá que o entregador visualize todas as comandas que estão esperando para entrega, essa informação é importante para o caso de pedidos que possuem rotas semelhantes, o mesmo poderá ordenar uma rota definida antes de sair para entrega, reduzindo custos e otimizando tempo.

Com o intuito de agilizar o preenchimento, evitar dificuldades de entender a caligrafia e erros de informações, foi proposto a padronização da comanda, onde a mesma possuirá

todos os sabores oferecidos pela pizzaria assim como os respectivos preços. A atendente vai apenas preencher o endereço, nome, telefone e o tipo de bebida requerido. A opção de pagamento também será a padronizada e a atendente apenas marcará com um x a opção escolhida.

Diante da análise do diagrama de Pareto e do plano de ação, podemos notar que os principais causadores de atraso, são problemas que possuem soluções sem custo ou com custo muito baixo, podendo ser implementadas sem necessidade de altos investimentos.

As ações descritas no plano ainda não fazem parte do projeto de organização da empresa, são apenas medidas propostas pelo estudo, com exceção da aquisição de um forno novo, que já fazia parte de um projeto do proprietário. Diante disso, para a execução das ações proposta no plano de ação, se faz necessário um acompanhamento das atividades desenvolvidas e também a conscientização do proprietário e dos colaboradores da empresa.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo aplicar a Teoria das Filas no serviço de entrega de uma pizzaria, a fim de avaliar o sistema de entrega atual, assim como propor melhorias para o mesmo. A Teoria das Filas é uma ferramenta de grande aplicabilidade para avaliação de sistemas de entrega, como é o caso deste trabalho.

Através do levantamento dos tempos entre chegadas de pedidos e tempos de atendimento foi possível calcular as medidas de desempenho baseada em três cenários, possibilitando a percepção das taxas de atendimento, de chegada dos clientes e utilização do sistema, tamanho da fila, número de clientes no sistema e ainda os tempos de espera. No cenário atual, os resultados das medidas de desempenho serviram de parâmetro para visualizar a ineficiência do sistema. Neste caso, o serviço de entrega não apresenta resultados satisfatórios, em que, erros no processo acarretam em altos tempos para conclusão da entrega, ficando acima do prazo de tempo estabelecido pela atendente no recebimento do pedido, problema este que pode comprometer as vendas da empresa. No cenário 1, com a contratação de mais um motoboy, os resultados demonstraram uma maior eficiência do serviço de entrega e uma redução do tempo de entrega, se aproximando do tempo estabelecido pela atendente.

No cenário 2, foram identificados problemas que impactam no tempo de atendimento, assim como a quantidade de vezes que os mesmos ocorreram, diante disso, com o intuito de visualizar o desempenho do sistema, foram removidas amostras de que ocorreram falhas, para o cálculo das medidas de desempenho. Os resultados demonstraram um desempenho semelhante ao cenário 1, e através da ferramenta de Análise de Pareto facilitou a visualização dos problemas que mais impactam no tempo de atendimento, em que 77,60% do tempo perdido, estava relacionado com a falta de insumos, inversão da ordem de pedidos, erro na anotação do endereço de entrega e falta de entregador. Diante disso, o diagrama de Ishikawa permitiu identificar as causas raízes desses problemas, estando relacionadas ao método, mão de obra, máquinas e materiais, em que todas essas causas levavam a um problema maior, que era o atraso na entrega do pedido.

Com isso, foi possível concluir através do cenário 2, que a alternativa mais benéfica para empresa é tentar sanar os problemas elencados no diagrama de Ishikawa, já que a contratação de mais um motoboy para empresa implicaria em custos desnecessário para organização, e só conseguiria reduzir o tempo em apenas 3,68% em relação ao cenário 2.

Após a análise dos resultados obtidos, foi possível à criação de um plano de ação que foi elaborado com propostas, visando sanar os problemas elencados, e reduzir o tempo de entrega, para a melhoria da prestação de serviço oferecida pela empresa.

Assim o presente trabalho alcançou os seus objetivos, em que foi possível a avaliação do serviço de entrega atual, a identificação das deficiências nos tempos de atendimento, analisar a alternativa mais adequada e elaboração do plano de ação para propostas de melhoria. No entanto, cabe ao proprietário da organização, realizar a implementação e avaliação do plano de ação.

## REFERÊNCIAS

- AMARO, Daniel. **Mercado delivery de alimentos fatura mais de R\$ 10 bi no Brasil**. Edição do Brasil, 23 de fev. de 2019. Disponível em: <http://edicaodobrasil.com.br/2018/02/23/mercado-delivery-de-alimentos-fatura-mais-de-r-10-bi-no-brasil/>. Acesso em: 30 de nov. de 2019.
- ANDRADE, Eduardo Leopoldino. **Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para análise das decisões**. 4<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- ARAÚJO, Jéssica Fernandes de. **Estudo da Teoria das filas com Aplicações**. 2015. 62 f. Monografia - Universidade de Brasília, Brasília, 2015.
- ARAÚJO, Caio César Duarte. **Aplicação da teoria das filas no sistema de transporte do minério de Ferro sinterfeed na empresa de mineração esperança S/A**. 2012. 104 f. Monografia - Faculdade de engenharia de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- ARENALES, M. **Pesquisa operacional: para cursos de engenharia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- BEHR, A.; MORO, E. L. da S.; ESTABEL, L. B. Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca. **Ciência da Informação**. Brasília, v. 37, n. 2, p. 32-42, maio/ago. 2008.
- BELUSSO, C. L. M. A. Study of Petri Nets, Markov Chains and Queueing Theory as Mathematical Modelling Languages Aiming at the Simulation of Enterprise Application Integration Solutions: a first step. **ScienceDirect**, Porto- Portugal, v.100, p. 229-236. 2016.
- CARRIÓN, Edwin Arturo. **Teoria das Filas como ferramenta para análise de desempenho de sistemas de atendimento: estudo do caso de um servidor da UECE**. 2007. 80 f. Dissertação de Mestrado - Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará – CEFET-CE, Fortaleza, 2007.
- CARVALHO, M. M. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2 ed. Elsevier: ABEPRO, 2012.
- CAMELO, Gustavo Rossa. Teoria das filas e da simulação aplicada ao embarque de minério de ferro e manganês no terminal marítimo de ponta da madeira. **CADERNOS DO IME – Série Estatística**, Rio de Janeiro, v. 29, p.01-16, 2010. Disponível em: <https://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/cadest/article/view/15733>. Acesso em: 6 ago. 2019
- CHIWF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: Teoria & aplicações**. 3. ed. São Paulo: Elsevier Editora, 2010.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: Manufatura e serviços, uma abordagem estratégica**. 3 ed. São Paula: Atlas, 2012
- COSTA, Luciano Cajado. **Apostila da disciplina de Teorias das Filas e Simulação**. Centro Tecnológico da Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Maranhão, 2006.

DAVIS, Mark M. **Fundamentos da administração da produção**. 3º ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 2001.

DAYCHOUM, Merghi. **40 ferramentas e técnicas de gerenciamento**. 3 Ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.

DINIZ, Helder Henrique. Kaizen para a Eliminação de Defeitos: Ferramenta Básica para o WCM. **Excelência Operacional**, 2017. Disponível em: <http://www.excelenciaoperacional.blog.br/2018/12/14/metodo-kaizen/>. Acesso em: 28 nov. 2019

FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. **Teoria de Filas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.

GAVIRA, Muriel Oliveira. **Simulação Computacional como uma Ferramenta de Aquisição de Conhecimento**. 150 f. Dissertação de Mestrado - Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GERHARDT, Tatiana Engel.; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. – Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5ª.ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª.ed. São Paulo: Atlas, 2012.

HAUGHEY, Duncan. **Pareto analysis step by step**. ProjectSmart. co. uk, 2010. Disponível em: <<https://www.projectsart.co.uk/pareto-analysis-step-by-step.php>>. Acesso em: 28 de Nov. 2019.

HILLIER, Frederick s.; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional**. 8ª edição. Porto Alegre: AMGH, 2010. MARINS, F. A S. **Introdução à Pesquisa Operacional**. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, 2010.

JUNIOR, Isnard Marshall, et al. **Gestão da Qualidade**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2010.

KOCHE, José Carlos. **Fundamentos de Metodologia Científica: Teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. 26. Ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

LAKHAL, L.; PASIN, F.; LIMAM, M. **Quality Management practices and their impact on performance**. International Journal of Quality & Reliability Management, v.23, n.6, p.625-646, 2006.

LIMA, Vitor Costa de. Aplicação da teoria das filas em serviços bancários. **Revista Produção Online**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 210-241, mar. 2016. ISSN 16761901. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/2086>. Acesso em: 11 ago. 2019,

MAXIMIANO, A. C. A. **Introdução a administração**. São Paulo: Atlas, 2011.

MIRANDA, Juliano Coelho. **O Software ARENA**. 67 f. Monografia. Centro Universitário do Sul de Minas – UNIS-MG, Varginha – MG, 2006.

MOREIRA, D. A. **Pesquisa Operacional: Curso Introdutório**. 2<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

PAULO, S. **Simulação em ciclo fechado de malhas ferroviárias e suas aplicações no Brasil: Avaliação de alternativas para o direcionamento de composições**. 2008. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo.

PERDONÁ, Igor Idalgo. Sistema de manufatura: otimização de processos em uma unidade fabril de cimento através da teoria das filas. **Exacta**, São Paulo, v.15, n.4, p.13-25, 2017. Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81054651002>. Acesso em: 24 julho. 2019.

PORTUGAL, L. da S. **Simulação de Tráfego: conceitos e técnicas de modelagem**. Rio de Janeiro: Interciência, 2005.

RICHARDSON, Roberto Jarry. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Atlas, 2019.

PRADO, D. S. **Teoria das Filas e da Simulação**. Série Pesquisa Operacional. Nova Lima (MG): INDG, 2009.

RODRIGUES, M. V. **Ações para a Qualidade**. 4<sup>a</sup>.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

SABBADINI, F.; GONÇALVES, A. A.; OLIVEIRA, M. J. F. **Gestão da Capacidade de Atendimento e Simulação Computacional para a Melhoria na Alocação de Recursos e no Nível de Serviço em Hospitais**. Publicado em: III SEGET - Simposio de Excelência em Gestão e Tecnologia. 2006

SANTOS, L. C. B.; ALMEIDA, C.; FARIAS, J. L.; FRANCISCO, C. S. G.; DOS SANTOS, B. M. C. Risco da Fauna na Aviação Brasileira: Aplicação da Análise de Correspondência para análise da relação entre Fase de Voo e Tipo de Reporte. **Revista Conexão SIPAER**. v. 8, n. 3, p. 58-65, 2017.

SILVA, João Mário Rufino. **Aplicação da Teoria das Filas para Avaliação do Desempenho e Melhoramento no Serviço de Entrega em uma Microempresa de Distribuição de Água e Gás**. 65 f. Monografia, Universidade Federal de Campina Grande, Sumé- PB, 2018.

SILVA, L. C. **Simulação de Processos**: Universidade Estadual do Espírito Santo. 2005. Disponível em: <http://www.agais.com/simula.htm>. Acesso em: 22/08/2019.

SUGITO. Queue theory for triangular and weibull arrival distribution models (case study of Banyumanik toll). **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1025, 2018.

TAHA, H. A. **Pesquisa Operacional**. 8<sup>a</sup>.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

WIESNER, Arlete, Kelm. **Modelagem e Simulação de uma Solução de Integração para Identificação de Gargalos de Desempenho Baseadas em Formalismo Matemático.** 144 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2016.

## APÊNDICE

<b>Entrada na fila</b>	<b>Saída da fila</b>	<b>Intervalo entre pedidos (minutos)</b>	<b>Tempo de atendimento (minutos)</b>
19:08:53	19:45:54	1,67	37,02
19:10:33	19:41:02	2,62	30,48
19:13:10	19:33:43	3,18	20,55
19:16:21	19:58:33	3,83	42,20
19:20:11	19:51:43	4,60	31,53
19:24:47	20:17:03	0,60	52,27
19:25:23	20:01:52	5,38	36,48
19:30:46	20:31:40	10,17	60,90
19:40:56	20:35:22	0,95	54,43
19:41:53	20:08:02	4,75	26,15
19:46:38	20:35:20	1,78	48,70
19:48:25	20:53:25	24,10	65,00
20:12:31	20:46:50	6,33	34,32
20:18:51	20:45:15	0,18	26,40
20:19:02	20:59:45	8,00	40,72
20:27:02	21:14:02	4,37	47,00
20:31:24	21:14:02	2,02	42,63
20:33:25	21:13:50	0,82	40,42
20:34:14	21:13:45	2,18	39,52
20:36:25	21:38:38	5,02	62,22
20:41:26	21:28:15	12,23	46,82
20:53:40	21:55:03	4,58	61,38
20:58:15	21:55:01	9,42	56,77
21:07:40	22:17:40	2,83	70,00
21:10:30	22:17:36	5,25	67,10
21:15:45	22:18:05	8,92	62,33
21:24:40	22:24:15	7,92	59,58
21:32:35	22:55:15	11,92	82,67
21:44:30	22:23:53	9,83	39,38
21:54:20	22:38:01	0,95	43,68
21:55:17	22:55:30	0,00	60,22
19:02:40	19:37:02	7,63	34,37
19:10:18	20:04:10	0,45	53,87
19:10:45	20:11:13	1,90	60,47
19:12:39	20:33:44	1,73	81,08
19:14:23	20:21:02	3,75	66,65

19:18:08	20:36:10	1,62	78,03
19:19:45	20:53:14	0,57	93,48
19:20:19	20:53:45	2,07	93,43
19:22:23	20:55:59	4,17	93,60
19:26:33	21:59:55	2,37	153,37
19:28:55	21:13:59	2,95	105,07
19:31:52	21:13:59	0,75	102,12
19:32:37	21:07:50	7,35	95,22
19:39:58	22:19:31	3,37	159,55
19:43:20	21:34:49	8,25	111,48
19:51:35	21:43:50	1,33	112,25
19:52:55	22:19:19	0,22	146,40
19:53:08	21:07:50	15,90	74,70
20:09:02	22:00:16	0,52	111,23
20:09:33	22:19:08	1,77	129,58
20:11:19	22:19:08	15,72	127,82
20:27:02	22:43:38	5,77	136,60
20:32:48	22:22:20	1,28	109,53
20:34:05	22:00:59	0,98	86,90
20:35:04	22:02:22	16,95	87,30
20:52:01	22:09:40	7,48	77,65
20:59:30	22:22:33	7,82	83,05
21:07:19	22:14:41	8,90	67,37
21:16:13	22:46:26	20,58	90,22
21:36:48	23:12:46	3,95	95,97
21:40:45	22:36:48	0,52	56,05
21:41:16	22:36:48	5,68	55,53
21:46:57	22:43:57	4,65	57,00
21:51:36	23:12:40	4,62	81,07
21:56:13	23:12:40	0,62	76,45
21:56:50	23:03:39	0,00	66,82
20:02:38	20:36:53	17,92	34,25
20:20:33	21:04:42	2,32	44,15
20:22:52	21:33:43	1,50	70,85
20:24:22	21:15:35	3,95	51,22
20:28:19	21:33:43	5,58	65,40
20:33:54	21:33:43	19,08	59,82
20:52:59	21:25:53	5,33	32,90
20:58:19	21:45:20	21,18	47,02
21:19:30	22:05:38	6,17	46,13
21:25:40	22:35:15	12,17	69,58
22:37:50	23:37:13	0,00	59,38
18:08:20	19:23:19	0,97	74,98

18:09:18	19:49:12	5,28	99,90
18:14:35	19:49:12	21,28	94,62
18:35:52	19:49:12	19,67	73,33
18:55:32	20:04:18	22,88	68,77
19:18:25	19:56:13	16,83	37,80
19:35:15	20:40:05	1,73	64,83
19:36:59	20:53:40	2,48	76,68
19:39:28	20:40:05	6,65	60,62
19:46:07	21:01:14	19,30	75,12
20:05:25	21:15:02	1,67	69,62
20:07:05	21:01:14	0,67	54,15
20:07:45	20:53:40	7,85	45,92
20:15:36	21:37:52	5,02	82,27
20:20:37	21:37:52	10,43	77,25
20:31:03	21:15:02	0,92	43,98
20:31:58	21:15:02	3,15	43,07
20:35:07	22:15:02	0,83	99,92
20:35:57	21:37:52	3,42	61,92
20:39:22	22:06:56	4,90	87,57
20:44:16	21:24:10	4,32	39,90
20:48:35	21:46:07	7,12	57,53
20:55:42	21:50:38	1,85	54,93
20:57:33	22:06:56	27,93	69,38
21:25:29	22:30:52	6,40	65,38
21:31:53	22:19:55	5,32	48,03
21:37:12	22:55:49	3,83	78,62
21:41:02	22:30:52	13,10	49,83
21:54:08	22:46:49	4,22	52,68
21:58:21	23:17:37	0,57	79,27
21:58:55	23:10:21	8,13	71,43
22:07:03	22:46:16	13,07	39,22
22:20:07	23:17:37	0,00	57,50
18:49:04	19:47:41	7,73	58,62
18:56:48	20:25:35	4,82	88,78
19:01:37	20:21:31	0,42	79,90
19:02:02	19:46:33	19,62	44,52
19:21:39	20:56:45	4,37	95,10
19:26:01	20:56:45	16,88	90,73
19:42:54	20:56:45	4,40	73,85
19:47:18	21:12:30	3,75	85,20
19:51:03	21:12:30	1,15	81,45
19:52:12	20:48:39	3,18	56,45
19:55:23	20:56:45	1,52	61,37

19:56:54	20:56:45	2,72	59,85
19:59:37	21:42:23	2,12	102,77
20:01:44	21:28:20	1,13	86,60
20:02:52	21:28:20	6,65	85,47
20:09:31	21:28:20	6,60	78,82
20:16:07	21:28:20	8,08	72,22
20:24:12	21:12:30	23,78	48,30
20:47:59	22:01:08	0,97	73,15
20:48:57	22:40:29	2,92	111,53
20:51:52	22:01:08	5,03	69,27
20:56:54	22:02:36	23,42	65,70
21:20:19	22:02:36	3,98	42,28
21:24:18	22:40:29	9,88	76,18
21:34:11	22:40:29	10,67	66,30
21:44:51	22:40:29	11,60	55,63
21:56:27	23:07:55	1,72	71,47
21:58:10	23:07:55	4,05	69,75
22:02:13	23:07:55	36,75	65,70
22:38:58	23:29:27	0,40	50,48
22:39:22	23:20:17	0,00	40,92
18:08:23	18:46:50	17,87	38,45
18:26:15	19:16:35	18,10	50,33
18:44:21	19:26:56	25,35	42,58
19:09:42	19:42:07	11,55	32,42
19:21:15	19:55:10	14,65	33,92
19:35:54	20:19:41	2,47	43,78
19:38:22	20:46:26	3,15	68,07
19:41:31	21:43:36	1,12	122,08
19:42:38	20:37:35	1,97	54,95
19:44:36	21:10:44	0,33	86,13
19:44:56	20:54:07	2,45	69,18
19:47:23	21:43:36	0,37	116,22
19:47:45	21:43:36	1,95	115,85
19:49:42	20:53:38	0,85	63,93
19:50:33	21:33:34	3,92	103,02
19:54:28	20:37:35	6,78	43,12
20:01:15	21:10:44	9,98	69,48
20:11:14	21:33:34	2,82	82,33
20:14:03	21:43:36	42,17	89,55
20:56:13	21:56:51	0,92	60,63
20:57:08	21:56:51	0,60	59,72
20:57:44	21:56:51	6,38	59,12
21:04:07	22:26:21	11,58	82,23

21:15:42	22:26:21	1,70	70,65
21:17:24	22:10:42	22,30	53,30
21:39:42	22:51:18	0,50	71,60
21:40:12	22:51:18	18,57	71,10
21:58:46	22:42:50	0,80	44,07
21:59:34	22:51:18	4,05	51,73
22:03:37	22:51:18	4,18	47,68
22:07:48	22:55:53	2,10	48,08
22:09:54	23:07:53	15,33	57,98
22:25:14	23:06:03	22,33	40,82
22:47:34	23:37:41	13,60	50,12
23:01:10	23:37:41	0,00	36,52