

FACULDADE DE ENGENHARIA DE MINAS GERAIS
Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

DAVI SANTOS GUTIERREZ
MARCELO FELIPE DA SILVA DUTRA
WILLER DE CARVALHO OLIVEIRA

**Aplicação da pesquisa operacional para otimização das filas em
caixas rápidos de supermercados: um estudo de caso em Belo
Horizonte - MG**

BELO HORIZONTE / MG
DEZEMBRO - 2021

DAVI SANTOS GUTIERREZ
MARCELO FELIPE DA SILVA DUTRA
WILLER DE CARVALHO OLIVEIRA

**Aplicação da pesquisa operacional para otimização das filas em
caixas rápidos de supermercados: um estudo de caso em Belo
Horizonte - MG**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Minas Gerais (FEAMIG) como requisito parcial para obtenção de título de bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Pesquisa Operacional.

Orientador: Prof.^a Ms. Tálita Rodrigues de Oliveira Martins.

Orientador de metodologia: Prof.^o Ms. Gabriela Fonseca e Ms. Raquel Ferreira.

BELO HORIZONTE – MG
DEZEMBRO - 2021



FEAMIG

Instituto Educacional "Cândida de Souza"

FOLHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **APLICAÇÃO DA PESQUISA OPERACIONAL PARA OTIMIZAÇÃO DAS FILAS EM CAIXAS RÁPIDOS DE SUPERMERCADOS**, de autoria dos alunos DAVI SANTOS GUTIERREZ, MARCELO FELIPE DA SILVA DUTRA e WILLER DE CARVALHO OLIVEIRA, isento de banca examinadora, em função de publicação de artigo científico nos ***Cadernos de Comunicações Universitárias***, do 5º SEAG – Simpósio de Engenharia, Arquitetura e Gestão, ISSN 2675-1879.

Belo Horizonte, 09 de novembro de 2021.

Profa. Ms. Raquel Ferreira de Souza

Coordenadora do Programa de Pesquisa, Produção e Divulgação Científica

PPDC/FEAMIG

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos para: Deus, Orientadores, Professores, Pais e Faculdade.

Primeiramente agradecemos a Deus por nossas vidas.

Agradecemos a orientadora Tálita Rodrigues por aceitar conduzir o trabalho de pesquisa e as professoras Gabriela Fonseca e Raquel Ferreira por dar todo suporte durante a disciplina.

Aos nossos pais que sempre estiveram nos apoiando ao longo de toda trajetória.

Também agradecemos à FEAMIG e a todos os professores do curso pela elevada qualidade do ensino oferecido.

RESUMO

O presente estudo de caso foi realizado em um grande supermercado localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), cujo objetivo foi analisar a eficácia do atendimento nos caixas rápidos e apresentar soluções para redução dos tempos de espera nas filas com a utilização de ferramentas de pesquisa operacional, como POMQM, Excel® e a Teoria de Filas. Para tal, foi utilizado medidas quantitativas na coleta dos dados e foram feitas as análises através do POM-QM e Excel®, em que se obteve resultados para uma proposta de melhoria nas filas, baseada na ociosidade dos caixas. Desta forma, foi possível reduzir os tempos de atendimento e a espera dos clientes no sistema, aprimorando-o como uma fila única com 3 caixas predispostas.

Palavras-chave: Teoria das filas. Tempos de espera. Ociosidade. Atendimento. Caixas rápidos.

ABSTRACT

This case study was conducted in a large supermarket located in the Metropolitan Region of Belo Horizonte (RMBH), whose objective was to analyze the effectiveness of the service at the ATMs and present solutions for reducing queue waiting times using operational research tools such as POMQM, Excel® and Queue Theory. To this end, quantitative measures were used in data collection and analyses were made through POM-QM and Excel®, where it was possible to obtain results for an improvement proposal in the queues, which was based on the idleness of the tellers. It was possible to reduce the attendance times and customers in the system, making the system as a single queue with 3 pre-disposed tellers.

Keywords: Queuing theory. Waiting times. Idleness. Attendance. Fast cashiers.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Classificação dos sistemas	18
Figura 2 - Estrutura das Filas	19
Figura 3 - Distribuição de probabilidade para chegada de clientes	23
Figura 4 - Distribuição de probabilidade	24
Figura 5 - Fluxograma de Processos	27
Figura 6 - Fluxograma do processo de atendimento	35
Figura 7- Dados utilizados para cálculos no programa POM-QM (10/09/2021)	39
Figura 8 - Demonstrativo de Cálculos CAIXA 1 (10/09/2021)	39
Figura 9 - Resolução de dados no Programa POM-QM CAIXA 1 (10/09/2021).....	40
Figura 10 - Gráfico de probabilidades de clientes na fila do caixa rápido 1	41
Figura 11 - Resolução de dados no Programa POM-QM CAIXA 2 (10/09/2021).....	42
Figura 12 - Demonstrativo de Cálculos CAIXA 2 (10/09/2021)	42
Figura 13 - Gráfico de probabilidades de clientes na fila do caixa rápido 2	43
Figura 14 - Resolução de dados no Programa POM-QM CAIXA 3 (10/09/2021).....	44
Figura 15 Demonstrativo de Cálculos CAIXA 3 (10/09/2021)	44
Figura 16: Gráfico de probabilidades de clientes na fila do caixa rápido 3.....	45
Figura 17: Layout atual do supermercado	46
Figura 18: Layout da proposta de melhoria	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fórmulas do processo de chegada	22
Tabela 2 - Apresentação de dados coletados 10/09/2021	37
Tabela 3 - Apresentação de dados coletados 11/09/2021	38
Tabela 4 - Parâmetros analisados e seus valores CAIXA 1	41
Tabela 5 - Parâmetros analisados e seus valores CAIXA 2	43
Tabela 6 - Parâmetros analisados e seus valores CAIXA 3	45

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FEAMIG	Faculdade de Engenharia de Minas Gerais
PO	Pesquisa Operacional
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
FIFO	First in first out
PO	Pesquisa Operacional
POM-QM	Production and Operations Management, Quantitative. Methods
TA	Tempo Médio de Atendimento ou serviço
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
TF	Tempo Médio de Permanência na Fila
TS	Tempo Médio de Permanência no Sistema
WF	Tempo de espera na fila
WQ	Tempo de espera no sistema
Λ	Ritmo Médio de Chegada
μ	Ritmo Médio de Atendimento de Cada Atendente
λ	Taxa de Chegada ao Sistema
ρ	Taxa de utilização do sistema

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contexto da pesquisa	12
1.2 Problemas da pesquisa	13
1.3 Objetivos	13
1.3.1 Objetivo geral	13
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Justificativa	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 Pesquisa Operacional.....	15
2.2 Teoria das Filas	16
2.2.1 Características e Tipos das Filas	16
2.2.1.1 Processo de Chegada e de Atendimento	20
2.3 Distribuição de Poisson	23
2.4 Ferramentas utilizadas.....	24
2.4.1 POM-QM.....	25
2.4.2 Excel.....	26
2.4.3 Mapeamento de Processos	27
3 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	29
3.1 Tipos de pesquisa.....	29
3.2 Natureza da pesquisa	29
3.3 Tipos de pesquisas quanto aos fins.....	29
3.4 Pesquisa quanto aos meios	30
3.5 Universo e Amostra	31
3.6 Organização em Estudo	32
3.7 Formas de Coleta e Análise dos dados	32
3.8 Limitações da pesquisa.....	34

4 ANÁLISE DE RESULTADOS	35
4.1 Mapeamento do Processo de atendimento	35
4.2 Medições dos tempos de atendimento, espera na fila, ociosidade dos atendentes e chegadas de clientes	36
4.3 Proposta de melhoria no sistema de filas dos caixas rápidos.....	46
5 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS.....	49
APÊNDICES	51
APENDICE A - Aplicação da pesquisa operacional para otimização das filas em caixas rápidos de supermercados.....	51

1 INTRODUÇÃO

As filas podem estar presentes em qualquer estabelecimento que presta algum tipo de atendimento, tais como supermercados, bancos, postos de combustíveis, aeroportos e vários outros e são ocasionadas pelo fato da demanda ser maior do que o serviço em si prestado. Porém em alguns casos, geram desconforto para os clientes, visto que as pessoas, quando estão ali aguardando, perdem muito tempo devido a longa espera.

Um dos motivos que o e-commerce cresce exponencialmente é este, nele não existe o problema das filas, tornando muito atraente pela praticidade e conforto. Mas ainda há comércios que a experiência de ir ao local é comum, como os supermercados, mas como já citado as filas podem levar os clientes a deixarem de ir a tal estabelecimento pelo fato de terem que esperar nas filas, então conseguir otimizar os atendimentos pode-se tornar um diferencial para um supermercado.

Com isso, a ferramenta teoria das filas é aplicada em ocasiões onde ocorrem gargalos e atrasos nos atendimentos, a fim de determinar a situação das filas, assim podendo iniciar um trabalho de otimização das mesmas, buscando reduzir o desconforto e gerar uma maior dinamicidade para o estabelecimento. Portanto, esse trabalho terá como base as esperas nas filas dos caixas rápido do supermercado Y, sendo um nome fictício, para garantir a privacidade do estabelecimento que é localizado em Belo Horizonte/MG, com o objetivo de reduzir este tempo de espera.

1.1 Contexto da pesquisa

Atualmente, os processos de atendimentos nos supermercados são divididos em 3 (três) tipos diferentes de caixas, sendo eles os preferenciais (para idosos, gestante e portadores de deficiências), os padrões (atende qualquer cliente) e os rápidos (que atendem somente clientes com no máximo 10 produtos).

O atendimento no supermercado Y varia de acordo com os dias da semana, sendo estes de segunda à sábado de 8h às 21h e no domingo de 8h às 14h, com

recorrência de filas para as compras, principalmente na sexta-feira, devido ao volume de clientes em determinados períodos.

Nos caixas, os usuários são atendidos por funcionários da rede que possuem equipamentos como, computadores, máquinas de pagamento via cartão de crédito/débito, caixa de dinheiro, leitor de código de barra dos produtos e uma balança.

O usuário espera ser atendido no menor tempo possível, que não acontece muito pelo alto número de pessoas aguardando na fila e baixa eficácia dos atendimentos, acarretando em estresse entre os colaboradores do supermercado e os clientes que ali estão, tornando o ambiente hostil e pouco agradável de estar. Portanto, deve-se considerar essas filas e seus tempos de atendimento para o estudo deste trabalho. É imprescindível avaliar as características predominantes nas filas, os problemas que ocorrem e o desempenho dos atendimentos, a fim de se obter os melhores resultados na otimização dos atendimentos.

1.2 Problemas da pesquisa

Como reduzir os tempos ocasionados pelo alto índice de pessoas nas filas dos caixas rápidos do supermercado Y, com o apoio da Teoria das Filas?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Analisar a aplicação da teoria das filas no atendimento dos caixas rápidos de um supermercado da RMBH, a fim de minimizar o tempo de espera de seus usuários na compra de produtos e diminuir o desconforto de seus clientes.

1.3.2 Objetivos específicos

- Mapear todo o processo de atendimento aos clientes no supermercado Y, localizado em Belo Horizonte/MG;
- Medir o tempo de espera, ociosidade dos atendentes, cronometrar o tempo de chegada do cliente até a finalização de seu atendimento nas filas de todos os caixas do supermercado Y;
- Propor melhorias para reduzir o tempo de espera nos caixas rápidos do supermercado Y localizado em Belo Horizonte/MG.

1.4 Justificativa

O tempo é escasso e a partir disso as filas são um grande tomador deste recurso. O estudo pretende reduzir um caso de filas num supermercado, onde geram grande desconforto aos envolvidos e dificuldades ao estabelecimento. Então oferecer um bom produto a preço justo não é suficiente, com isso atendimento é tão importante quanto podendo se tornar um diferencial no ramo, que hoje não se preocupa muito com este serviço.

Alguns pontos importantes do presente estudo, para o estabelecimento um clima menos hostil e caixas mais eficazes, já para os clientes, maior satisfação com o estabelecimento, praticidade e economia de seu tempo. Para a sociedade gerar conhecimento e trazer informações sobre supermercados, pesquisa operacional e teoria das filas agregando para a comunidade de engenharias com o foco na produção onde a pesquisa operacional tem grande importância.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Pesquisa Operacional

Conforme Loesch e Hein (2009, p. 1), a PO é a ciência que estrutura, desenvolve e aplica modelos matemáticos, com objetivo de apresentar alternativas de ação, fazendo uma previsão ou comparação de custos e eficiência. Frequentemente utilizada para aperfeiçoar o desenvolvimento ou o processo de atividades cotidianas destes.

A necessidade de alocar precisamente os suprimentos para as operações militares na segunda guerra fez com que se reunissem cientistas americanos e britânicos a fim de estudar a melhor maneira, este estudo teve o nome de Pesquisa operacional, segundo Hillier (2013, p.1). Já em atividades empresariais a PO teve início na primeira revolução industrial na gerência de sistemas e organizações de grande porte, relatou Marins (2009, p. 11).

Na PO temos uma divisão do problema de duas formas, onde é maximizar algo, ou seja, aumentar a eficiência ou lucro ou minimizar, sendo a diminuição de custos, perdas ou outros. Para chegar nestes objetivos foram definidas algumas etapas para a melhor resolução de problemas.

Pode-se, de uma forma simplificada, subdividir a resolução de um problema pela PO em cinco etapas (a) Formulação do Problema (Identificação do Sistema), (b) Construção do Modelo Matemático, (c) Obtenção da Solução, (d) Teste do Modelo e da Solução Obtida e (e) Implementação. (MARINS, 2009, p. 16).

Na PO se tem diversas técnicas para alcançar os objetivos e para encontrar a melhor alternativa na resolução dos problemas, com isso, existe uma divisão dentro da PO chamado teoria de filas, onde se propõe o estudo das mesmas.

2.2 Teoria das Filas

A Teoria das Filas é uma das principais áreas da Pesquisa Operacional, ela possui objetivos claros e bem específicos quando se trata da identificação de problemas originados nas filas de atendimentos ou locais onde é existente a chegada de usuários em determinado local. De acordo com Chiaventato (2002, p. 448), a Teoria das Filas é a teoria que cuida dos pontos de estrangulamento e dos tempos de espera, que pode ser encontrada em diversos serviços onde é possível identificar o gargalo, seja ele em uma indústria ou até mesmo em uma simples fila de supermercado.

Conforme descrito por MARINS (2011 p. 183), “A Teoria das Filas tem como objetivo principal o desenvolvimento de modelos matemáticos que permitam prever o comportamento de sistemas de prestação de serviços. “. As filas é algo inconsistente, ela varia de acordo com o pedido, assim como existem filas nas quais não há alterações em seus processos, tornando-as viáveis para implementação de uma padronização no atendimento.

No início do século XX, Agner Krarup Erlang protagonizou o desenvolvimento de algumas fórmulas matemáticas para serem utilizadas na solução de problemas originados nas linhas telefônicas de uma grande companhia de Copenhage. Contudo, devido a Segunda Guerra Mundial, os estudos sobre as filas foram iniciados apenas esse período de guerra. De acordo com GEIER (et al., 2010), a Teoria das Filas tenta prever o comportamento das filas de modo a encontrar o ponto de equilíbrio do sistema, a teoria é aplicada de modo que o desenvolvimento resulte em modelos probabilísticos para uma melhor concepção dos principais elementos do sistema.

2.2.1 Características e Tipos das Filas

As filas fazem parte do cotidiano, são encontradas em supermercados, postos de combustíveis, lojas, sistemas de atendimento, dentre vários outros lugares. Cada fila possui uma característica específica, que são definidas pelo tamanho, formato, motivo e localização.

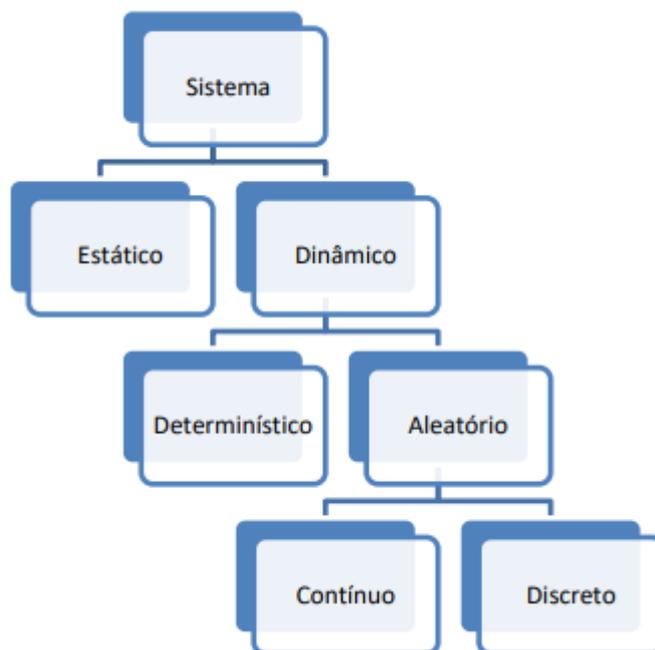
As filas são divididas em 4 partes importantes para sua funcionalidade, sendo elas: (1) o processo de chegada dos clientes na fila, (2) o modelo de atendimento dos servidores, (3) a capacidade do sistema, (4) a disciplina de filas.

1. O processo de chegada dos clientes na fila: é uma etapa que ocorre de forma randômica e define um modelo de chegada dos clientes em determinado local.
2. O modelo de atendimento dos servidores: é a etapa que é especificada pelo modelo de atendimento utilizado pelos servidores, isto é, o tempo necessário para que o atendente consiga finalizar de forma eficiente o atendimento do cliente.
3. A capacidade do sistema: a capacidade do sistema é definida pelo número de clientes na qual o sistema consegue atender, ligada diretamente a capacidade de seus colaboradores e equipamentos.
4. A disciplina de filas: é a forma que os clientes/usuários foram inseridos no sistema de atendimento, utilizando metodologias como *First In First Out* (FIFO), traduzida para o português, o primeiro a chegar ou entrar no sistema, deverá ser o primeiro a ser atendido.

De acordo com Arenales (2007 p. 434), “Por exemplo, do ponto de vista dos usuários, certas medidas de desempenho de interesse são: o tempo médio de serviço, o tempo médio de espera em fila até receber serviço, a probabilidade de o tempo de espera ser maior que um certo valor (digamos, 15 minutos), o número médio de usuários na fila, a probabilidade de o tamanho da fila ser maior que um certo valor (digamos, três usuários)”. Outro ponto de vista importante é do gerente e dos operadores do sistema.

Segundo Freitas Filho (2008) os sistemas podem ser classificados como estáticos ou dinâmicos, contínuos ou discretos e determinísticos ou estocásticos, conforme a Figura 1 e 2:

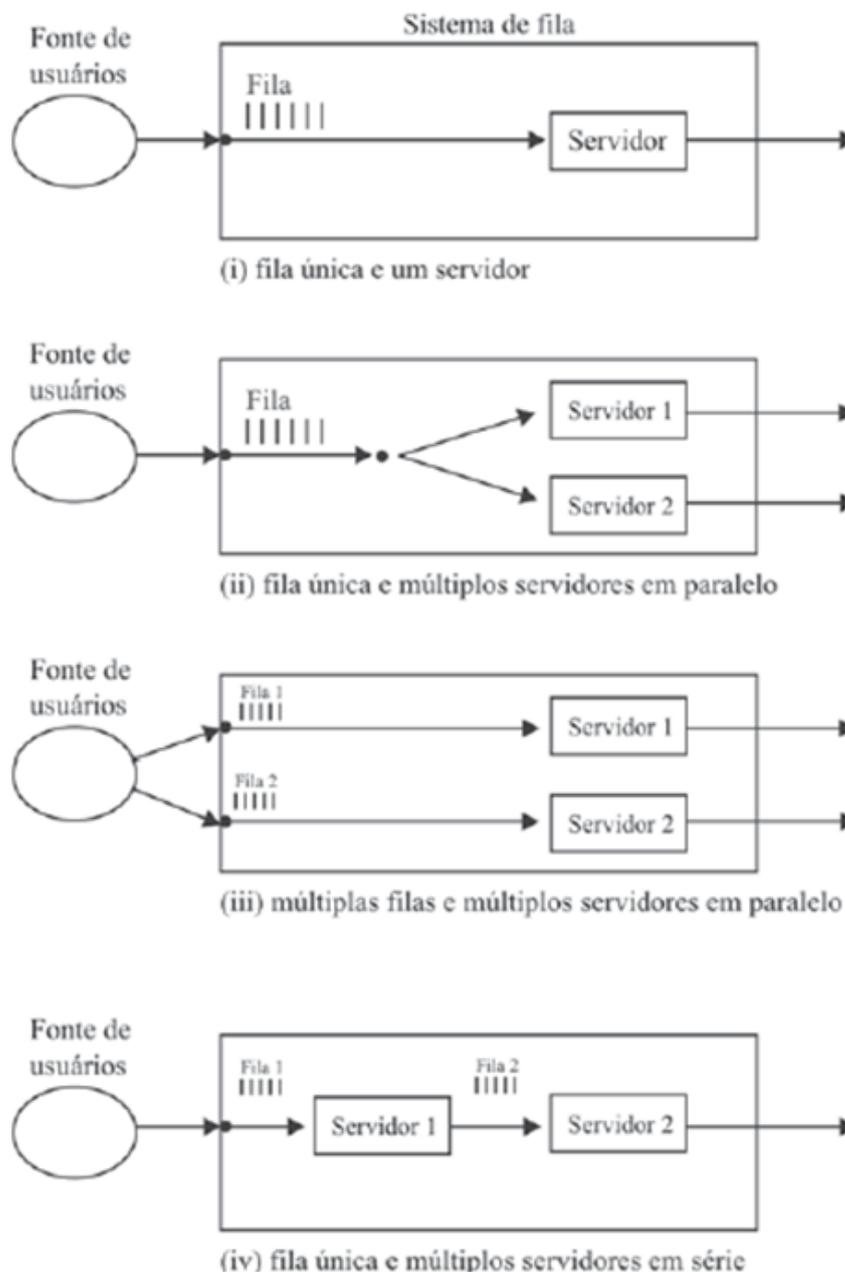
Figura 1 - Classificação dos sistemas



Fonte: Baseado em Freitas Filho (2008)

Segundo Chao (2001), o modelo que descreve o comportamento do sistema em um ponto é classificado como estático. O modelo que sofre alterações ao longo do tempo é dito dinâmico. Por exemplo, um modelo que mede o lucro ao longo do ano é dinâmico, por sua vez se, medir somente o lucro no final do ano é estático.

Figura 2 - Estrutura das Filas



Fonte: ARENALES, (2007)

Conforme mostrado na figura 2, as filas são definidas como:

1. Fila única e com um único servidor (atendente): é composto por uma fila única onde todos os usuários são atendidos pelo mesmo servidor de acordo com a ordem de chegada (salvos os casos de prioridade).

2. Fila única e múltiplos servidores em paralelo: é composta por uma fila única e com mais de um servidor de atendimento, isto é, a fila é dividida de forma única e cada usuário será atendido pelo servidor que estiver disponível, seguindo a ordem de chegada (salvos os casos de prioridade).
3. Múltiplas filas e múltiplos servidores em paralelo: existem diversas filas e cada uma delas será atendida pelo seu atendente específico, isto é, um atendente para cada fila de usuários, onde cada um será atendido pelo servidor, seguindo a ordem de chegada para a fila escolhida (salvos os casos de prioridade).
4. Fila única e múltiplos servidores em série: uma única fila, mas os servidores em série indicam que o usuário necessitará passar por mais de um atendente para ter seu atendimento efetuado por completo, ou seja, cada etapa do atendimento requer um servidor específico.

O objetivo de se obter um estudo de comportamento das filas e suas estruturas, é proporcionar uma redução de custo e buscar uma melhoria contínua no processo de atendimento para os clientes. Por isso, é essencial o estudo de todos os itens compostos nas características e classificações das filas, desde a chegada do cliente até seu feedback de atendimento.

2.2.1.1 Processo de Chegada e de Atendimento

Segundo Andrade (2002), a chegada de clientes a um sistema ocorre na maioria das vezes de forma ordenada e para a empresa deverá ser vantajoso, de modo aleatório, pois o número de clientes que chegam ao estabelecimento varia de acordo com o tempo. Desse modo, é necessário definir se o processo de chegada no local é probabilístico, pois se trata de uma chegada aleatória de clientes, onde a demanda no atendimento pode variar e gerar filas.

O processo de atendimento é definido como o tempo total que o usuário precisa para ser atendido em determinado local. Esse atendimento pode ser efetuado tanto por um atendimento por pessoas (atendentes), ou máquinas virtuais que auxiliam os clientes.

O processo de serviço é definido pelo tempo no qual o usuário é atendido pela empresa. Segundo Arenales (2007), um método para se otimizar tais processos e reduzir os custos, é através de levantamentos matemáticos para os estudos de filas, de modo a reduzir o processo de atendimento e reduzir seus custos. Um item importante a ser avaliado é o tempo médio de chegada dos clientes na fila, assim como o tempo médio gasto para que o mesmo seja atendido, que é definido pela disciplina das filas.

É imprescindível a escolha adequada do modelo matemático que será utilizado no sistema. Existem diversos modelos, dentre eles encontramos o M/M/1 e M/M/S. O modelo matemático M/M/1 é caracterizado por conter apenas 1 servidor, com filas e usuários infinitos. As chegadas nesse processo de fila são definidas de acordo com a distribuição de Poisson, de maneira exponencial.

Neste trabalho, será utilizado como base o modelo M/M/S. Este modelo segue a mesma metodologia citada acima, porém com um diferencial, nele contém mais de um servidor de atendimento e cada servidor não pode sofrer de ociosidade durante o processo de filas.

Nas filas, é de suma importância a definição de efetividade do sistema, para que seja possível obter conclusões para possíveis melhorias. Essa efetividade pode ser medida através de alguns itens, sendo eles:

- a) Tempo médio gasto na fila em espera por cada usuário;
- b) Tempo médio do usuário, gasto no sistema como um todo;
- c) Probabilidade de que todos os canais estejam ocupados;
- d) Número médio de usuários na fila;
- e) Probabilidade de haver 0 cliente no sistema;
- f) As probabilidades de a quantidade de usuários no sistema ser n ;
- g) Número médio de usuários no sistema em determinada unidade de tempo.

As fórmulas para este tipo de modelo são complexas e serão apresentadas na tabela 1:

Tabela 1 - Fórmulas do processo de chegada

Descrição	Fórmulas
Probabilidade de que todos os canais estejam ocupados;	$P(n > 0) = \rho = \frac{\lambda}{\mu}$
Tempo médio gasto na fila em espera por cada usuário	$TF = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$
Tempo médio do usuário, gasto no sistema como um todo;	$TS = \frac{1}{\mu - \lambda}$
Número médio de usuários na fila;	$NF = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
Número médio de usuários no sistema em determinada unidade de tempo;	$NS = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$
As probabilidades de a quantidade de usuários no sistema ser n.	$P(n) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \cdot \left(\frac{\mu - \lambda}{\mu}\right)$
Probabilidade de haver 0 cliente no sistema	$P(n = 0) = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^0 \cdot \left(\frac{\mu - \lambda}{\mu}\right) = \left(\frac{\mu - \lambda}{\mu}\right)$

Fonte: ANDRADE (2015), adaptada pelos Autores

Desta forma, ao utilizar as fórmulas do quadro 1, o principal objetivo é definir de forma quantificada as informações pertinentes para o bom desempenho do processo de filas.

2.3 Distribuição de Poisson

A distribuição de Poisson é usada frequentemente na resolução de problemas. Segundo MORAIS et al (2011), a distribuição de Poisson recebeu esse nome devido ao matemático francês Simeon Denis Poisson, pois ela representa uma distribuição de probabilidades com uma variável aleatória discreta (é a variável que possui um valor contável) e possui um grande número de aplicações.

Gianesi e Corrêa (1994) mencionam que os estudos nos quais já foram realizados, foi possível observar que para os clientes, a sensação de espera é mais importante na formulação de sua percepção do que o tempo real gasto por ele, para esperar o serviço. Existem diversos processos de chegadas e distribuição do tempo de serviço, existem componentes em comum, também têm a distribuição de probabilidade que podem ser exponenciais ou de Poisson.

É possível ver na Figura 3, as respectivas especificações de cada um desses tipos de distribuição de probabilidade para a chegada dos clientes e o tempo que o mesmo demoraria para ser atendido.

Figura 3 - Distribuição de probabilidade para chegada de clientes

Grandezas	Distribuição de chegada	Médias
Número de chegadas na unidade de tempo (taxa de chegada)	Poisson	λ
Tempo decorrido entre duas chegadas consecutivas	Exponencial	$1/\lambda$

Fonte: MOREIRA (2007)

Na Figura 3, as taxas de chegadas na unidade de tempo são representadas por lambda (λ). Existem duas formas de mencionar a chegada dos clientes no atendimento: número de clientes que chegam em determinado intervalo de tempo e

o tempo decorrido do cliente entre duas chegadas consecutivas. Já na Figura 4, a representação é feita com outra simbologia para a taxa do tempo de serviço, mas também é utilizada na distribuição de atendimento, os modelos de Poisson e Exponencial.

Figura 4 - Distribuição de probabilidade

Grandezas	Distribuição de atendimento	Médias
Número de atendimentos na unidade de tempo (taxa de atendimento)	Poisson	μ
Tempo decorrido entre dois atendimentos consecutivos	Exponencial	$1/\mu$

Fonte: MOREIRA (2007)

A Figura 4 mostra a diferenciação da taxa de chegadas de clientes, o símbolo que a representa é o μ . Existem duas maneiras de se classificar as filas, podendo ser filas únicas ou múltiplas. As únicas podemos pegar como exemplo um caixa de banco, agora as múltiplas podemos ter como exemplo os supermercados.

2.4 Ferramentas utilizadas

As filas são momentos de espera que todos já passamos em alguma determinada ocasião, normalmente todos se vêm em filas de espera justamente em ocasiões que se tem uma grande urgência para estar em outros locais, gerando grande impaciência. Visto isso, temos uma área que estuda a formação dessas filas, possui alguns modos e/ou ferramentas capazes de calcular a formação das mesmas e podem ajudar a reduzir o tempo de aguardo. Para que toda essa otimização ocorra foram criadas modelagens sistêmicas, com foco total na aparição de gargalos e obviamente nas filas. De acordo com Marins (2011, p. 21) deve-se, inicialmente, definir de forma completa e inequívoca quais serão as variáveis de decisão (ou de controle) do modelo e na sequência a função objetivo e as restrições. Conforme

Chubachi e Gomes (2016), teoria das Filas é a modelagem analítica dos processos ou sistemas de espera com uma abordagem probabilística, enfatizando a minimização dos impactos negativos das esperas nos processos, evitando desperdícios e destacando os gargalos para então sugerir melhorias.

Várias das análises quantitativas são decorrentes de formulas da matemática aplicáveis na teoria das filas, dentre essas, temos também a simulação, uma forma distinta de se analisar situações mais complexas.

Para Prado (2014):

A simulação tem como objetivo maior imitar algumas engrenagens de um sistema real em conjunto do modelo teórico, em outras palavras, quem estiver fazendo uso desse modelo poderá ter noção de uma ampla sucessão de resultados possíveis sobre aquele determinado sistema.

Dito isso, apresento abaixo algumas das ferramentas que são utilizadas para apresentar resultados e solucionar problemas em formação de filas que crescem de forma aleatória.

2.4.1 POM-QM

Definem POM-QM (RENDER, STAIR, HANNA, 2010):

“Um sistema de apoio à decisão fácil de usar desenvolvido para ser utilizado na administração da produção ou gerenciamento de operações (POM) e em cursos de métodos ou gerenciamento quantitativo (QM).”
(RENDER, STAIR, HANNA, 2010, p.34.

O sistema POM-QM é também conhecido como QM para Windows, desenvolvido para tomada de decisão fácil em gerenciamento quantitativo, este que é utilizado para desenvolvimento gerencial, porém não se pode deixar de citar o gerenciamento qualitativo, pois tem a mesma importância.

Segundo (RENDER, STAIR, HANNA, 2010):

A abordagem de análise quantitativa consiste em definir um problema, desenvolver um modelo, obter dados de entrada, determinar uma solução, analisar os resultados e implementar os resultados.” (RENDER, STAIR, HANNA, 2010, p.27).

A definição de um problema, além de ser o primeiro passo, é definida como um dos mais importantes do processo, pois pode ser utilizado para soluções de aumento dos lucros a redução de custo de uma determinada organização. Desenvolvendo um modelo, pode ser utilizado como uma representação de uma determinada situação, sendo ele matemático, esquemático etc. Porém para realizar esse desenvolvimento, deve-se ter bastante cuidado para não gerar dúvidas para quem for utilizá-lo na prática, portanto, deve ser de uma fácil leitura, manuseio e modificação.

Para tanto, deve-se obter resultados de entrada, coletando todos os dados disponíveis, usando fontes, documentos, relatórios etc. Com isso, se pode desenvolver uma solução para todo o problema, propondo melhorias, porém se o problema for de difícil solução, é repetido várias etapas dos processos anteriores, até que chegue em uma precisão de solução viável para resolução dos problemas. Por fim, testar a solução dos problemas antes mesmo dela ser aplicada e implementada, para não ocorrer nenhum imprevisto futuramente.

2.4.2 Excel

A plataforma Excel é uma ferramenta criadora de planilhas extremamente utilizada em computadores de todo o mundo. Ela é capaz de proporcionar uma criação de tabelas altamente configuráveis, permite a adição de formulas de cálculo, possui alternativas de customização e se apresenta de forma intuitiva. Dentro do programa se encontram as ferramentas “Solver” e “Simplex”, ferramentas estas que se encaixam perfeitamente com as ideias da teoria das filas e são utilizados para resolver problemas processos através do método de simulação.

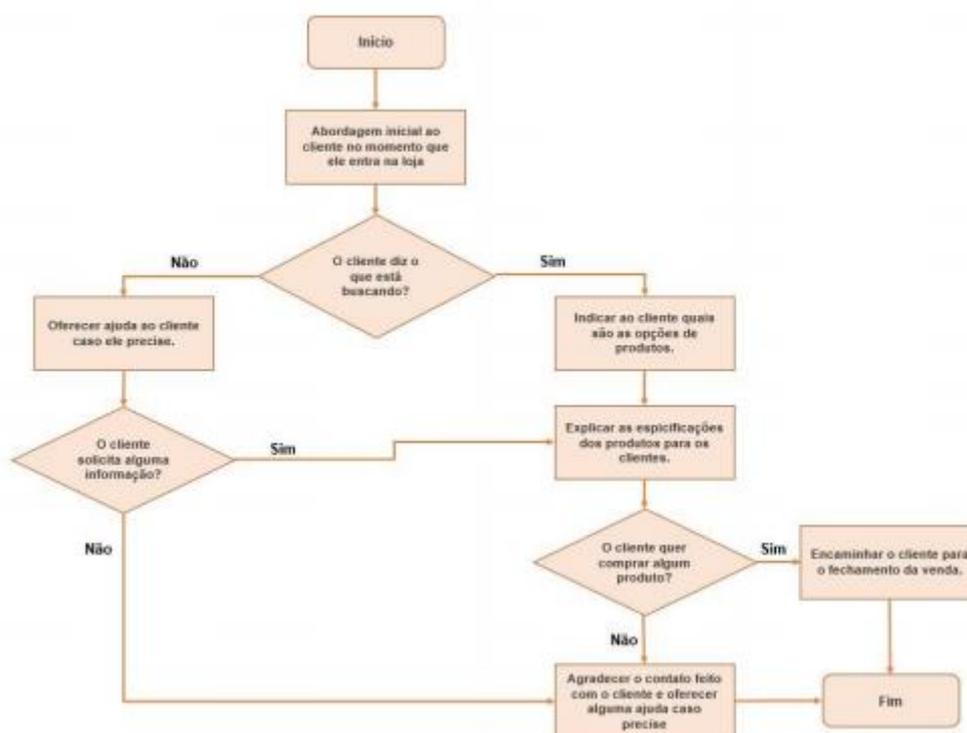
Conforme Borges (2018), a ferramenta pode ser aplicada em diversos métodos de PO, que vão desde a programação linear e otimização não linear, até algoritmos genéticos e evolutivos. De acordo com Andrade (2015, p.129), “O programa MS-Excel dispõe de funções que possibilitam a resolução de problemas de simulação pelo método de Monte Carlo.”.

A ferramenta (Excel) ajuda em diversos problemas de filas, pois é capaz de colocar em prática e passar a limpo todas e quaisquer formas de suposições ou hipóteses, isso tudo através de métodos de simulação.

2.4.3 Mapeamento de Processos

Oliveira (2007) defini que processos como um conjunto de atividades sequenciais, com objetivo de atender uma necessidade específica, ou seja, um conjunto de atividades com começo, meio e fim. A maioria dos processos pode ser aperfeiçoada, se alguém pensar em um modo de fazê-lo e implementá-lo de maneira eficaz (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

Figura 5 - Fluxograma de Processos



Fonte: ALONÇO (2018)

Conforme se observa na Figura 5, o fluxograma é uma ferramenta bastante utilizada para a identificação de gargalos, desperdícios e retrabalho, possibilitando a identificação do mapeamento do processo.

Assim o fluxograma será a ferramenta utilizada para mapear o processo de atendimento no supermercado Y, o fluxograma começa com uma questão/problema/missão/projeto, que necessite de um tratamento ou cuidado, dentro de uma equipe ou organização (SHETACH, 2011). Em outras palavras o fluxograma é usado para descrever os passos de um determinado processo, identificando o início e término do mesmo, pontos de decisão, documentações, entre outros, de acordo com Machado (2012).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 Tipos de pesquisa

Quanto aos tipos, podem ser classificadas em duas (Prodanov; Freitas, 2013):

- **Básica:** Tem como objetivo principal gerar novos conhecimentos, sendo estes úteis para o avanço da ciência, e sem aplicações práticas.
- **Pesquisa Aplicada:** Possui o objetivo de adotar seus novos conhecimentos e com eles, solucionar problemas específicos de uma organização.

Neste presente trabalho, foi utilizada quanto ao tipo de pesquisa, o modelo de pesquisa aplicada, uma vez que foram analisadas, planejadas e propostas possíveis soluções para os problemas encontrados.

3.2 Natureza da pesquisa

Segundo Gerhardt e Silveira (2009), natureza de pesquisa se divide em duas possibilidades:

- **Qualitativas:** são aquelas que não levam em consideração os valores numéricos, tem como características principais, os levantamentos para descrever, compreender e explicar fenômenos, descartando representações numéricas.
- **Quantitativo:** Leva em conta, valores, números, raciocínios e lógica, assim, atribuindo mensuração aos problemas levantados.

Neste trabalho, foram aplicadas metodologias quantitativas, de forma a mensurar as diversas características das filas estudadas.

3.3 Tipos de pesquisas quanto aos fins

Quando se trata dos tipos de pesquisas quanto aos fins, cita-se basicamente três métodos, conforme Gil (2008):

- Pesquisa exploratória: É onde são levantadas informações a respeito de determinado problema e objetivo, de forma a torná-lo familiar, com isso, tem-se um campo de atuação bem definido.
- Pesquisa Explicativa: É aquela que trata de analisar, registrar e identificar os fatores que propiciam os problemas estudados, de forma a descobrir suas causas e características.
- Pesquisa descritiva: Possui como objetivo principal, descrever características de determinado fenômeno, população ou estabelecimento, para assim, adquirir embasamento sobre determinado assunto.

Para este trabalho, foram utilizadas como base as pesquisas descritivas, de modo que, para auxiliar nas análises dos processos, foram usadas técnicas de PO, para compreender sobre o determinado processo.

3.4 Pesquisa quanto aos meios

Gil (2008), define algumas metodologias quanto aos meios utilizados nas pesquisas, sendo elas:

- Pesquisa Experimental: Possui objetivo determinar um objeto de estudo, e observar as influências que o mesmo sofre. Neste tipo de pesquisa, é necessário aparelhagem e instrumentos adequados para as análises, assim, conseguindo demonstrar os fatos com rico detalhamento e determinar as situações que levaram aquela pesquisa. É comumente utilizada nas ciências tecnológicas e biológicas, de forma a trazer novos conhecimentos.
- Pesquisa Ex-Post Facto: Essa modalidade de pesquisa é realizada após a ocorrência do fenômeno. Sendo que seu próprio nome é traduzido para, “a partir do fato passado”. Sendo que essa pesquisa tem como objetivo tentar explicar e entender um determinado fato que já ocorreu de forma natural, sendo possível analisar principalmente itens da ciência social.
- Levantamento: É a metodologia de realizar questionamentos direto a pessoas ou grupos de pessoas, onde deseja-se conhecer o comportamento, ou seja, trata-se da solicitação de informações, sendo que um de seus

principais benefícios é o fato de se ter um conhecimento dos acontecimentos de forma direta e ágil. Vale ressaltar que este tipo de pesquisa tem como apoio, métodos quantitativos para assim gerar os dados necessários para o trabalho.

- Estudo de Caso: Essa metodologia é largamente utilizada e possui como característica principal o fato de ser bem detalhadas, profundas e utilizada normalmente em poucos ou apenas um objeto, assim, podendo focar totalmente neste. Este modelo pode originar diversas descobertas relacionadas ao objeto analisado.
- Pesquisa de campo: Trata-se de uma investigação ou observação em determinado local ou problema, a qual deseja-se encontrar uma resposta ou solução. Essa técnica possui proximidade com as características do levantamento, já descritas acima, uma vez que, consiste em observar fatos ou situações em determinado local e realizar as devidas coletas de dados necessárias para o estudo.

Neste trabalho, foi utilizado a metodologia de pesquisa de campo, com intuito a entender e procurar melhores fluxos relacionados às filas, suas características e seus comportamentos.

3.5 Universo e Amostra

Guimarães (2008) definiu universo ou população sendo a totalidade de elementos que estão sobre questão e das quais se deseja extrair informações e para que haja uma clara definição das unidades que formam a população ou universo, é necessária a especificação de uma característica em comum, localização temporal e localização geográfica. A população pode ser formada por pessoas, domicílios, peças de produção, cobaias, ou qualquer outro elemento a ser investigado. Já amostra é uma parcela da população utilizada para uma posterior análise de dados. Em vez de utilizar toda a população, que resulta em maior custo, tempo e por muitas vezes ser inviável.

No estudo, a população se refere a todos usuários atendidos nos caixas rápidos e a amostra foi referente aos dados recolhidos no dia de coleta do supermercado.

3.6 Organização em Estudo

Como objeto em estudo, temos o Supermercado Y, que se trata de um nome fantasia para uma rede de supermercados, que foi inaugurado na capital mineira por volta da década de 1950 como uma pequena mercearia. Nove anos depois se tornou uma rede de mercearias com trinta funcionários. O primeiro supermercado surgiu em 1972, no centro da capital mineira.

Do empreendimento surge uma sociedade por ações e se transforma em no Supermercado Y, trazendo um grande período de expansão. A empresa, desde sua fundação, esteve focada nos clientes das classes C, D e E, porém, em 1996 decidiu atuar em um novo nicho de mercado, atendendo também as classes A e B.

É a única rede supermercadista do país que têm controle efetivo de toda a sua operação, hoje ela possui 170 unidades, sendo 113 em Minas Gerais, 19 no Espírito Santo e 35 unidades do atacado/varejo.

A empresa busca sempre atender da melhor maneira seus clientes, de modo que não haja rupturas em seus estoques. Utilizando o sistema SAP, a empresa consegue proporcionar um atendimento dinâmico e com valores acessíveis para a população. O supermercado Y tem como sua sede em Contagem/MG e atua em Belo Horizonte e região, Espírito Santo, Rio Doce e Mucuri.

3.7 Formas de Coleta e Análise dos dados

Essa etapa visa reunir e coletar a maior parte de dados e informações pertinentes para a pesquisa. Esses dados devem ser coletados com certa perícia e critério, uma vez que os mesmos serão utilizados em todo o desenvolvimento da pesquisa, eles irão definir todos os resultados e caminhos do trabalho, daí a importância de se ter uma maior atenção nessa hora.

Conforme dito por Olsen (2015, 2) “Talvez os dados sejam um pouco como o mapa que ajuda a ajustar o rumo de um barco.”. Para Teixeira (2003):

“Abordar a análise de dados enquanto etapa do processo de investigação científica no campo das organizações configura-se como relevante, uma vez que a tentativa de identificar especificidades pode significar melhores condições para o desenvolvimento de novos estudos, com base num melhor e maior entendimento conceitual do processo, alinhado aos respectivos paradigmas. (TEIXEIRA, 2003, p.5).”

Após coletados todos os dados, foram feitas análises utilizando ferramentas pertinentes para continuidade da pesquisa. Foi utilizado o programa Excel juntamente com o Solver, estes ajudaram na otimização das filas.

A coleta e a análise de dados são essenciais para todo o entendimento de trabalhos científicos, pois é retirado números, resultados e todo o embasamento necessário para conclusão da mesma.

A coleta de dados foi feita em uma franquía do Supermercado Y situado em Belo Horizonte/MG, com uma data aproximada entre os meses de Julho e Setembro de 2021.

1. Serão utilizadas aproximadamente 15 amostras para o tempo de chegada na fila a cada 30 minutos e 15 amostras para o tempo de atendimento no caixa rápido;
2. Nos meses de julho, agosto e setembro de 2020, os dados serão coletados nas sextas, sábados e domingos, totalizando quatro três semanas consecutivas, no período das 13:00 às 19:00 horas, onde é registrado o maior fluxo de clientes, e também nos mesmos dias, no período das 9:00 às 12:00 horas, quando há um movimento menor de clientes;
3. Todos os dados serão armazenados em uma planilha do Microsoft Excel®.

Após a coleta de dados, foi feita uma análise destas informações levantadas, onde foram utilizadas as ferramentas da PO, como o software POM-QM, de modo a encontrar um método de otimização das filas do Supermercado Y. A análise de dados é imprescindível para o entendimento e desenvolvimento de quaisquer pesquisas, de uma forma qualificada, além de uma maneira mais eficaz e

organizacional permitindo realizar todos os estudos e interpretação de dados com qualidade e eficácia.

3.8 Limitações da pesquisa

Não houve limitações na pesquisa em questão.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados o processo de atendimento, informações coletadas nos dias 10 e 11 de julho de 2021 e os resultados encontrados com auxílio do programa Excel e POM-QM, de forma a buscar e propor formas de otimizar o sistema de filas dos caixas rápidos.

4.1 Mapeamento do Processo de atendimento

O mapeamento de processo é uma técnica para identificar as fases de um processo, com intuito de aprofundar os conhecimentos no mesmo.

Efetuamos uma entrevista com um funcionário que atua no atendimento do caixa, onde foi descrito o processo exemplificado com o fluxograma na figura 6:

Figura 6 – Fluxograma do processo de atendimento



Fonte: Os autores, 2021.

Na Figura 6, foi utilizado o fluxograma para apresentar as características do fluxo de entrada, saída e ações realizadas para o atendimento do cliente nos caixas rápidos do supermercado. Assim, foram mapeadas ações de 1 a 7, conforme descrito abaixo:

1. Chegada dos clientes: os clientes que irão ao caixa, se dirigem para a fila única ao lado do mesmo;
2. Cliente aguarda atendimento em fila única: os clientes esperam na fila até o atendente liberar o cliente que se encontra à frente;
3. Cliente entrega os produtos na esteira do caixa: os clientes retiram os produtos do carinho e dispõem na esteira do caixa para o atendente;
4. Atendente abre uma nova ordem no sistema: dentro do sistema se abre uma nova ordem através de um computador;
5. Atendente realiza a leitura dos códigos de barras dos produtos: é utilizado um scanner de código de barras para quantificar e valorizar os produtos;
6. Atendente fecha a ordem no sistema: dentro do sistema fecha a ordem com os produtos;
7. Atendente processa o pagamento do cliente: Após fechada a ordem é liberada as opções de pagamento, com isso é perguntado qual meio de ao cliente, as opções são: dinheiro, débito ou crédito, após escolhido é efetuado o pagamento e liberado o cupom fiscal que é entregue ao cliente.

A partir dos dados coletados, o principal objetivo é reduzir o tempo desse atendimento, aplicando as ferramentas apresentadas e podendo então obter resultados positivos.

4.2 Medições dos tempos de atendimento, espera na fila, ociosidade dos atendentes e chegadas de clientes

Para alcançar o objetivo principal deste trabalho, foram realizadas coletas de campo nos 3 caixas rápidos do supermercado nos dias 10/09/2021 e 11/09/2021 de 18:00 às 20:30 horas, pois onde se concentra o maior número de clientes, portanto maiores filas. A Tabela 2, a seguir, contempla as medições do dia 10/09/2021:

Tabela 2 - Apresentação de dados coletados 10/09/2021

Número de Clientes	Caixa 1			Caixa 2			Caixa 3		
	Hora de chegada (Hr)	Tempo de Atendimento	Hora de Saída (Hr)	Hora de chegada (Hr)	Tempo de Atendimento	Hora de Saída (Hr)	Hora de chegada (Hr)	Tempo de Atendimento	Hora de Saída (Hr)
1	18:00	00:07	18:07	18:00	00:10	18:10	18:01	00:03	18:04
2	18:07	00:04	18:11	18:10	00:03	18:13	18:04	00:08	18:12
3	18:11	00:06	18:17	18:15	00:05	18:20	18:12	00:10	18:22
4	18:17	00:16	18:33	18:20	00:09	18:29	18:25	00:03	18:28
5	18:33	00:07	18:40	18:34	00:11	18:45	18:28	00:02	18:30
6	18:40	00:11	18:51	18:45	00:04	18:49	18:30	00:07	18:37
7	18:51	00:03	18:54	18:49	00:15	19:04	18:37	00:16	18:53
8	18:56	00:13	19:09	19:04	00:03	19:07	18:53	00:03	18:56
9	19:09	00:02	19:11	19:15	00:04	19:19	19:00	00:03	19:03
10	19:11	00:10	19:21	19:19	00:16	19:35	19:03	00:05	19:08
11	19:23	00:03	19:26	19:37	00:03	19:40	19:08	00:02	19:10
12	19:26	00:05	19:31	19:40	00:03	19:43	19:10	00:10	19:20
13	19:31	00:09	19:40	19:43	00:07	19:50	19:20	00:11	19:31
14	19:44	00:05	19:49	19:50	00:05	19:55	19:35	00:06	19:41
15	19:49	00:10	19:59	19:55	00:02	19:57	19:41	00:03	19:44
16	19:59	00:19	20:18	19:57	00:11	20:08	19:44	00:05	19:49
17	20:18	00:15	20:33	20:10	00:03	20:13	19:49	00:13	20:02
18	-	-	-	20:13	00:11	20:24	20:09	00:02	20:11
19	-	-	-	20:24	00:07	20:31	20:11	00:05	20:16
20	-	-	-	-	-	-	20:16	00:12	20:28
21	-	-	-	-	-	-	20:28	00:06	20:34

Fonte: Os autores, 2021

A Tabela 2 ilustra o processo e os tempos de chegadas e atendimento nos caixas, onde pode-se notar que houve 57 chegadas de clientes e os atendimentos duraram em média 7 minutos. Já a Tabela 3, apresenta os dados da coleta do dia 11/09/2021 no mesmo horário do dia anterior.

Tabela 3 - Apresentação de dados coletados 11/09/2021

Número de Clientes	Caixa 1			Caixa 2			Caixa 3		
	Hora de chegada (Hr)	Tempo de Atendimento	Hora de Saída (Hr)	Hora de chegada (Hr)	Tempo de Atendimento	Hora de Saída (Hr)	Hora de chegada (Hr)	Tempo de Atendimento	Hora de Saída (Hr)
1	18:00	00:02	18:02	18:00	00:09	18:09	18:00	00:04	18:04
2	18:02	00:05	18:07	18:09	00:10	18:19	18:04	00:02	18:06
3	18:07	00:07	18:14	18:22	00:04	18:26	18:06	00:07	18:13
4	18:16	00:09	18:25	18:26	00:06	18:32	18:13	00:04	18:17
5	18:25	00:06	18:31	18:32	00:02	18:34	18:20	00:07	18:27
6	18:31	00:18	18:49	18:34	00:06	18:40	18:27	00:10	18:37
7	18:51	00:03	18:54	18:42	00:07	18:49	18:37	00:02	18:39
8	18:54	00:10	19:04	18:49	00:18	19:07	18:44	00:03	18:47
9	19:04	00:14	19:18	19:07	00:11	19:18	18:47	00:07	18:54
10	19:22	00:03	19:25	19:18	00:03	19:21	18:54	00:06	19:00
11	19:30	00:10	19:40	19:24	00:05	19:29	19:00	00:09	19:09
12	19:40	00:10	19:50	19:29	00:12	19:41	19:09	00:04	19:13
13	19:50	00:04	19:54	19:41	00:19	20:00	19:16	00:03	19:19
14	20:00	00:03	20:03	20:00	00:07	20:07	19:22	00:04	19:26
15	20:03	00:04	20:07	20:07	00:02	20:09	19:26	00:03	19:29
16	20:07	00:07	20:14	20:09	00:05	20:14	19:29	00:03	19:32
17	20:14	00:09	20:23	20:14	00:07	20:21	19:32	00:04	19:36
18	20:23	00:11	20:34	20:21	00:02	20:23	19:36	00:16	19:52
19	-	-	-	20:23	00:09	20:32	19:52	00:10	20:02
20	-	-	-	-	-	-	20:02	00:03	20:05
21	-	-	-	-	-	-	20:05	00:06	20:11
22	-	-	-	-	-	-	20:11	00:07	20:18
23	-	-	-	-	-	-	20:18	00:03	20:21
24	-	-	-	-	-	-	20:21	00:03	20:24
25	-	-	-	-	-	-	20:26	00:02	20:28

Fonte: Os autores, 2021

A Tabela 3 ilustra o processo e os tempos de chegadas e atendimento nos caixas, onde pode-se notar que houve 62 chegadas de clientes e os atendimentos duraram em média 6,47 minutos.

A Figura 7, refere-se à inserção de dados no programa POM-QM, para o modelo de fila M/M/s, com os valores calculado, são apresentados os dados de 8,12 minutos referente ao Lambda (λ), representando o ritmo médio de chegada. Já para Mi (μ) é descrito o valor de 8,53 minutos, sendo o ritmo médio de atendimento, e por fim o número de servidores (atendentes) trabalhando no dia que foi igual a 1.

Figura 7 - Dados utilizados para cálculos no programa POM-QM (10/09/2021)

Waiting Lines Results	
Parameter	Value
M/M/s	
Arrival rate(λ)	8,12
Service rate(μ)	8,53
Number of servers	1

Fonte: Os autores, 2021.

Para encontrar os dados citados na Figura 7, utilizou-se das informações como o número de atendentes, quantidade de chegadas, tempo total de cada atendimento (tempo final – tempo inicial) e a somatória dos períodos nos atendimentos, para encontrar os tempos de chegada. Outros dados expressos são o λ e μ . Para tais, foram realizados os seguintes cálculos destacados que foram feitos no caixa 1, demonstrados na Figura 8:

Figura 8 - Demonstrativo de Cálculos CAIXA 1 (10/09/2021)

CAIXA 1		
Tempo de Chegada (λ)		
Tempo Chegada último cliente	20:18	h
Tempo Chegada primeiro cliente	18:00	h
	02:18	h
	138	min.
Ritmo Médio de Chegada (λ)		
Tempo Chegada	138	min.
Número de Clientes	17	Clientes
	8,12	Clientes/min.
Somatória dos Tempos de Atendimento (μ)		
Somatória	02:25	h
	145	min.
Ritmo Médio de Atendimento (μ)		
Somatória dos Tempos de Atendimento	145	min.
Número de Clientes	17	Clientes
	8,53	Clientes/min.

Fonte: Os autores, 2021.

Para os valores descritos na Figura 8, foi observado que o número de servidores é igual a 1 atendente e o tempo de chegada, se dá pela diferença entre o primeiro e o último usuário a acessar a fila. Logo, o λ é igual ao valor de 8,12 veículos por minutos. Quanto ao μ , totaliza um valor de 8,53 veículos por minutos.

Na Figura 9, foi descrito os resultados apresentados pelo programa POM-QM para a resolução dos dados, referente ao dia 10 de setembro de 2021 no caixa 1.

Foram inseridos estes dados no software, que resulta nas seguintes informações:

1. Average Server Utilization, representado normalmente pelo símbolo (ρ), que significa a taxa de utilização do sistema;
2. Average Number in the queue (L_q), que representa o número de veículos na fila (NF);
3. Average Number in the system (L_s), que representa o número de veículos no sistema (NS);
4. Average time in the queue (W_q), que representa o tempo médio de espera na fila;
5. Average time in the system (W_s), que representa o tempo médio de espera no sistema.

Figura 9 - Resolução de dados no Programa POM-QM CAIXA 1 (10/09/2021)

Waiting Lines Results					
					(unit)
Parameter	Value	Parameter	Value	Seconds	Seconds * 60
MM/s		Average server utilization	,95		
Arrival rate(lambda)	8,12	Average number in the queue(Lq)	18,85		
Service rate(mu)	8,53	Average number in the system(Ls)	19,8		
Number of servers	1	Average time in the queue(Wq)	2,32	139,31	8358,45
		Average time in the system(Ws)	2,44	146,34	8780,49

Fonte: Os autores, 2021.

Na Figura 9, após a resolução dos dados com auxílio do programa POM-QM, encontrou-se os seguintes resultados, que demonstram o fluxo e os tempos de atendimento no dia 10 de setembro de 2021, conforme Tabela 4:

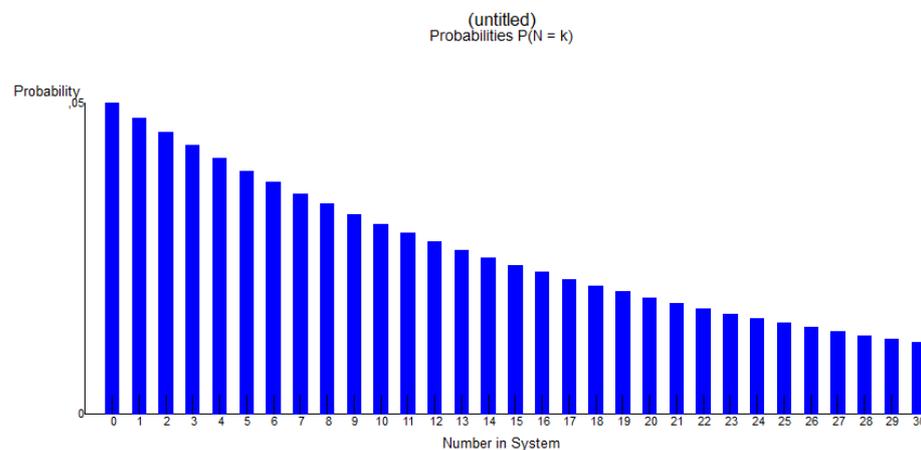
Tabela 4 - Parâmetros analisados e seus valores CAIXA 1

RESULTADOS CAIXA 1		
Parâmetro analisado	Definição	Valor
<i>Average Server Utilization</i> (ρ)	Utilização do sistema	95%
<i>Average Number in the queue</i> (Lq)	Nº de Clientes na fila	18,85 ~ 19 clientes
<i>Average Number in the system</i> (Ls)	Nº de Clientes no sistema	19,8 ~ 20 clientes
<i>Average time in the queue</i> (Wq)	Tempo de espera na fila	2,32 minutos
<i>Average time in the system</i> (Ws)	Tempo médio no sistema	2,44 minutos

Fonte: Os autores, 2021.

Com a utilização do programa POM-QM, obteve-se o gráfico da Figura 10, que representa as probabilidades de um cliente chegar na fila do sistema e nesta fila ter ou não clientes em atendimento ou em espera no sistema.

Figura 10 - Gráfico de probabilidades de clientes na fila do caixa rápido 1



Fonte: Os autores, 2021.

Após isso, foi efetuado uma nova coleta de dados dos caixas 2 e 3. De modo a comparar o atendimento entre ambos.

No caixa 2, obteve-se os resultados conforme demonstra as figuras 11, 12, 13 e a Tabela 5:

Figura 11 - Resolução de dados no Programa POM-QM CAIXA 2 (10/09/2021)

Cost analysis		Time unit (arrival, service rate)			
<input checked="" type="radio"/> No costs <input type="radio"/> Use Costs		minutes			
Waiting Lines Results					
(unt)					
Parameter	Value	Parameter	Value	Seconds	Seconds * 60
M/M/s		Average server utilization	,55		
Arrival rate(λ)	7,58	Average number in the queue(Lq)	,46		
Service rate(μ)	6,95	Average number in the system(Ls)	1,55		
Number of servers	2	Average time in the queue(Wq)	,06	3,65	219,23
		Average time in the system(Ws)	,2	12,29	737,22

Fonte: Os autores, 2021

Nota-se na Figura 11 que os valores obtidos entre o caixa 1 e caixa 2 variam, ocasionando em uma fila em certos caixas e outros sem nenhuma.

Na Figura 12 observa-se o demonstrativo de cálculos obtido no caixa 2:

Figura 12 - Demonstrativo de Cálculos CAIXA 2 (10/09/2021)

CAIXA 2	
Tempo de Chegada (λ)	
Tempo Chegada último cliente	20:24 h
Tempo Chegada primeiro cliente	18:00 h
	02:24 h
	144 min.
Ritmo Médio de Chegada (λ)	
Tempo Chegada	144 min.
Número de Clientes	19 Clientes
	7,58 Clientes/min.
Somatória dos Tempos de Atendimento (μ)	
Somatória	02:12 h
	132 min.
Ritmo Médio de Atendimento (μ)	
Somatória dos Tempos de Atendimento	132 min.
Número de Clientes	19 Clientes
	6,95 Clientes/min.

Fonte: Os autores, 2021.

As divergências entre os 2 caixas são mais nítidas nesse ponto, quando se compara o Ritmo de atendimento entre ambos. Observa-se na tabela 5 os parâmetros utilizados nessa pesquisa.

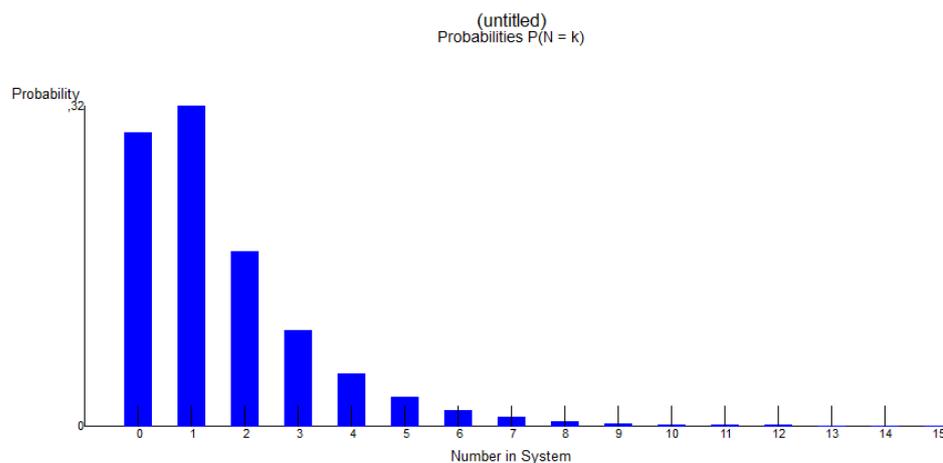
Tabela 5 - Parâmetros analisados e seus valores CAIXA 2

RESULTADOS CAIXA 2		
Parâmetro analisado	Definição	Valor
<i>Average Server Utilization</i> (ρ)	Utilização do sistema	55%
<i>Average Number in the queue</i> (L_q)	Nº de Clientes na fila	0,48 ~ 1 clientes
<i>Average Number in the system</i> (L_s)	Nº de Clientes no sistema	1,55 ~ 2 clientes
<i>Average time in the queue</i> (W_q)	Tempo de espera na fila	0,06 minutos
<i>Average time in the system</i> (W_s)	Tempo médio no sistema	0,2 minutos

Fonte: Os autores, 2021

Baseado nos dados, é notório a desenvoltura do caixa 2 comparado ao caixa 1, visto que ele consegue atender quase toda sua demanda. Na figura 13 verifica-se a probabilidade de fila do caixa rápido 2:

Figura 13 - Gráfico de probabilidades de clientes na fila do caixa rápido 2



Fonte: Os autores, 2021.

No caixa 3, obteve-se os resultados conforme demonstra as figuras 14, 15, 16 e a tabela 6:

Figura 14 - Resolução de dados no Programa POM-QM CAIXA 3 (10/09/2021)

Cost analysis		Time unit (arrival, service rate)			
<input checked="" type="radio"/> No costs <input type="radio"/> Use Costs		minutes			
Waiting Lines Results					
Parameter	Value	Parameter	Value	Seconds	Seconds * 60
M/M/s		Average server utilization	,54		
Arrival rate(λ)	7	Average number in the queue(Lq)	,46		
Service rate(μ)	6,43	Average number in the system(Ls)	1,55		
Number of servers	2	Average time in the queue(Wq)	,07	3,93	235,73
		Average time in the system(Ws)	,22	13,26	795,6

Fonte: Os autores, 2021

Nota-se na Figura 14 que os valores obtidos entre o caixa 1, 2 e 3 variam, ocasionando em uma fila em certos caixas e outros sem nenhuma. Na figura 15 foi observado o demonstrativo de cálculos obtido no caixa 3:

Figura 15 - Demonstrativo de Cálculos CAIXA 3 (10/09/2021)

CAIXA 3		
Tempo de Chegada (λ)		
Tempo Chegada último cliente	20:28	h
Tempo Chegada primeiro cliente	18:01	h
	02:27	h
	147	min.
Ritmo Médio de Chegada (λ)		
Tempo Chegada	147	min.
Número de Clientes	21	Clientes
	7,00	Clientes/min.
Somatória dos Tempos de Atendimento (μ)		
Somatória	02:15	h
	135	min.
Ritmo Médio de Atendimento (μ)		
Somatória dos Tempos de Atendimento	135	min.
Número de Clientes	21	Clientes
	6,43	Clientes/min.

Fonte: Os autores, 2021.

As divergências entre os 3 caixas são mais nítidas nesse ponto, quando se compara o Ritmo de atendimento entre ambos. Observa-se na tabela 6 os parâmetros utilizados nessa pesquisa.

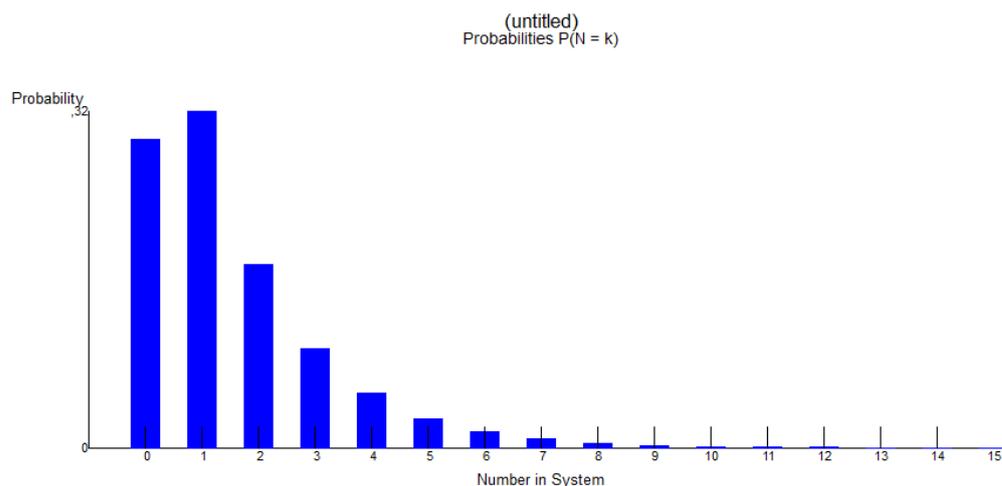
Tabela 6 - Parâmetros analisados e seus valores CAIXA 3

RESULTADOS CAIXA 3		
Parâmetro analisado	Definição	Valor
<i>Average Server Utilization</i> (ρ)	Utilização do sistema	54%
<i>Average Number in the queue</i> (Lq)	Nº de Clientes na fila	0,46 ~ 1 clientes
<i>Average Number in the system</i> (Ls)	Nº de Clientes no sistema	1,55 ~ 2 clientes
<i>Average time in the queue</i> (Wq)	Tempo de espera na fila	0,07 minutos
<i>Average time in the system</i> (Ws)	Tempo médio no sistema	0,22 minutos

Fonte: Os autores, 2021

Conforme expressado na tabela 6, o caixa 3 possui a menor fila. Na figura 16 foi observado a probabilidade de clientes na fila do caixa rápido 3:

Figura 16: Gráfico de probabilidades de clientes na fila do caixa rápido 3



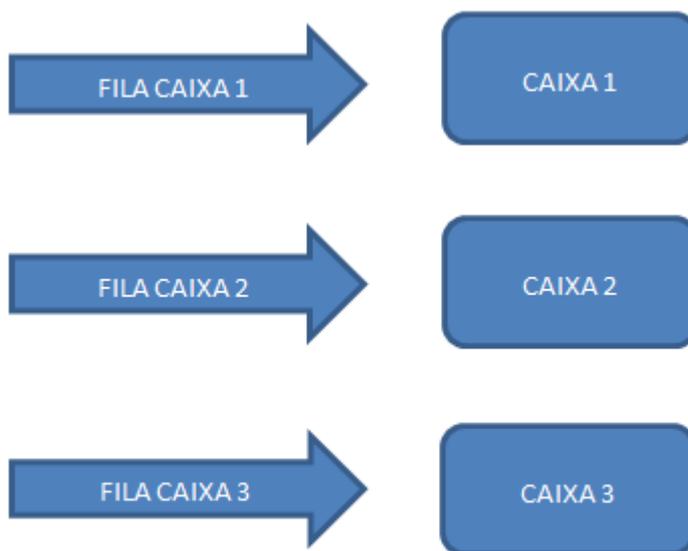
Fonte: Os autores, 2021.

Conforme expressado nos dados acima dos 3 caixas rápidos estudados, obteve-se resultados onde se é possível identificar as ociosidades e o tempo que os clientes permanecem nas filas. Um exemplo é o Caixa 3, que fica ocioso por não ter uma demanda de clientes e o Caixa 1 que não consegue atender sua demanda, que resulta em fila.

4.3 Proposta de melhoria no sistema de filas dos caixas rápidos

Como intuito de propor otimizações no sistema de filas dos caixas rápido, foi utilizado o programa POM-QM, onde foram analisadas informações como, o número de filas, servidores e λ e μ . Assim foi proposto uma readequação do layout das filas, como representado nas figuras 17 e 18:

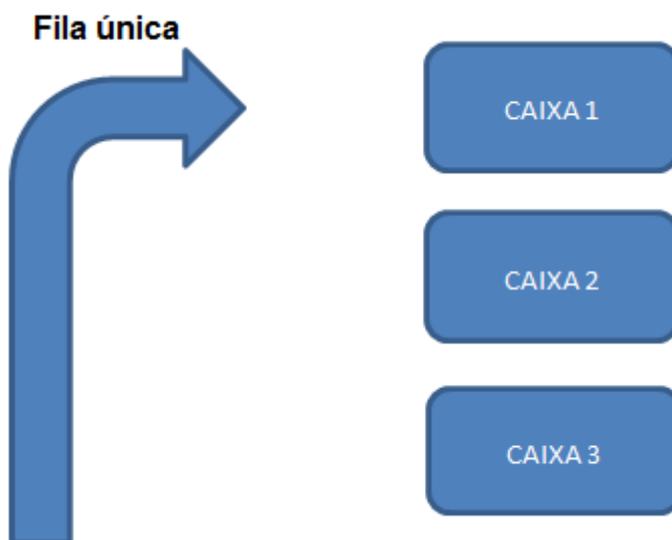
Figura 17: Layout atual do supermercado



Fonte: Os autores, 2021.

Como podemos perceber as filas são individuais, sendo 1 para cada caixa, ou seja, se o cliente entrar em determinada fila ele só poderá ser atendido pelo caixa correspondente. A proposta é de fazer a seguinte alteração:

Figura 18: Layout da proposta de melhoria



Fonte: Os autores, 2021.

Como exemplificado na figura 18 foi adotado o sistema de fila única e atendentes em paralelo, com isso passando de filas individuais para uma fila única, onde todos os clientes entram no mesmo ponto, mas ao final da fila existe 3 possibilidades de caixas para o atendimento, onde o que estiver disponível fará o mesmo.

Portanto, com esse novo padrão de atendimento adotado, a ociosidade dos atendentes será menor, visto que, a distribuição de clientes será de forma igualitária entre todos os caixas rápidos.

Sendo assim, a produtividade dos atendentes tende a aumentar e conseqüentemente otimizar as filas dos caixas rápidos do supermercado, proporcionando uma maior satisfação dos clientes.

5 CONCLUSÃO

O objetivo geral desta pesquisa era analisar a aplicação da teoria das filas no atendimento dos caixas rápidos de um supermercado da RMBH. O mesmo foi atingido, pois a proposta de alteração do layout das filas dos caixas diminuirá a ociosidade dos atendentes com isso aumentando a eficiência dos mesmos, sendo assim minimizando o tempo de espera de seus usuários na compra de produtos e diminuindo o desconforto de seus clientes.

Nesta pesquisa, foram realizadas coleta de dados e estudo do caso, com a ajuda dos programas Excel e POM-QM foi possível analisar e organizar as informações, onde observou-se e identificou-se os processos das filas, analisou-se a chegada dos usuários e o processo seguido pelos atendentes dos caixas.

Após a análise foi sugerido a alteração do layout para melhorar a produtividade dos atendentes. Com essa alteração conseguiu-se atender o objetivo proposto, reduzindo os tempos de espera nas filas e proporcionando uma melhor satisfação de seus clientes.

Ressalta-se que grandes conhecimentos práticos, profissionais e pessoais foram agregados para os integrantes do grupo, de modo a contribuir com a formação dos graduandos e pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

ALONÇO, Guilherme. **O que é fluxograma de processos?** 2017.

Altiok, Tayfur, Benjamin Melamed. **Simulation modeling and analysis with arena**, 2007.

RENDER, Barry M; STAIR, Ralph M; HANNA, Michael E. **Introdução à Análise Quantitativa para Administração: Com Excel e POM-QM para Windows**, 10ª ed. Editora Bookman. 2010.

ANDRADE, Eduardo Leopoldino. **Introdução à Pesquisa Operacional – Métodos e Modelos para Análise de Decisões**, 5 ed, 2015.

BORGES, Leandro. **Pesquisa Operacional: O que é, Como Usar?** 2018.

CHIAVINATO, Idalberto. **Teoria geral da administração**. 6 ed. Rev. e atualizada. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

Freitas, Lm, Pinto, Mg, Subramanian, Anand. **Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção**, 2007.

HEIN e LOESCH, Nelson e Claudio. **Pesquisa operacional – Fundamentos e modelos**, São Paulo: Editora Saraiva, 2009.

HILLIER, Frederick S. **Introdução a Pesquisa Operacional**. 9 ed. São Paulo: AMGW editora Ltda, 2013.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L; MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Prentice Hall, 2009.

MACHADO, Simone Silva. **Gestão da qualidade**, 2012.

MARINS, Fernando Augusto Silva. **Introdução à Pesquisa Operacional**, 2009.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Pesquisa operacional**. 2 Ed. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

OLIVEIRA, D.P.R. **Sistemas, organização e métodos: uma abordagem gerencial**. 12 Ed. São Paulo: Atlas, 2007.

Prado, Darci Santos. **Teoria das filas e da simulação**, 2004.

SHETACH, A. **Lighting the route to success, Team Performance Management. International Journal**, v. 17, n. 1, p. 7-22, 2011.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

GERHARDT, Tatiana Engel; SILVEIRA, Denise Tolfo. **Métodos de pesquisa**. 1 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6 ed. São Paulo: Atlas S.A, 2008.

GUIMARÃES, Paulo Ricardo Bittencourt. **Métodos Quantitativos Estatísticos**. 1 ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A, 2008.

OLSEN, Wendy. **Coleta de dados: Debate e métodos Fundamentais em pesquisa social**, 2015.

TEIXEIRA, Enise Barth. **A Análise de Dados na Pesquisa Científica importância e desafios em estudos organizacionais**, 2003.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Aplicação da pesquisa operacional para otimização das filas em caixas rápidos de supermercados



ISSN: 2675-1879

Aplicação da pesquisa operacional para otimização das filas em caixas rápidas de supermercados

Application of operational research to optimize queues in supermarkets' ATMs

DAVI SANTOS GUTIERREZ
MARCELO FELIPE DA SILVA DUTRA
WILLER DE CARVALHO OLIVEIRA
Prof.º. Ms. Tálita Rodrigues de Oliveira
Prof.º. Ms. Gabriela Fonseca e Ms. Raquel Ferreira

RESUMO

O presente estudo de caso foi realizado em um grande supermercado localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), cujo objetivo foi analisar a eficácia do atendimento nos caixas rápidos e apresentar soluções para redução dos tempos de espera nas filas com a utilização de ferramentas de pesquisa operacional, como POM-QM, Excel® e a Teoria de Filas. Para tal, foi utilizado medidas quantitativas na coleta dos dados e foram feitas as análises através do POM-QM e Excel®, em que se obteve resultados para uma proposta de melhoria nas filas, baseada na ociosidade dos caixas. Desta forma, foi possível reduzir os tempos de atendimento e a espera dos clientes no sistema, aprimorando-o como uma fila única com 3 caixas predispostas.

Palavras-chave: Teoria das filas. Tempos de espera. Ociosidade. Atendimento. Caixas rápidos.

ABSTRACT

This case study was conducted in a large supermarket located in the Metropolitan Region of Belo Horizonte (RMBH), whose objective was to analyze the effectiveness of the service at the ATMs and present solutions for reducing queue waiting times using operational research tools such as POM-QM, Excel® and Queue Theory. To this end, quantitative measures were used in data collection and analyses were made through POM-QM and Excel®, where it was possible to obtain results for an improvement proposal in the queues, which was based on the idleness of the tellers. It was possible to reduce the attendance times and customers in the system, making the system as a single queue with 3 pre-disposed tellers.

Keywords: Queuing theory. Waiting times. Idleness. Attendance. Fast cashiers.

1 INTRODUÇÃO

As filas estão presentes em qualquer estabelecimento que presta algum tipo de atendimento, tais como supermercados, bancos, postos de combustíveis, aeroportos, entre outros, o qual acarreta em uma demanda maior do que o serviço prestado.

A ferramenta Teoria das Filas é aplicada em ocasiões onde ocorrem gargalos e atrasos nos atendimentos, em que busca reduzir o desconforto e gerar uma maior dinamicidade para o estabelecimento. Desta forma, esse projeto tem como base as esperas nas filas dos caixas rápidos do supermercado Y, sendo um nome fictício, para garantir a privacidade do estabelecimento, localizado em Belo Horizonte/MG, com finalidade de reduzir o tempo de espera.

Neste artigo foi utilizado a metodologia de pesquisa de campo, com intuito de entender e procurar os melhores fluxos relacionados as filas, suas características e seus comportamentos, e analisar a aplicação da teoria das filas no atendimento dos caixas rápidos de um supermercado da região metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), como forma de minimizar o tempo de espera dos clientes na compra de produtos e diminuir o desconforto do mesmo. Tem-se como base 3 objetivos específicos, sendo eles:

1. Mapear todo o processo de atendimento aos clientes no supermercado Y, localizado em Belo Horizonte/MG;
2. Medir o tempo de espera, ociosidade dos atendentes, cronometrar o tempo de chegada do cliente até a finalização de seu atendimento nas filas de todos os caixas do supermercado Y;
3. Propor melhorias para reduzir o tempo de espera nos caixas rápidos do supermercado Y localizado em Belo Horizonte/MG.

2 DESENVOLVIMENTO

A necessidade de alocar precisamente os suprimentos para as operações militares na segunda guerra fez com que cientistas americanos e britânicos se reunissem, a fim de encontrar maneiras de otimizar a logística e evitar desperdícios, este estudo teve o nome de Pesquisa Operacional, segundo Hillier (2013, p.1).

Em atividades empresariais a Pesquisa Operacional (PO) teve início na primeira Revolução Industrial na gerência de sistemas e organizações de grande porte, relatou Marins (2009, p. 11).

Na PO tem-se duas divisões do problema, maximizar algo, ou seja, aumentar a eficiência ou lucro ou minimizar, sendo a diminuição de custos, perdas ou outros. Para chegar nesses objetivos foram definidas algumas etapas para a melhor resolução de problemas.

Pode-se, de uma forma simplificada, subdividir a resolução de um problema pela PO em cinco etapas: (a) Formulação do Problema (Identificação do Sistema); (b) Construção do Modelo Matemático; (c) Obtenção da Solução; (d) Teste do Modelo e da Solução Obtida; (e) Implementação. (MARINS, 2009, p. 16).

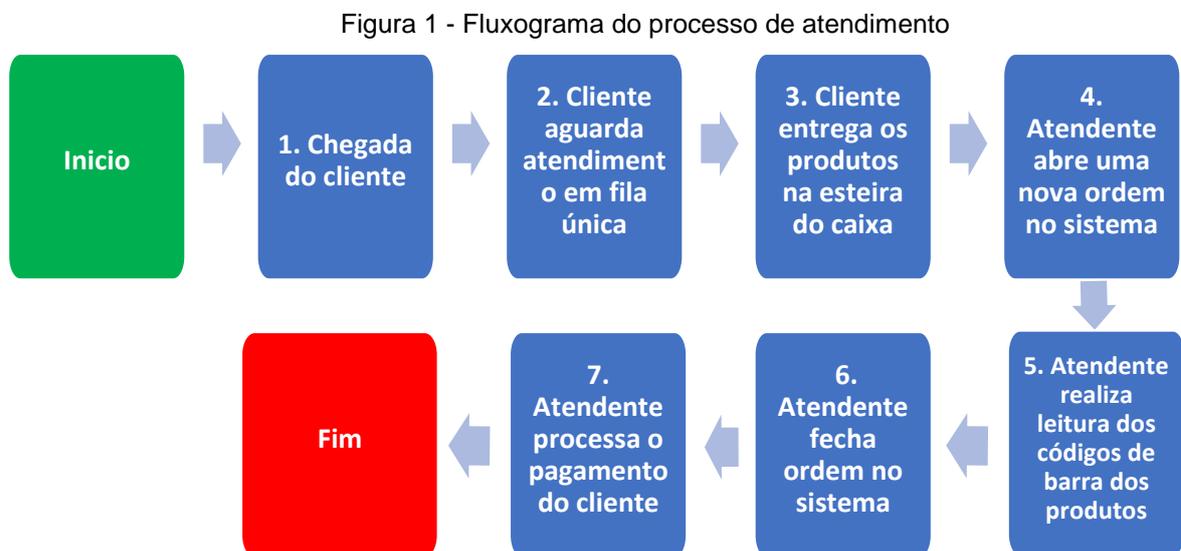
Na PO há diversas técnicas para alcançar os objetivos e para encontrar a melhor alternativa na resolução dos problemas, desta forma, existe uma divisão dentro da PO chamado Teoria das Filas, onde se propõe o estudo da mesma.

A Teoria das Filas é uma das principais áreas da Pesquisa Operacional, ela possui objetivos claros e bem específicos quando se trata da identificação de problemas originados nas filas de atendimentos ou em locais que ocorre chegada de usuários.

De acordo com (CHIAVINATO, 2002), a Teoria das Filas é a teoria que cuida dos pontos de estrangulamento e dos tempos de espera, que pode ser encontrada em diversos serviços onde é possível identificar o gargalo, seja ele em uma indústria ou até mesmo em uma simples fila de supermercado.

A Teoria das Filas tem o desenvolvimento de modelos matemáticos que permite prever o comportamento de sistemas de prestação de serviços, conforme Marins (2009).

O mapeamento de processo é uma técnica para identificar as fases de um processo, com intuito de aprofundar os conhecimentos no mesmo. Para alcançar o primeiro objetivo foi executado o mapeamento de todo o processo de atendimento, baseado nisso foi desenvolvido o seguinte fluxograma (Figura 1):



Fonte: Os autores, 2021.

Na Figura 1, foi utilizado o fluxograma para apresentar as características do fluxo de entrada, saída e ações realizadas para o atendimento do cliente nos caixas rápidos do supermercado. Assim, foram mapeadas ações de 1 a 7, conforme descrito abaixo:

1. Chegada dos clientes: os clientes que irão ao caixa, se dirigem para a fila única ao lado do mesmo;
2. Cliente aguarda atendimento em fila única: os clientes esperam na fila até o atendente liberar o cliente que se encontra à frente;
3. Cliente entrega os produtos na esteira do caixa: os clientes retiram os produtos do carinho e dispõem na esteira do caixa para o atendente;
4. Atendente abre uma nova ordem no sistema: dentro do sistema se abre uma nova ordem através de um computador;
5. Atendente realiza a leitura dos códigos de barras dos produtos: é utilizado um scanner de código de barras para quantificar e valorizar os produtos;
6. Atendente fecha a ordem no sistema: dentro do sistema fecha a ordem com os produtos;
7. Atendente processa o pagamento do cliente: Após fechada a ordem é liberada as opções de pagamento, com isso é perguntado qual meio de pagamento, as opções são: dinheiro, débito ou crédito, após escolhido é efetuado o pagamento e liberado o cupom fiscal que é entregue ao cliente.

Com o processo definido foram realizadas coletas de campo nos 3 caixas rápidos do supermercado nos dias 10/09/21 e 11/09/21 de 18:00 às 20:30 horas, pois é o momento de maior fluxo de clientes nos caixas, portanto maiores filas. A Tabela 1 a seguir contempla as medições do dia 10/09/21:

Tabela 1 - Apresentação de dados coletados 10/09/21

Número de Clientes	Caixa 1			Caixa 2			Caixa 3		
	Hora de chegada (Hr)	Tempo de Atendimento	Hora de Saída (Hr)	Hora de chegada (Hr)	Tempo de Atendimento	Hora de Saída (Hr)	Hora de chegada (Hr)	Tempo de Atendimento	Hora de Saída (Hr)
1	18:00	00:07	18:07	18:00	00:10	18:10	18:01	00:03	18:04
2	18:07	00:04	18:11	18:10	00:03	18:13	18:04	00:08	18:12
3	18:11	00:06	18:17	18:15	00:05	18:20	18:12	00:10	18:22
4	18:17	00:16	18:33	18:20	00:09	18:29	18:25	00:03	18:28
5	18:33	00:07	18:40	18:34	00:11	18:45	18:28	00:02	18:30
6	18:40	00:11	18:51	18:45	00:04	18:49	18:30	00:07	18:37
7	18:51	00:03	18:54	18:49	00:15	19:04	18:37	00:16	18:53
8	18:56	00:13	19:09	19:04	00:03	19:07	18:53	00:03	18:56
9	19:09	00:02	19:11	19:15	00:04	19:19	19:00	00:03	19:03
10	19:11	00:10	19:21	19:19	00:16	19:35	19:03	00:05	19:08
11	19:23	00:03	19:26	19:37	00:03	19:40	19:08	00:02	19:10
12	19:26	00:05	19:31	19:40	00:03	19:43	19:10	00:10	19:20
13	19:31	00:09	19:40	19:43	00:07	19:50	19:20	00:11	19:31
14	19:44	00:05	19:49	19:50	00:05	19:55	19:35	00:06	19:41
15	19:49	00:10	19:59	19:55	00:02	19:57	19:41	00:03	19:44
16	19:59	00:19	20:18	19:57	00:11	20:08	19:44	00:05	19:49
17	20:18	00:15	20:33	20:10	00:03	20:13	19:49	00:13	20:02
18	-	-	-	20:13	00:11	20:24	20:09	00:02	20:11
19	-	-	-	20:24	00:07	20:31	20:11	00:05	20:16
20	-	-	-	-	-	-	20:16	00:12	20:28
21	-	-	-	-	-	-	20:28	00:06	20:34

Fonte: Os autores, 2021

A Tabela 1 ilustra o processo e os tempos de chegadas e atendimento nos caixas, onde pode-se notar que houve 57 chegadas de clientes e os atendimentos duraram em média 7 minutos. Já a Tabela 2, apresenta os dados da coleta do dia 11/09/2021 no mesmo horário do dia anterior.

Tabela 2 - Apresentação de dados coletados 11/09/21

Número de Clientes	Caixa 1			Caixa 2			Caixa 3		
	Hora de chegada (Hr)	Tempo de Atendimento	Hora de Saída (Hr)	Hora de chegada (Hr)	Tempo de Atendimento	Hora de Saída (Hr)	Hora de chegada (Hr)	Tempo de Atendimento	Hora de Saída (Hr)
1	18:00	00:02	18:02	18:00	00:09	18:09	18:00	00:04	18:04
2	18:02	00:05	18:07	18:09	00:10	18:19	18:04	00:02	18:06
3	18:07	00:07	18:14	18:22	00:04	18:26	18:06	00:07	18:13
4	18:16	00:09	18:25	18:26	00:06	18:32	18:13	00:04	18:17
5	18:25	00:06	18:31	18:32	00:02	18:34	18:20	00:07	18:27
6	18:31	00:18	18:49	18:34	00:06	18:40	18:27	00:10	18:37
7	18:51	00:03	18:54	18:42	00:07	18:49	18:37	00:02	18:39
8	18:54	00:10	19:04	18:49	00:18	19:07	18:44	00:03	18:47
9	19:04	00:14	19:18	19:07	00:11	19:18	18:47	00:07	18:54
10	19:22	00:03	19:25	19:18	00:03	19:21	18:54	00:06	19:00
11	19:30	00:10	19:40	19:24	00:05	19:29	19:00	00:09	19:09
12	19:40	00:10	19:50	19:29	00:12	19:41	19:09	00:04	19:13
13	19:50	00:04	19:54	19:41	00:19	20:00	19:16	00:03	19:19
14	20:00	00:03	20:03	20:00	00:07	20:07	19:22	00:04	19:26
15	20:03	00:04	20:07	20:07	00:02	20:09	19:26	00:03	19:29
16	20:07	00:07	20:14	20:09	00:05	20:14	19:29	00:03	19:32
17	20:14	00:09	20:23	20:14	00:07	20:21	19:32	00:04	19:36
18	20:23	00:11	20:34	20:21	00:02	20:23	19:36	00:16	19:52
19	-	-	-	20:23	00:09	20:32	19:52	00:10	20:02
20	-	-	-	-	-	-	20:02	00:03	20:05
21	-	-	-	-	-	-	20:05	00:06	20:11
22	-	-	-	-	-	-	20:11	00:07	20:18
23	-	-	-	-	-	-	20:18	00:03	20:21
24	-	-	-	-	-	-	20:21	00:03	20:24
25	-	-	-	-	-	-	20:26	00:02	20:28

Fonte: Os autores, 2021

A Tabela 2 ilustra o processo e os tempos de chegadas e atendimento nos caixas, onde pode-se notar que houve 62 chegadas de clientes e os atendimentos duraram em média 6,47 minutos.

Estes resultados de número de atendentes, clientes e tempo médio de atendimento possibilitou a utilização do software POM-QM, segundo (RENDER, STAIR, HANNA, 2010):

“Um sistema de apoio à decisão fácil de usar desenvolvido para ser utilizado na administração da produção ou gerenciamento de operações (POM) e em cursos de métodos ou gerenciamento quantitativo (QM).” (RENDER, STAIR, HANNA, 2010, p.34),

Foram inseridos estes dados no software, que resulta nas seguintes informações:

1. Average Server Utilization, representado normalmente pelo símbolo (ρ), que significa a taxa de utilização do sistema;
2. Average Number in the queue (L_q), que representa o número de veículos na fila (NF);
3. Average Number in the system (L_s), que representa o número de veículos no sistema (NS);
4. Average time in the queue (W_q), que representa o tempo médio de espera na fila;
5. Average time in the system (W_s), que representa o tempo médio de espera no sistema.

A Tabela 3 apresenta os resultados do caixa 1:

Tabela 3 - Parâmetros analisados e seus valores CAIXA 1

RESULTADOS CAIXA 1	
Parâmetro analisado	Valor
<i>Average Server Utilization (ρ)</i>	95%
<i>Average Number in the queue (L_q)</i>	18,85 ~ 19 clientes
<i>Average Number in the system (L_s)</i>	19,8 ~ 20 clientes
<i>Average time in the queue (W_q)</i>	2,32 minutos
<i>Average time in the system (W_s)</i>	2,44 minutos

Fonte: Os autores, 2021.

Com isso, percebe-se que o atendente do caixa 1 está com uma taxa de utilização de 95% e seu caixa tem a probabilidade de gerar uma fila com tempo de espera na mesma de 2,44 minutos.

A Tabela 4 apresenta os resultados do caixa 2.

Tabela 4 - Parâmetros analisados e seus valores CAIXA 2

RESULTADOS CAIXA 2	
Parâmetro analisado	Valor
<i>Average Server Utilization (ρ)</i>	55%
<i>Average Number in the queue (Lq)</i>	0,48 ~ 1 clientes
<i>Average Number in the system (Ls)</i>	1,55 ~ 2 clientes
<i>Average time in the queue (Wq)</i>	0,06 minutos
<i>Average time in the system (Ws)</i>	0,2 minutos

Fonte: Os autores, 2021.

As divergências entre os 2 caixas estão mais nítidas no ponto, quando se compara o Ritmo de atendimento entre ambos. Observa-se que a taxa de utilização do atendente do caixa 2 é de 55% e o mesmo não está gerando filas.

A Tabela 5 apresenta os resultados do caixa 3.

Tabela 5 - Parâmetros analisados e seus valores CAIXA 3

RESULTADOS CAIXA 3	
Parâmetro analisado	Valor
<i>Average Server Utilization (ρ)</i>	54%
<i>Average Number in the queue (Lq)</i>	0,46 ~ 1 clientes
<i>Average Number in the system (Ls)</i>	1,55 ~ 2 clientes
<i>Average time in the queue (Wq)</i>	0,07 minutos
<i>Average time in the system (Ws)</i>	0,22 minutos

Fonte: Os autores, 2021.

Nota-se que o atendente do caixa 3 está similar ao do caixa 2 com uma taxa de utilização de 54% e também não gera filas.

As divergências entre os 3 caixas são mais nítidas, quando se compara o Ritmo de atendimento entre ambos.

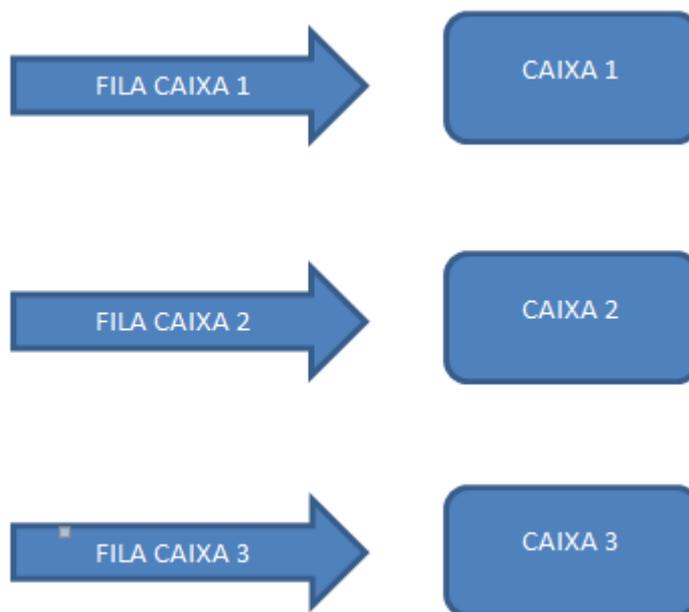
Baseado nos dados é notório a não desenvoltura do caixa 1, visto que ele não consegue atender sua demanda, assim sendo o único a gerar filas.

Conforme expressado nos dados, obteve-se resultados em que é possível identificar as ociosidades e o tempo em que os clientes permanecem nas filas. Um exemplo são os caixas 2 e 3, que ficam ociosos por não ter demanda e o Caixa 1 que não consegue atender todos os clientes, assim gerando filas.

3 PROPOSTA DE MELHORIA

Com os resultados apresentados pelo POM-QM foi proposto uma readequação do layout das filas, como representado nas figuras 2 e 3:

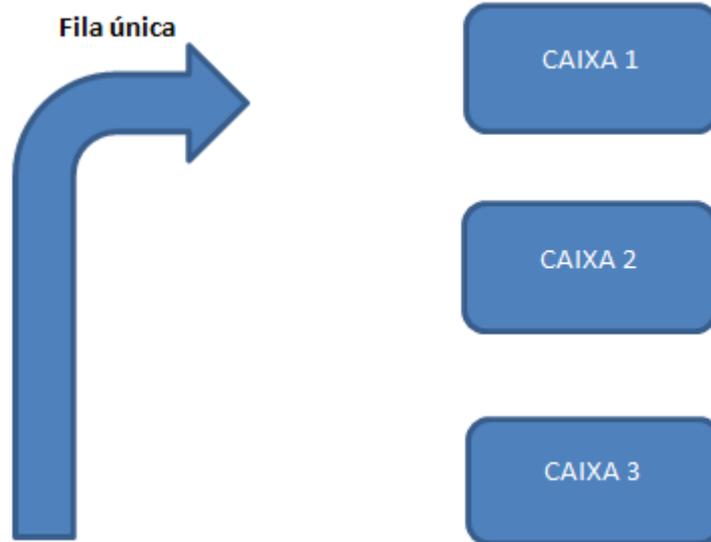
Figura 2: Layout atual do supermercado



Fonte: Os autores, 2021.

Como podemos perceber as filas são individuais, sendo 1 para cada caixa, ou seja, se o cliente entrar em determinada fila ele só poderá ser atendido pelo caixa correspondente. A proposta é fazer a seguinte alteração:

Figura 3: Layout da proposta de melhoria



Fonte: Os autores, 2021.

Como exemplificado na figura 3 foi adotado o sistema de fila única e atendentes em paralelo, com isso passando de filas individuais para uma fila única, onde todos os clientes entram no mesmo ponto, mas ao final da fila existe 3 possibilidades de caixas para o atendimento, onde o que estiver disponível fará o mesmo.

Desta maneira, com esse novo padrão de atendimento adotado, a ociosidade dos atendentes será menor, visto que, a distribuição de clientes será de forma igualitária entre todos os caixas rápidos.

Portanto, a produtividade dos atendentes tende a aumentar e conseqüentemente otimizar as filas dos caixas rápidos do supermercado, proporcionando uma maior satisfação dos clientes.

4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na pesquisa, foi realizada a coleta de dados e estudos dos casos, com a ajuda dos programas Excel e POM-QM, sendo possível analisar e organizar as informações. No decorrer da pesquisa, observou-se e identificaram-se os processos das filas, analisou-se a chegada dos usuários e o processo seguido pelos atendentes dos caixas.

Após a análise, foi sugerido a alteração do layout para melhorar a produtividade dos atendentes. Com essa alteração, conseguimos atender o objetivo proposto, reduzindo os tempos de espera nas filas e proporcionando uma melhor satisfação dos clientes.

Ressalta-se que conhecimentos práticos, profissionais e pessoais foram agregados para os integrantes do grupo, de modo a contribuir com a formação dos graduandos e pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

HILLIER, Frederick S. **Introdução a Pesquisa Operacional**. 9 ed. São Paulo: AMGW editora Ltda, 2013.

MARINS, Fernando Augusto Silva. **Introdução à Pesquisa Operacional**, 2009.

CHIAVINATO, Idalberto. **Teoria geral da administração**. 6 ed. Rev. e atualizada. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

RENDER, Barry M; STAIR, Ralph M; HANNA, Michael E. **Introdução à Análise Quantitativa para Administração: Com Excel e POM-QM para Windows**, 10^a ed. Editora Bookman. 2010.