



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

JOÃO VITOR DA SILVA ALVES

**SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COM ANYLOGIC PARA A REDU-
ÇÃO DO TEMPO DE ESPERA E MINIMIZAÇÃO DA OCIOSIDADE
NAS OPERAÇÕES DE *CHECKOUT*: UM ESTUDO DE CASO**

**SUMÉ - PB
2024**

JOÃO VITOR DA SILVA ALVES

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COM ANYLOGIC PARA A REDUÇÃO DO TEMPO DE ESPERA E MINIMIZAÇÃO DA OCIOSIDADE NAS OPERAÇÕES DE *CHECKOUT*: UM ESTUDO DE CASO

Monografia apresentada ao Curso Superior de 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: Professor Dr. Yuri Laio Teixeira Veras Silva.

**SUMÉ - PB
2024**



A474s Alves, João Vitor da Silva.

Simulação computacional com AnyLogic para a redução do tempo de espera e minimização da ociosidade nas operações de checkout: um estudo de caso. / João Vitor da Silva Alves. - 2024.

99f.

Orientador: Professor Dr. Yuri Laio Teixeira Veras Silva.

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

1. Simulação computacional. 2. Filas - modelagem. 3. Gestão de filas. 4. AnyLogic. 5. Teoria das filas. 6. Sistema de filas. 7. Supermercado - filas. 8. Estudo de caso. I. Silva, Yuri Laio Teixeira Veras. II. Título.

CDU: 519.248(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

JOÃO VITOR DA SILVA ALVES

SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL COM ANYLOGIC PARA A REDUÇÃO DO TEMPO DE ESPERA E MINIMIZAÇÃO DA OCIOSIDADE NAS OPERAÇÕES DE *CHECKOUT*: UM ESTUDO DE CASO

Monografia apresentada ao Curso Superior de 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.

BANCA EXAMINADORA:

**Professor Dr. Yuri Laio Teixeira Veras Silva.
Orientador - UAEP/CDSA/UFCG**

**Professora Dra. Cecir Barbosa de Almeida Farias.
Examinadora I - UAEP/CDSA/UFCG**

**Professor Dr. Daniel Augusto de Moura Pereira.
Examinador II - UAEP/CDSA/UFCG**

Trabalho aprovado em: 16 de maio de 2024.

SUMÉ - PB

AGRADECIMENTOS

Durante toda a minha trajetória acadêmica, imaginava o momento de redigir meus agradecimentos nesta monografia e a cada novo rascunho, percebia que este texto ia além de um simples agradecimento, pois ele retrata todas as pessoas que estiveram ao meu lado, observando e moldando as batalhas e desafios que enfrentei ao longo do caminho. Ao refletir sobre isso, as figuras que surgiram em meu coração para receber essa singela homenagem foram meus queridos pais, Adiranilde da Silva Alves e João Batista Anastácio Alves.

Minha mãe, Adiranilde, esteve presente em todos os momentos, fornecendo apoio, ouvindo minhas histórias ao longo deste período acadêmico, aconselhando-me e, às vezes, repreendendo-me quando necessário. É graças a ela que escolhi este curso e me consagro nesse momento como um bacharel. Meu pai, João Batista, com seu jeito reservado, também esteve ao meu lado, torcendo para que esse dia chegasse e meu sonho se concretizasse.

Deixo meu agradecimento especial à minha irmã, Beatriz da Silva Alves, que em diversos momentos me auxiliou, mesmo que testando minha paciência, inclusive na leitura e correção deste TCC. No entanto, graças a ela e aos meus pais, tornei-me uma pessoa melhor, pronta para continuar evoluindo tanto academicamente como profissionalmente.

Quero estender meus agradecimentos aos meus amigos e colegas de faculdade, especialmente a José Eduardo, com quem compartilhei toda essa jornada desde o início do curso. Boa parte do pessoal nunca imaginou que chegaríamos até aqui, e isso prova que a banca nem sempre ganha.

Também expresso minha gratidão aos demais amigos de turma, em particular a Ravenna Lins, Fillipe Marinho, Brendo Jr, Paloma dos Santos e Railton. Um agradecimento especial vai para o meu primeiro amigo na UFCG, Jonatan Pietro, que infelizmente não pode testemunhar essa conquista, mas sei que onde quer que esteja, continua torcendo por nós.

Chegando aos últimos, mas não menos importantes, deixo meu sincero agradecimento à minha professora, Dr^a. Cecir Barbosa de Almeida Farias. Agradeço por todas as oportunidades oferecidas, pela confiança em meu potencial, pelas orientações e dedicação. Recordo-me de um momento em particular durante o curso, quando quase fui reprovado em programação (lecionada por ela), mas persisti e, com sua orientação, participei de vários projetos na área como PROPEX e PIBIC, mostrando que perseverar diante das adversidades vale muito a pena no final.

Também agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Yuri Laio Teixeira Veras Silva, que mesmo chegando no final do meu curso, apresentou-me softwares fundamentais para minha

formação acadêmica. Hoje, apresento meu projeto utilizando um deles, e isso é resultado da sua orientação, paciência e dos valiosos ensinamentos ao longo deste período.

Por fim, agradeço a todos que conheci durante toda essa jornada e que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste objetivo. São muitas pessoas para mencionar em tão poucas palavras, mas envio meu abraço e consideração a todos.

Trabalho duro é inútil para aqueles que não acreditam em si mesmos.

RESUMO

Desde os primórdios do comércio, a gestão eficaz das filas tem sido uma preocupação constante para as empresas. A espera prolongada dos clientes nas filas não apenas gera insatisfação, mas também acarreta custos significativos para as organizações e influencia diretamente nas vendas. Ao longo da história, diversas estratégias foram empregadas para minimizar esse problema, mas somente com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de métodos analíticos mais sofisticados, como a teoria das filas aliada à simulação computacional, é que se tornou possível uma abordagem mais precisa e eficiente na gestão desses sistemas. Neste contexto, este estudo se propõe a investigar e modelar a complexa dinâmica das filas de atendimento em uma rede de supermercados na Paraíba, levando em consideração não apenas a demanda variável ao longo do dia e do mês, mas também os diferentes parâmetros que influenciam no tempo de espera dos clientes e na eficiência dos recursos disponíveis. Através da análise detalhada desses dados, busca-se identificar o número ideal de operadores de caixa, visando oferecer um gerenciamento eficiente do tempo de espera e, conseqüentemente, aprimorar a experiência dos clientes no estabelecimento. Além disso, este estudo também se propõe a demonstrar a relevância da gestão de filas no ambiente comercial, destacando os desafios enfrentados pelas empresas ao longo do tempo para conciliar a eficiência operacional com a satisfação do cliente. Ao compreendermos melhor as dificuldades e os avanços tecnológicos que moldaram essa área, poderemos contextualizar de forma mais abrangente as soluções propostas neste trabalho que engloba variáveis como taxa de utilização dos recursos, tempo de espera dos clientes e tamanho da fila, com o intuito de identificar soluções que otimizem o processo de atendimento, contribuindo para uma gestão mais eficaz do supermercado.

Palavras-chave: AnyLogic; Dados, Simulação; Software; Supermercado.

COMPUTER SIMULATION WITH ANYLOGIC TO REDUCE WAITING TIME AND MINIMIZE DOWNTIME IN CHECKOUT OPERATIONS: A CASE STUDY

ABSTRACT

Since the beginnings of commerce, effective queue management has been a constant concern for companies. Customers' prolonged waiting in queues not only generates dissatisfaction, but also causes significant costs for organizations and directly influences sales. Throughout history, several strategies have been employed to minimize this problem, but only with the advancement of technology and the development of more sophisticated analytical methods, such as queuing theory combined with computer simulation, did a more precise and efficient approach become possible. efficient in managing these systems. In this context, this study proposes to investigate and model the complex dynamics of service queues in a supermarket chain in Paraíba, taking into account not only the variable demand throughout the day and month, but also the different parameters that influence the customer waiting time and the efficiency of available resources. Through detailed analysis of this data, the aim is to identify the ideal number of cashiers, aiming to offer efficient management of waiting time and, consequently, improve the customer experience at the establishment. Furthermore, this study also aims to demonstrate the relevance of queue management in the commercial environment, highlighting the challenges faced by companies over time to reconcile operational efficiency with customer satisfaction. By better understanding the difficulties and technological advances that have shaped this area, we will be able to contextualize in a more comprehensive way the solutions proposed in this work, which encompasses variables such as resource utilization rate, customer waiting time and queue size, with the aim of identifying solutions that optimize the service process, contributing to more effective supermarket management.

Keywords: AnyLogic; Data; Simulation; Software; Supermarket.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Porcentagem de <i>softwares</i> de acordo com a pesquisa.....	33
Figura 2 -	Classificação da Pesquisa.....	36
Figura 3 -	Etapas do estudo.....	37
Figura 4 -	Ferramenta de Modelagem – AnyLogic.....	42
Figura 5 -	Dados Brutos referente a filial Estados.....	44
Figura 6 -	Dados tratados referente a filial Estados.....	45
Figura 7 -	Tabelas da quantidade de cupons emitidos.....	47
Figura 8 -	Tabelas da quantidade de cupons médios emitidos.....	48
Figura 9 -	Fluxograma do modelo.....	49
Figura 10 -	Modelo de simulação do sistema de filas.....	50
Figura 11 -	Quadro de Modelagem AnyLogic.....	52
Figura 12 -	Gráfico de histograma.....	53
Figura 13 -	Gráfico de barras.....	54
Figura 14 -	Janela 3D AnyLogic.....	55
Figura 15 -	Acionadores das Configurações dos cenários.....	56
Figura 16 -	Plot – Plotar.....	57
Figura 17 -	Janela do Modelo - Modelagem do mercado apresentado.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Trabalhos utilizados por área e <i>software</i>	33
Quadro 2 -	Código para atribuição do tempo de chegada entre clientes – Manaíra...	51
Quadro 3 -	Código para atribuição do tempo de chegada entre clientes – Estados....	51
Quadro 4 -	Descrição dos tipos de configurações.....	59
Quadro 5 -	Alocação dos recursos para cada cenário da filial de Manaíra.....	67
Quadro 6 -	Alocação dos recursos para cada cenário da filial dos Estados.....	78
Quadro 7 -	Melhores cenários em relação aos operadores- Manaíra.....	89
Quadro 8 -	Melhores cenários em relação aos operadores - Estados.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Resultados dos cenários para 12 AFN e 1 AFF.....	62
Tabela 2 -	Resultados dos cenários para 12 AFN e 3 AFF.....	63
Tabela 3 -	Resultados das médias dos cenários para 1 AFF e 3 AFF.....	64
Tabela 4 -	Resultados dos cenários para a primeira configuração TypeWM_11 – Manáira.....	68
Tabela 5 -	Resultados dos cenários para a segunda configuração TypeWM_21 – Manáira.....	70
Tabela 6 -	Resultados dos cenários para a terceira configuração TypeWM_12 – Manáira.....	71
Tabela 7 -	Resultados dos cenários para a quarta configuração TypeWM_22 – Manáira.....	73
Tabela 8 -	Resultados dos cenários para a quinta configuração TypeWM_13 – Manáira.....	74
Tabela 9 -	Resultados dos cenários para a sexta configuração TypeWM_23 – Ma- náira.....	76
Tabela 10 -	Resultados dos cenários para a primeira configuração TypeWM_11 – Estados.....	79
Tabela 11 -	Resultados dos cenários para a segunda configuração TypeWM_21 - Estados.....	80
Tabela 12 -	Resultados dos cenários para a terceira configuração TypeWM_12 – Estados.....	82
Tabela 13 -	Resultados dos cenários para a quarta configuração TypeWM_22 – Es- tados.....	83
Tabela 14 -	Resultados dos cenários para a quinta configuração TypeWM_13 – Es- tados.....	85
Tabela 15 -	Resultados dos cenários para a sexta configuração TypeWM_23 – Es- tados.....	86
Tabela 16 -	Escolha dos melhores cenários- Manáira.....	88
Tabela 17 -	Escolha dos melhores cenários- Estados.....	90

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

FIFO - *First In First Out* (Primeiro a entrar, Primeiro a Sair)

LIFO - *Last In, First Out* (Último a entrar, Primeiro a Sair)

TypeW - Tipo Semana (*Week*)

TypeM - Tipo Mês (*Month*)

TypeWM - Tipo Semana/Mês

NR-17 - Norma Regulamentadora 17

FN - Fila Normal

FF - Fila *Fast*

FP - Fila de Prioridade

AFN - Atendente Fila Normal

AFF - Atendente Fila *Fast*

PDV - Pontos de Vendas (Caixas)

TCC- Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	PROBLEMA PESQUISA.....	17
1.2	OBJETIVO GERAL.....	17
1.2.1	Objetivos Específicos.....	17
1.3	JUSTIFICATIVA.....	18
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1	TEORIA DAS FILAS.....	21
2.1.1	Estrutura de um Sistema de Filas.....	23
2.1.2	Notação de Kendall.....	24
2.1.3	Modelos de Chegada.....	25
2.1.4	Métricas de Desempenho.....	25
2.2	GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE FILAS EM SUPERMERCADO.....	26
2.3	SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE SISTEMAS DISCRETOS.....	27
2.3.1	Simulação.....	28
2.3.2	Simulação Computacional e Modelagem.....	28
2.3.3	<i>Software</i> de Simulação.....	29
2.4	TRABALHOS RELACIONADOS.....	30
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	36
3.2	ETAPAS DA PESQUISA.....	37
3.2.1	Definição do Tema.....	38
3.2.2	Coleta de Dados.....	39
3.2.3	Tratamento dos Dados.....	40
3.2.4	Definição dos Cenários.....	40
3.2.5	Simulação no <i>Software</i>.....	41
4	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	43
4.1	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	43
4.1.1	Caracterização da Empresa.....	43
4.1.2	Caracterização da Empresa.....	44
4.1.2.1	Tratamento dos Dados Utilizados no Experimento.....	45
4.1.2.2	Análise dos Dados Utilizados no Experimento.....	46
5	RESULTADOS.....	49
5.1	APRESENTAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO DESENVOLVIDO.....	49
5.2	CONFIGURAÇÃO DAS SIMULAÇÕES.....	59
5.3	JUSTIFICATIVA DA QUANTIDADE DE OPERADORES NA FF.....	61
5.3.1	Utilização da NR-17 na Escolha da Quantidade de Agentes nas FF.....	61
5.3.2	Simulação com 1 Operadores de <i>Checkout</i> na FF.....	62
5.3.3	Simulação com 3 Operadores de <i>Checkout</i> na FF.....	63
5.3.4	Apresentação dos Motivo da Utilização de 2 Operadores de <i>Checkout</i> na FF.....	64
5.4	ESTUDO DOS CENÁRIOS.....	66
5.4.1	Cenário 1 - Resultados das Simulações para a Filial Manaíra.....	67

5.4.1.1	Resultado da Simulação do Cenários para a Primeira Configuração - Manaíra.	68
5.4.1.2	Resultado da Simulação do Cenários para a Segunda Configuração – Manaíra	70
5.4.1.3	Resultado da Simulação do Cenários para a Terceira Configuração – Manaíra...	71
5.4.1.4	Resultado da Simulação do Cenários para a Quarta Configuração – Manaíra...	73
5.4.1.5	Resultado da Simulação do Cenários para a Quinta Configuração – Manaíra...	74
5.4.1.6	Resultado da Simulação do Cenários para a Sexta Configuração – Manaíra.....	76
5.4.2	Cenário 2 - Resultados da Simulação para a Filial Estados.....	78
5.4.2.1	Resultado da Simulação do Cenários para a Primeira Configuração – Estados.	79
5.4.2.2	Resultado da Simulação do Cenários para a Segunda Configuração – Estados.	80
5.4.2.3	Resultado da Simulação do Cenários para a Terceira Configuração – Estados..	82
5.4.2.4	Resultado da Simulação do Cenários para a Quarta Configuração – Estados....	83
5.4.2.5	Resultado da Simulação do Cenários para a Quinta Configuração – Estados....	84
5.4.2.6	Resultado da Simulação do Cenários para a Sexta Configuração – Estados.....	86
5.5	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	87
5.5.1	Filial de Manaíra.....	87
5.5.2	Filial dos Estados.....	90
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
	REFERÊNCIAS.....	94

1 INTRODUÇÃO

A crescente competitividade no mercado global exige que as organizações busquem constantemente maneiras de aprimorar suas operações e serviços, pois esse é um indicador pelo qual o cliente tomará a decisão de utilizar ou não os serviços da empresa (Giacobo, 2010). Um dos desafios frequentes enfrentados por empresas de diversos setores é a gestão eficiente do tempo de espera em filas. Seja em serviços públicos, como hospitais e repartições governamentais, ou no setor privado, como em estabelecimentos comerciais, a otimização do tempo de espera não apenas melhora a satisfação do cliente, mas também contribui para a eficiência operacional.

A simulação de sistemas em *softwares* é uma abordagem crucial e versátil para modelar o comportamento dinâmico de sistemas complexos que chega para mitigar essa gestão de tempo, tal ferramenta é amplamente utilizada em diversas áreas, como engenharia, logística, economia e ciências da computação, assim, sua importância pode ser atribuída em vários setores. De acordo com Bicudo (2023), a implementação de uma simulação de gerenciamento de filas em um centro de distribuição varejista traz uma série de benefícios, incluindo a redução do tempo de espera dos clientes, a melhoria da utilização de recursos, o aumento da produtividade dos funcionários, o aprimoramento na previsão de demanda e melhorias na tomada de decisões estratégicas.

Essa técnica de simulação envolve a criação de modelos computacionais que reproduzem as características e interações de um sistema real, permitindo a análise de seu desempenho em diferentes cenários. Segundo Dos Santos (2020), a simulação fornece dados mais precisos, além de ser mais simples e flexível em detrimento às demais técnicas, ficando mais evidente em fluxos de clientes nas filas de caixas de loja e na verificação da eficiência do gerenciamento.

De acordo com Pegas (2017), o AnyLogic é destacado como o único *software* profissional de programação baseado em agentes que integra cartas de estado, cartas de ação e programação orientada a objetos do JAVA. Além disso, oferece a capacidade de empregar sistemas dinâmicos e fluxogramas tanto dentro quanto fora dos agentes. Essa versatilidade permite uma representação mais precisa e abrangente dos sistemas em estudo.

Como mencionado por Banks *et al.* (1984), a escolha de uma ferramenta de simulação apropriada é crucial para garantir a validade e a relevância dos resultados obtidos, pois permite o estudo e a experimentação das interações de sistemas complexos e simples. O foco central do estudo recai sobre a implementação de um sistema de sincronização utilizando a ferramenta

AnyLogic, visando a minimização do tempo de espera dos clientes e a maximização da eficiência dos operadores de caixa, reduzindo, assim, a ociosidade destes últimos.

De acordo com Medeiros (2016), a modelagem de processos implica na elaboração de um modelo que demonstra as interações crescentes entre atividades, pessoas, dados e objetos na produção de um bem específico. Ferreira (2001), descreve os passos essenciais para realizar um estudo de simulação de forma abrangente e segura. Isso inclui a formulação do problema, estabelecimento de objetivos claros, codificação do modelo, verificação, validação, projeto experimental, execução e análise das execuções, execuções adicionais, documentação do programa e elaboração de um relatório com os resultados.

Marquini (2007), sugere que a análise de um modelo por meio de simulação pode antecipar a viabilidade técnica e econômica no desenvolvimento de novos processos. No caso de plantas já em operação, a simulação do processo pode contribuir para otimizar as condições operacionais, visando melhorar a qualidade dos produtos e reduzir o consumo.

Com isso, temos que a problemática central abordada refere-se ao elevado tempo de espera em filas, aliado à disparidade de tempos ociosos ou sobrecarregados dos operadores de *checkout*. Essa pesquisa revela-se de suma importância para os gestores das empresas, pois oferece subsídios para a compreensão e resolução desses desafios operacionais, impactando diretamente na satisfação dos clientes e na eficiência interna.

A simulação de sistemas é uma ferramenta poderosa no campo da engenharia e gestão, permitindo modelar e analisar o comportamento de sistemas complexos em ambientes controlados. No contexto atual, onde a eficiência operacional é crucial para o sucesso de organizações em diversos setores, a simulação emerge como uma abordagem indispensável para otimizar processos e recursos.

Este trabalho de conclusão de curso (TCC) pretende contribuir para a compreensão e aplicação efetiva da simulação de sistemas, com foco na otimização do tempo de espera em filas. Ao utilizar o AnyLogic como ferramenta principal, busca-se oferecer uma abordagem integrada que possa ser aplicada em diferentes contextos organizacionais.

A relevância deste estudo reside na sua capacidade de proporcionar percepções valiosas para aprimorar a gestão de filas, otimizando processos e, conseqüentemente, elevando a eficiência operacional da instituição, podendo assim determinar o número ideal de atendentes para os dois tipos de filas existentes na empresa.

1.1 PROBLEMA PESQUISA

Visando resolver o desafio da escolha apropriada de operadores de caixa em diferentes dias, com o objetivo de otimizar o tempo de atendimento e reduzir a ociosidade dos colaboradores, surge a necessidade crucial para a organização tomar decisões estratégicas relacionadas à alocação de funcionários. Diante desse contexto, tornou-se indispensável conduzir um estudo que aborda a seguinte questão de pesquisa: "Qual seria a quantidade ideal de atendentes em dias e horários específicos para uma empresa do setor de varejo e atacado utilizar ao longo do mês?"

É relevante destacar que a empresa está empenhada em aprimorar a gestão do tempo de atendimento. Nos cenários que serão apresentados, procurou-se simular as condições ideais com diferentes quantidades de operadores de *checkout*. O intuito é viabilizar a substituição do modelo atual por uma opção mais eficiente, considerando as melhores práticas para otimização do atendimento ao cliente.

1.2 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma modelagem das interações dos clientes, com foco nas interações com os operadores de caixa.

1.2.1 Objetivos Específicos

- I. Aplicar a teoria das filas para identificar e analisar as variáveis de desempenho relevantes, como tempo médio de espera, taxa de ocupação dos caixas, etc.
- II. Reduzir a ociosidade dos colaboradores e o tempo de atendimento dos clientes.
- III. Desenvolver um modelo detalhado no Anylogic que representa as dinâmicas operacionais dos supermercados.
- IV. Coletar dados reais dos supermercados para validar o modelo proposto no Anylogic.
- V. Quantificar a demanda por caixas e operadores em diferentes períodos do dia e mês, identificando assim os gargalos no processo e propor soluções para o desenvolvimento de processos mais fluidos das transações de compra.
- VI. Propor estratégias para ajustar o número de caixas e operadores com base nas variações de demanda.

1.3 JUSTIFICATIVA

A escolha do tema deste estudo foi impulsionada pela sua profunda importância para organizações, com foco especial nos supermercados varejistas. Conforme Do Nascimento Junior (2018), a formação de filas demanda tempo e recursos, resultando em custos para as empresas e gerando insatisfação entre os clientes. Com base nisso, a abordagem de aprimoramento das filas não apenas tem o potencial de diminuir os custos operacionais, mas também de aumentar a satisfação dos clientes.

Conforme destacado por Grigoryev (2023), a presente pesquisa está focada no desenvolvimento de um projeto inovador de simulação destinado à otimização dos processos operacionais em supermercados, como mencionado por Bicudo. A escolha do *software* AnyLogic como a ferramenta central para a simulação foi respaldada pela sua flexibilidade e capacidade de modelagem em três paradigmas distintos: eventos discretos, processos e agentes.

Contudo, as intrincadas dificuldades inerentes aos desafios nessa área representam obstáculos significativos para os gestores, tornando imperativa a condução deste trabalho dedicado à simulação de sistemas.

Uma ilustração teórica que fundamenta essa abordagem é evidenciada por Souza e Rodrigues (2022), que também conduziram uma simulação de sistema em um supermercado, visando otimizar o atendimento nas filas dos caixas, resultando na redução do tempo médio de atendimento, assim como na diminuição tanto da fila média quanto da fila máxima.

O desenvolvimento do presente trabalho se justifica academicamente, como um importante exemplo para casos de mudanças de processos, pois a simulação permite modelar e testar cenários complexos sem a necessidade de implementação prática imediata. Isso possibilita avaliar o desempenho, identificar potenciais problemas e otimizar processos antes da implementação real.

Como podemos observar no trabalho de Yang (2014) que otimizou dinamicamente o número de abertura de bilhetes de entrada na estação de metro de Hangzhou para otimizar o processo. Dessa forma, reduz os riscos, custos e tempo; assegurando decisões informadas e eficientes na busca por soluções que realmente funcionem na prática.

Conforme destacado por Lopes *et al.* (2022) em seu projeto, que aborda a relevância do emprego de simulações computacionais no desenvolvimento de projetos de moldes por manufatura aditiva, observa-se que essa prática viabiliza a construção, reduz o tempo de fabricação e facilita a realização de testes, contribuindo para o avanço da maturidade tecnológica.

Em face da complexidade na seleção da melhor abordagem visando à redução de custos e ao aumento da eficiência nos procedimentos, a simulação computacional emerge como uma ferramenta essencial. Especificamente no contexto das filas de supermercado, essa ferramenta demonstra eficácia particular.

A partir dessas perspectivas, surge este trabalho com o objetivo de aplicar técnicas de simulação de sistemas no processo de atendimento de clientes. O intuito é obter informações que permitam uma gestão eficaz de mudanças nas escalas dos operadores de *checkout*, utilizando a ferramenta AnyLogic para a construção e simulação de painéis interativos.

Esses painéis têm como finalidade expor informações sobre o planejamento e controle da qualidade de maneira concisa e objetiva. A intenção é subsidiar decisões ágeis e seguras, garantindo assim a excelência e a melhoria contínua dos processos de modificações organizacionais.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho é organizado em seis capítulos, cada um desempenhando um papel fundamental na estruturação e apresentação da pesquisa. A sequência lógica destes capítulos visa proporcionar uma compreensão abrangente do estudo realizado.

O Capítulo 1, é iniciado com a apresentação do projeto, abordando um panorama histórico das filas, desde sua organização inicial até os modelos contemporâneos. Destaca-se também a relevância da simulação no contexto competitivo, juntamente com as ferramentas que viabilizam esse processo. Por fim, delineamos os próximos passos para a compreensão do projeto e situamos o leitor quanto ao conteúdo que será apresentado.

No Capítulo 2, foi desenvolvido o referencial teórico que abrange conceitos essenciais, gerenciamento de filas, simulação de processos, computacional e modelagem. Além disso, está sendo apresentada uma revisão de literatura que contribuiu significativamente para a fundamentação deste trabalho. Destacando, especialmente, a identificação dos *softwares* mais adequados para lidar com os desafios associados ao elevado índice de espera em supermercados.

No Capítulo 3, são detalhados os materiais e métodos adotados para a condução deste estudo. Esse capítulo proporciona uma visão clara da abordagem metodológica utilizada, fornecendo a base para a replicação e validação dos resultados obtidos.

O Capítulo 4, concentra-se na descrição do problema, apresentando uma análise detalhada de todos os experimentos realizados. Aqui, são explicitados todos os tipos de

experimentos conduzidos, bem como os parâmetros específicos empregados para a realização destes, proporcionando uma visão aprofundada do escopo e da complexidade da pesquisa.

No Capítulo 5, serão compartilhados os resultados provenientes das modelagens realizadas. Esta seção é crucial para a compreensão das descobertas alcançadas durante o estudo, permitindo uma avaliação crítica e a contextualização dos dados obtidos em relação aos objetivos propostos.

Finalmente, o Capítulo 6, apresenta a conclusão do trabalho, consolidando os principais achados e destacando sua importância. Além disso, fornecemos sugestões valiosas para pesquisas futuras, indicando possíveis direções e aprimoramentos que podem enriquecer ainda mais o entendimento sobre o tema abordado.

Esta estruturação cuidadosa visa proporcionar ao leitor uma experiência fluida e lógica ao percorrer os diferentes aspectos deste estudo, garantindo uma compreensão abrangente e apropriada do trabalho desenvolvido

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção visa apresentar os conceitos referenciais essenciais adotados para a composição da pesquisa. Para tanto, serão contextualizadas informações pertinentes ao setor de varejo e à simulação. Dentro desse contexto, serão abordados os seguintes conceitos fundamentais: notação de Kendall, modelos de chegada e de serviço além das métricas de desempenho. Ademais, serão exploradas definições dos trabalhos relevantes nesta área, juntamente com outros pontos de destaque para o entendimento abrangente do tema.

2.1 TEORIA DAS FILAS

Fogliatti e Mattos (2007), definem que um sistema com fila é aquele em que os usuários de uma população específica chegam para receber um serviço, permanecendo no sistema até que o serviço seja concluído, se necessário, e saindo assim que o serviço é completado. Essa situação ocorre quando a demanda por um serviço excede a capacidade do sistema de atender a todas as atividades solicitadas. Sendo assim, a fila de espera é composta por usuários que aguardam o mesmo procedimento ou serviço, cuja demanda é superior à oferta.

Diante disso, o responsável por gerenciar os serviços prestados aos clientes, deve buscar meios para lidar com as filas, de forma a reduzir o tempo de espera para realização do atendimento, uma vez que, se houver uma grande demora, pode-se ocasionar uma percepção negativa por parte dos clientes com relação a qualidade do serviço (DOILE, 2010). Em meio a esse contexto, existem várias técnicas que podem ser aplicadas na organização para não somente reduzir o tempo de espera, como oferecer uma experiência positiva para o cliente através de ações que distraiam e ocupem eles durante esse processo.

Conforme observado por Lira (2016), as filas não apenas implicam em tempo de espera, mas também podem representar um problema mais amplo que afeta a dignidade humana. Essa situação exaustiva pode gerar ansiedade, preocupação, estresse, cansaço, sentimentos de injustiça e desconforto. Nesse sentido, a geração de filas pode contribuir para esses sentimentos, pois os clientes podem estar inseguros com relação a conseguir ou não serem atendidos.

Além disso, existe a possibilidade de apresentarem *stress* e cansaço por permanecerem sentados ou em pé, por um período longo de tempo e até mesmo se sentirem injustiçados, em casos onde chegam primeiro no local e não são atendidos na devida ordem.

A teoria das filas consiste em um método analítico, onde existe uma observação constante de cada etapa, para compreender a geração de filas através de meios matemáticos e

utiliza modelos de filas para representação dos distintos sistemas de filas que aparecem na prática (WIESNER, 2016).

As medidas de desempenho que caracterizam a produtividade da organização, são avaliadas por essa teoria. Diante disso, é possível afirmar que:

Dentro desta problemática, a aplicação da Teoria das Filas na prestação de serviços possibilita estudar e acompanhar, dentre outras métricas, o tempo de espera e atendimento em filas, permitindo o controle e dimensionamento da quantidade de servidores, e conseqüentemente, ao aproveitar-se dos dados e informações obtidos, uma melhor utilização do tempo e processadores envolvidos em determinado sistema (SILVA *et al.*, 2014, p.5).

Identificar o tempo de espera e como são realizados os atendimentos das filas, são fatores essenciais na classificação do atendimento e aplicação de meios que otimizem o período de espera, para uma melhor experiência do cliente.

Com isso, existem algumas características de desempenhos das filas que precisam ser observadas antes de qualquer utilização de meios matemáticos. São eles: clientes e tamanho da população, processo de chegada, processo de atendimento, número de servidores, disciplina da fila, tamanho médio e máximo da fila e por fim, o tempo médio de espera na fila (PRADO, 2017), que são especificadas a seguir:

- Clientes e tamanho da população: Um cliente provém de uma população. Se essa população for grande e a chegada de um novo cliente não impactar na chegada dos clientes subsequentes, classifica-se então a população como infinita. Por outro lado, se essa variável é pequena e os clientes que estão na fila podem afetar os que estão fora, a população é considerada finita.
- Processo de chegada: Consiste na determinação da taxa média de chegada dos clientes e seu intervalo médio de chegadas. É importante salientar que, esses valores podem variar quando esse processo é estocástico e por isso, calcula-se a média apenas como um parâmetro para mostrar a distribuição dos valores em torno dela. No estudo das filas, o ritmo médio de chegada é representado pela letra grega λ e IC para o intervalo médio de chegadas. Em casos raros, o processo de chegada não apresenta variação, classificado então como determinístico.
- Processo de atendimento: Engloba o tempo de atendimento de cada cliente, analisado através de uma distribuição de probabilidade. Raramente a duração do atendimento será a mesma, na maioria das vezes sempre haverá uma variação. Para isso, é calculada a média do ritmo médio de atendimento (μ) e a duração média do atendimento (TA).
- Número de servidores: O sistema de filas precisa ter o número de servidores

estabelecidos, onde o mais simples consiste em único servidor atendendo um único cliente de cada vez. O número de servidores pode ser ampliado de acordo com o aumento do ritmo de chegada dos clientes.

- Disciplina da fila: Consiste na determinação de qual usuário será o próximo a ser atendido. Essa ordem pode acontecer de acordo com a disciplina FIFO (*First In First Out*) onde o primeiro a chegar será o primeiro a ser atendido, assim como pelo LIFO (*Last In First Out*) quando o último a chegar será o primeiro a ser atendido, poderá seguir também uma ordem aleatória ou de prioridade.
- Tamanho médio e máximo da fila: O tamanho médio da fila como o próprio nome já diz, demonstra a quantidade média de pessoas situadas nas filas. Desse modo, a organização deve direcionar os locais onde os servidores estão situados, de modo que os clientes não se sintam desconfortáveis ao pegar uma fila. O tamanho máximo da fila, está diretamente relacionado com a quantidade máxima de clientes que podem estar situados na fila de espera.
- Tempo médio de espera na fila: O tempo médio de espera depende dos processos de chegadas e do atendimento. O interessante é que não haja tempo de espera, mas em muitos casos isso não traz um retorno econômico favorável. Nesse sentido, o tempo de espera de uma pessoa é igual à soma do tempo de atendimento dos clientes que estão à frente dela.

2.1.1 Estrutura de um Sistema de Filas

Um sistema de filas é composto por diversos elementos cruciais que desempenham papéis específicos na sua operação, em sua grande maioria se caracteriza por incluir o servidor e qualquer elemento que esteja sendo servido naquele momento (GAVIRA, 2003).

Segundo Camelo *et al.* (2010), entre os componentes essenciais destacam-se: os clientes, que são os usuários que demandam o serviço; os servidores, responsáveis por atender as requisições dos clientes; a fila em si, que organiza e gerencia a ordem de atendimento dos clientes; e o processo de chegada, que determina como os clientes entram no sistema.

Cada um desses componentes desempenha um papel fundamental na eficiência e na operação geral do sistema de filas. Como observado por Jesus *et al.* (2016), a eficácia de um sistema de filas está intrinsecamente ligada à interação dinâmica entre seus componentes, desde a chegada dos clientes até o momento em que são atendidos pelos servidores.

Existem diferentes tipos de sistemas de filas, cada um com suas características e

aplicações específicas. Segundo Figueiredo (2010), os sistemas de fila única são aqueles em que todos os clientes aguardam em uma única linha para serem atendidos pelo próximo servidor disponível e efetuarem o pagamento das suas compras.

Por outro lado, Iglesias (2007), destaca que os sistemas de múltiplas filas são configurados de forma que uma fila individual é formada para cada guichê de atendimento. Essa configuração possibilita que os clientes tenham a opção de escolher entre várias filas, cada uma delas levando a um servidor específico.

Segundo Shortle *et al.* (2018), é comum encontrar situações em que os modelos e técnicas de análise discutidos não conseguem representar de forma adequada um sistema de filas específico. Isso pode ser atribuído às características dos mecanismos de entrada ou serviço, à natureza da disciplina da fila ou a combinações de ambos. Assim, a seleção do tipo adequado de sistema de filas é crucial para otimizar o desempenho e a satisfação do cliente em uma variedade de contextos organizacionais.

2.1.2 Notação de Kendall

A Notação de Kendall é uma ferramenta valiosa na teoria das probabilidades e estatísticas, frequentemente utilizada para comparar a concordância entre diferentes classificações ou ordens. De maneira geral, sistemas de fila são descritos por seis parâmetros $A/B/c/K/m/Z$, (FERREIRA, 2017), que são especificadas a seguir:

- A: distribuição do tempo de chegada;
- B: distribuição do tempo de serviço;
- c: número de servidores;
- K: número máximo de tarefas permitidas no sistema;
- m: tamanho da população de tarefas;
- Z: disciplina da fila.

Definindo assim o modelo $M/M/c$ como um sistema que possui uma única fila de clientes, onde os intervalos de tempo entre chegadas sucessivas seguem uma distribuição exponencial com média $1/\lambda$, sendo λ a taxa de chegada ao sistema, e os tempos de atendimento têm média $1/\mu$, onde μ é a taxa de serviço dos servidores.

De acordo com Da Silva *et al.* (2023), a Notação de Kendall proporciona uma síntese da natureza física do sistema, seus processos e a disciplina adotada. Isso permite a definição de diferentes modelos de sistemas de filas com base nas características observadas. Cada modelo

possui uma modelagem matemática específica para os indicadores de desempenho, sendo crucial identificar inicialmente qual modelo de sistema está sendo estudado.

2.1.3 Modelos de Chegada

Neves (2021), destaca que a fila de espera é o local onde os clientes aguardam para serem atendidos, caracterizada pelo número máximo de clientes suportados e pela disciplina da fila. A chegada dos clientes no sistema é um aspecto crucial na teoria de filas de espera, especialmente quando se realiza análises dos serviços de filas.

Welter (2016), explica que a fila LIFO (*Last In, First Out*) é definida pelo princípio de último a chegar, primeiro a sair, enquanto a fila de prioridade (FP) opera com base na preferência de atendimento ao cliente com a maior prioridade.

Já Prado (2017, apud Rodrigues et al., 2022), apresenta o modelo utilizado nesse projeto que é o FIFO (*First In, First Out*) que opera com base no atendimento dos indivíduos pela ordem de chegada, ou seja, o primeiro a chegar é o primeiro a ser atendido.

2.1.4 Métricas de Desempenho

As métricas de desempenho executam um papel fundamental na compreensão do comportamento do sistema em diversos cenários de uso, conforme destacado por Santos (2021). Para o sistema em questão, a métrica principal utilizada é a eficácia do sistema, a qual envolve a definição de cenários específicos e a verificação se o sistema responde conforme o esperado diante das ações identificadas.

Essa análise é realizada considerando parâmetros essenciais, tais como o tempo médio de espera na fila, o tempo médio de serviço e o número médio de clientes no sistema, assim como aborda Tarpinian (2023). Esses parâmetros proporcionam uma visão abrangente do desempenho do sistema, permitindo uma avaliação detalhada de sua eficácia em diferentes contextos de uso.

Tarpinian (2023), explica que o tempo médio de espera é a métrica que quantifica o tempo que um cliente ou paciente permanece aguardando atendimento em uma fila ou sistema de atendimento. Essa medida é relevante em diversos contextos, como filas de banco, call centers, hospitais, atendimento ao cliente em lojas físicas ou virtuais, entre outros.

Silva (2022), destaca que, no ambiente de varejo, o tempo médio de atendimento é uma medida que indica o tempo que o consumidor de uma empresa precisa aguardar para ter sua

demanda solucionada, que são fatores essenciais nesta pesquisa.

2.2 GERENCIAMENTO DE SISTEMAS DE FILAS EM SUPERMERCADO

No que tange à simulação de sistemas em redes varejistas podemos explicar que alguns fatores são importantes para análise, como ociosidade dos caixas e tempo gasto no estabelecimento, fatores esses que dificultam as simulações, mas que a imprevisibilidade nos mostra uma perspectiva totalmente diferente.

Segundo Fogliatti e Mattos (2007), a variabilidade da demanda ao longo do dia resulta em momentos de ociosidade nas caixas de atendimento, seguidos por períodos de insatisfação dos clientes devido à demora no atendimento. Pode-se dizer que para uma análise desse sistema é necessário selecionar um período de tempo no qual haja o funcionamento dos caixas, registrar o número de clientes que chega no sistema e o tempo de atendimento por caixa (FOGLIATTI e MATTOS, 2007).

A simulação em rede de supermercados apresenta bastante relevância para otimização da redução de filas. Partindo do contexto em que as filas proporcionam aborrecimentos, estresse e afeta na classificação do atendimento, é de suma importância que os gestores busquem fornecer uma experiência agradável para seus clientes, principalmente nestes estabelecimentos, uma vez que, esse setor apresenta uma forte concorrência e é altamente frequentado durante o mês.

Existem alguns estudos voltados para a simulação em supermercados, no qual pode ser citado o estudo de filas em caixas rápidos utilizando simulação computacional através do *software* Arena, realizado por Souza *et al.* (2015). O objetivo do trabalho supracitado, foi observar o comportamento dessas filas, onde o horário da coleta de dados se deu em períodos de pico, devido ao congestionamento desses caixas nesse intervalo. Com isso, através da simulação realizada pôde-se notar pontos de melhorias, incluindo o reposicionamento dos caixas e adição de mais um colaborador para realizar o empacotamento dos produtos, em períodos com maior movimentação de clientes.

Diante disso, é perceptível o quanto esses estudos agregam valor para as organizações, mas que infelizmente ainda existem uma quantidade inferior a respeito dessas simulações em rede de supermercados.

2.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE SISTEMAS DISCRETOS

A simulação de sistemas consiste na utilização de certas técnicas matemáticas, empregadas em *softwares* de computadores, as quais permitem imitar o funcionamento de praticamente qualquer tipo de operação ou processo do mundo real. Desse modo, para Prado (2017), as simulações são procedimentos realizados para obtenção de soluções por meio de análises de modelos que descrevem o comportamento dos sistemas usando um computador digital. Conforme Prado (2017), um sistema é definido como uma agregação de objetos que possuem alguma forma de interação ou interdependência entre si.

Desse modo, os modelos matemáticos utilizados nas simulações são classificados em estáticos ou dinâmicos ou Monte Carlo, determinístico ou estocástico e discretos ou contínuos (PEREIRA; CUNHA; SILVA, 2015). Ainda segundo esses autores, eles podem ser especificados da seguinte forma:

- Estáticos ou Dinâmicos ou Monte Carlo: os modelos estáticos tratam da representação do sistema sem levar em consideração a variável tempo, demonstrando o estado dele em apenas um instante. Por outro lado, os modelos dinâmicos apresentam a alteração do estado do sistema ao longo do tempo da simulação realizada.
- Determinístico ou Estocástico: Os modelos considerados determinísticos não utilizam variáveis aleatórias, ao contrário disso, os modelos estocásticos utilizam uma ou mais dessas variáveis. Quando existem entradas aleatórias, conseqüentemente as saídas serão aleatórias e só poderão ser consideradas como uma estimativa das características reais do modelo.
- Discretos ou Contínuos: Modelos discretos são aqueles em que o avanço da contagem de tempo na simulação ocorre de forma incremental, com a definição de valores a partir da ocorrência dos eventos ou através do estabelecimento de um valor fixo. Ao contrário disso, nos modelos contínuos o avanço da contagem do tempo ocorre de forma contínua, possibilitando a determinação dos valores das variáveis de estado a qualquer momento.

No contexto do setor de varejo, o sistema que melhor se adapta é o sistema discreto. Conforme descrito por Ribeiro (2015), trata-se de um sistema a eventos discretos que se caracteriza por sua dinamicidade, evoluindo com base na ocorrência de eventos em intervalos de tempo. Estes eventos tendem a ser irregulares e incertos, refletindo a natureza complexa e dinâmica do ambiente varejista. Essa definição ressalta a necessidade de abordagens flexíveis e adaptáveis para lidar com as variações e imprevisibilidades inerentes ao contexto do varejo.

2.3.1 Simulação

Entende-se que, a teoria das filas consiste em formulações matemáticas, já a simulação utiliza recursos tecnológicos para estruturar um modelo que represente o sistema em análise (PRADO, 2017). Diante disso, é necessário salientar a importância de utilizar esses dois meios na organização, visto que, o primeiro contribui com a redução dos problemas através da determinação da probabilidade de ocorrências de filas e o segundo, permite que seja visualizado virtualmente o funcionamento do sistema antes da implementação de melhorias no ambiente físico, para análise do cenário que mais irá favorecer a organização.

2.3.2 Simulação Computacional e Modelagem

Gavira (2003), ressalta que, na atualidade, a informação e o conhecimento são essenciais para a preparação de indivíduos e empresas para compreender e se adaptar à realidade. A simulação computacional é uma ferramenta poderosa para adquirir, organizar e construir conhecimento e visão sistêmica, promovendo a educação, o treinamento e facilitando a adaptação às mudanças rápidas na sociedade.

Por outro lado, Medeiros (2002), amplia a definição de simulação computacional, abrangendo desde simples animações até tecnologias avançadas como vídeo e realidade virtual, categorizando-as com base na interatividade entre o aprendiz e o computador.

Além disso, Junqueira (2006), explana que a modelagem é a prática de criar modelos para representar sistemas reais ou hipotéticos, realizando experimentos para explicar seu comportamento, construir teorias, melhorar o desempenho do sistema, projetar novos sistemas e prever comportamentos futuros ou efeitos de mudanças nas entradas, categorizando em cinco aspectos:

- Explicar o comportamento dos sistemas;
- Construir teorias ou hipóteses que consideram o comportamento observado;
- Aumentar o desempenho do sistema;
- Projetar novos sistemas com o desempenho desejado;
- Descrever comportamentos futuros ou o efeito produzido por mudanças no conjunto das entradas.

2.3.3 Software de Simulação

O AnyLogic é um *software* de simulação que oportuniza vários métodos que podem ser utilizados simultaneamente. Segundo De Lima e De Carvalho (2017), é uma ferramenta com uma *interface* gráfica que permite modelar ambientes complexos como manufatura, lógica de negócios, recursos humanos entre outros.

Além disso proporciona ao usuário três métodos de abordagem: sistemas dinâmicos, eventos discretos e programação baseada em agentes (PEGAS, 2017), apresentados a seguir:

- Sistemas dinâmicos: comumente utilizado para modelar partes contínuas com equações diferenciais, pressupõe um nível de abstração alto e é normalmente usada para modelagem estratégica.
- Eventos discretos: esse tipo de evento abrange o estudo de modelos de simulação cujas variáveis mudam de estado instantaneamente em pontos específicos de tempo, deste modo as abstrações são consideradas de níveis médio e baixo.
- Programação baseada em agentes: que permite criar e manipular agentes que podem variar de modelos muito detalhados, onde agentes representam desde objetos físicos, a modelos altamente abstratos, onde os agentes são empresas ou governos concorrentes.

Machado (2020), destaca que os *softwares* são amplamente empregados na simulação de projetos, sendo reconhecidos tanto no meio acadêmico quanto profissional pela qualidade oferecida. Pesquisadores valorizam essas ferramentas devido à sua ampla variedade de recursos disponíveis.

O AnyLogic é uma ferramenta amplamente utilizada na simulação de sistemas contemporâneos. Ele oferece recursos avançados para modelagem e visualização de sistemas reais, incluindo gráficos de alta qualidade e análise estatística integrada. Com suporte para projetos em 3D e 2D, o AnyLogic abrange três métodos modernos de simulação: evento discreto, baseado em agentes e dinâmica de sistemas (AnyLogic, 2020).

De acordo com informações fornecidas pela AnyLogic (2000), este software não apenas atende às demandas contemporâneas, mas também se destaca como uma ferramenta abrangente e robusta para abordar os desafios e dificuldades reais enfrentados por empresas e indústrias. Ao proporcionar uma abordagem multifacetada por meio de diferentes métodos de simulação, o AnyLogic emerge como uma solução integral para a compreensão profunda dos processos organizacionais, permitindo uma análise minuciosa para identificar áreas de melhoria e otimização.

2.4 TRABALHOS RELACIONADOS

Com o intuito de contribuir com o avanço deste estudo, foi realizada uma abrangente revisão da literatura, com o propósito de aprofundar a compreensão dos trabalhos desenvolvidos no âmbito da simulação computacional. Com base nesse contexto, é evidente que existem vários *softwares* especializados na modelagem e simulação de problemas, cada um com abordagens distintas.

Essas ferramentas podem ser aplicadas de forma eficaz na gestão de filas. Conforme indicado por Zaluski *et al.* (2018), a aplicabilidade dos *softwares* se estende por diversas áreas do conhecimento, abrangendo setores como saúde, física, química, várias disciplinas da engenharia e aplicações industriais. Com base nisso, o objetivo foi analisar as principais aplicações destas ferramentas de simulação, investigar os diversos tipos de desafios enfrentados e, adicionalmente, identificar os *softwares* mais empregados nesse contexto.

Priyangika (2015), apresentou uma análise de sistemas de filas para os dados empíricos de unidades de atendimento de caixas de supermercados, utilizando a teoria das filas. O objetivo do estudo foi avaliar a eficiência dos modelos em termos de utilização e tempo de espera, buscando estimar o tempo de espera e a extensão das filas. A simulação de filas foi empregada para obter resultados de desempenho amostral e soluções estimadas para múltiplos modelos de filas. Para isso, foram necessários dados empíricos, incluindo variáveis como horário de chegada na fila da unidade de atendimento.

Cheong e Chia (2019), objetivaram avaliar a eficácia da implementação da ferramenta comercial de varejo chamada *Queue Buster* para otimizar os processos de gestão de filas em lojas físicas, como parte de sua busca pela excelência operacional e produtividade. Utilizando a Teoria das Filas, desenvolveram um modelo de simulação com base em dados coletados em uma loja piloto, avaliando três métricas principais de desempenho - Tempo de Espera, Tempo do Sistema e Comprimento do Sistema - para dois sistemas de filas distintos: um com e outro sem a implementação do *Queue Buster*. Os resultados da simulação mostraram melhorias significativas em todas as métricas de desempenho com a adoção do *Queue Buster*. Além disso, propuseram uma faixa ideal de pontos de gatilho para iniciar a utilização do *Queue Buster* e realizaram uma Análise de Sensibilidade em diferentes horários de chegada para testar a robustez do modelo.

Dos Santos *et al.* (2020), compreende e aplica o método de simulação discreta na análise da fila dos caixas de uma loja de tecidos no bairro do Brás, em São Paulo. O estudo visou identificar o fluxo de clientes, tempos de atendimento e formação de filas. Inicialmente,

realizou-se uma análise de filas em colaboração com a equipe do estabelecimento. Posteriormente, o método de simulação discreta foi aplicado, permitindo compreender o fluxo de filas na loja e otimizar a eficiência do atendimento, resultando na minimização da quantidade de funcionários necessários para manter um serviço satisfatório.

Já no estudo realizado pelo Junior *et al.* (2020), o objetivo foi apresentar um trabalho de caso sobre o gerenciamento de filas em um supermercado, destacando os problemas encontrados nesse processo. Para reduzir o tempo de espera dos clientes nas filas dos caixas, utilizou-se a técnica de simulação discreta, vinculada ao *software* Arena, para analisar virtualmente o ambiente do supermercado. Essa abordagem quantitativa permitiu mensurar entidades e prever ações do ambiente de forma a mimetizar a realidade das filas. A simulação identificou as falhas no processo e as causas das filas, demonstrando que o tempo médio de espera poderia ser reduzido em 88,23% com a inclusão de 2 a 3 funcionários para o serviço. Destaca-se que essa técnica é favorável à resolução de problemas e à tomada de decisões, pois reduz o tempo de espera dos clientes e otimiza os investimentos financeiros nessa área.

De Moraes e Da Silva (2021), objetivaram analisar o dimensionamento de atendentes nos caixas de um supermercado, visando verificar o impacto no atendimento diante das variações no número de atendentes. Em um contexto de crescente concorrência no varejo, a qualidade no atendimento é considerada um diferencial competitivo significativo. O estudo utilizou técnicas de simulação de eventos discretos para analisar cenários diversos, apoiando as tomadas de decisão relacionadas ao dimensionamento adequado de atendentes nos caixas. A combinação do método de simulação a eventos discretos com a simulação computacional permitiu identificar a viabilidade e o ponto de ruptura entre o fluxo contínuo de clientes e a formação de filas, proporcionando *insights* valiosos para a gestão eficiente das operações.

Do Nascimento *et al.* (2021), objetivou analisar o sistema de atendimento em uma padaria na região leste de São Paulo, utilizando a modelagem dos processos por meio de métodos computacionais de simulação, com o uso do *Software* Arena. O estudo visou identificar gargalos, analisar o tempo de espera e o tamanho das filas ao longo do processo, além de propor melhorias para otimizar o atendimento atual. O método empregado incluiu pesquisa bibliográfica e coleta de dados na padaria, com cronometragem da chegada de clientes e tempo em cada processo, buscando adquirir uma visão abrangente da empresa e melhorar o fluxo de clientes para atender suas necessidades. Conclui-se que a análise dos processos por meio da modelagem pode ser aplicada em diversas áreas, contribuindo para o gerenciamento estratégico, competitividade, otimização de processos e lucratividade da empresa.

Pastana *et al.* (2021), objetivou analisar a formação e comportamento das filas em um

supermercado localizado na região metropolitana de Belém-PA, utilizando a teoria das filas. Foram coletados dados sobre a quantidade de clientes que chegavam por minuto e o tempo de atendimento, além de observações no fluxo e gerenciamento do sistema. O sistema foi caracterizado como M/M/2/∞/FIFO, revelando uma alta taxa de ocupação (94%) e tempo de permanência na fila elevado. Para mitigar a situação, foram realizadas análises de cenários, concluindo-se que o aumento em uma unidade do número de atendentes seria adequado para manter a qualidade dos serviços e a satisfação dos clientes. A aplicação da Teoria das Filas permitiu identificar melhorias potenciais para o gerenciamento do supermercado em meio ao contexto pandêmico, priorizando questões sanitárias e de saúde.

Da Rocha Nascimento *et al.* (2021), objetivou melhorar o gerenciamento de filas em uma agência bancária brasileira por meio de um estudo de caso real utilizando simulação de eventos discretos. Com a diminuição das unidades bancárias devido aos serviços *online*, o foco tem sido em otimizar o uso eficiente de funcionários e alcançar a excelência no serviço. O modelo de simulação, desenvolvido no *software* Arena, foi projetado, testado e aplicado considerando a replicação de Simulação de Eventos Discretos para estratégias de filas em um cenário bancário real. Foram coletados dados de chegada e atendimento de 115 clientes em Ferraz de Vasconcelos/SP. Os resultados sugerem que a agência bancária deveria considerar disponibilizar de 9 a 11 operadoras para atender os clientes, levando em conta a taxa de chegada e atendimento observada.

Coronado-Hernández *et al.* (2021), avaliou três políticas organizacionais em uma loja de varejo utilizando um modelo de simulação discreta no Simio. As políticas incluíram a utilização de diferentes números de caixas expressos e balcões de pesagem na seção de produtos hortifrutigranjeiros. Os resultados mostraram benefícios em todas as políticas durante dias de alta demanda, com melhorias em métricas críticas como comprimento da fila e tempo de espera. No entanto, em dias de baixa ou média demanda, as melhorias foram menos consistentes. Recomenda-se explorar estudos futuros que considerem o desempenho das políticas de forma simultânea.

Souza e Rodrigues (2022), objetivaram realizar uma simulação de sistema em um supermercado fictício para otimizar o atendimento nas filas dos caixas, reduzindo o tempo médio de atendimento e o tamanho das filas. Utilizando o *software* AnyLogic, os resultados obtidos após 15 minutos de modelagem indicaram a necessidade de adicionar um caixa, totalizando 3, para atender aos objetivos desejados. Embora isso implique em custos adicionais, espera-se que a implementação dessa mudança contribua para melhorar a eficiência do atendimento. O estudo destaca a aplicação da simulação de sistemas e da teoria das filas como

ferramentas valiosas na tomada de decisões para resolver problemas futuros e sustentar discussões e questionamentos sobre esses métodos.

Utomo *et al.* (2022), objetivou analisar as filas de cinema durante a era da COVID-19, comparando diferentes políticas de sistema de filas concebidas previamente. Com a exigência de distanciamento físico, incluindo nas filas de bilheteria, a simulação foi empregada como método para comparar políticas e analisar seus resultados sem a necessidade de implementação direta. O estudo visou desenvolver uma política de filas eficaz, considerando a distância entre as filas como um parâmetro chave. Os resultados obtidos permitiram a formulação de recomendações para o cinema sobre como projetar um sistema de filas capaz de reduzir o tempo de espera, ao mesmo tempo que mantém o distanciamento físico necessário. A simulação mostrou-se uma ferramenta valiosa para testar e comparar diferentes políticas de filas, contribuindo para a eficiência operacional e a segurança dos clientes durante a pandemia.

Bicudo (2023), analisa a formação de filas no contexto da recepção e expedição de cargas em um centro de distribuição no setor de Varejo. A formação de filas ocorre quando a demanda ultrapassa a capacidade do sistema, sendo essencial gerenciar essas filas para evitar gargalos no fluxo operacional. O estudo utiliza o *software* Flexsim para simular o processo, identificar padrões de fila e propor melhorias. A análise dos resultados visa otimizar a eficiência do sistema de recebimento e expedição, contribuindo para a gestão mais eficaz das operações no centro de distribuição.

Quadro 1 - Trabalhos utilizados por área e *software*

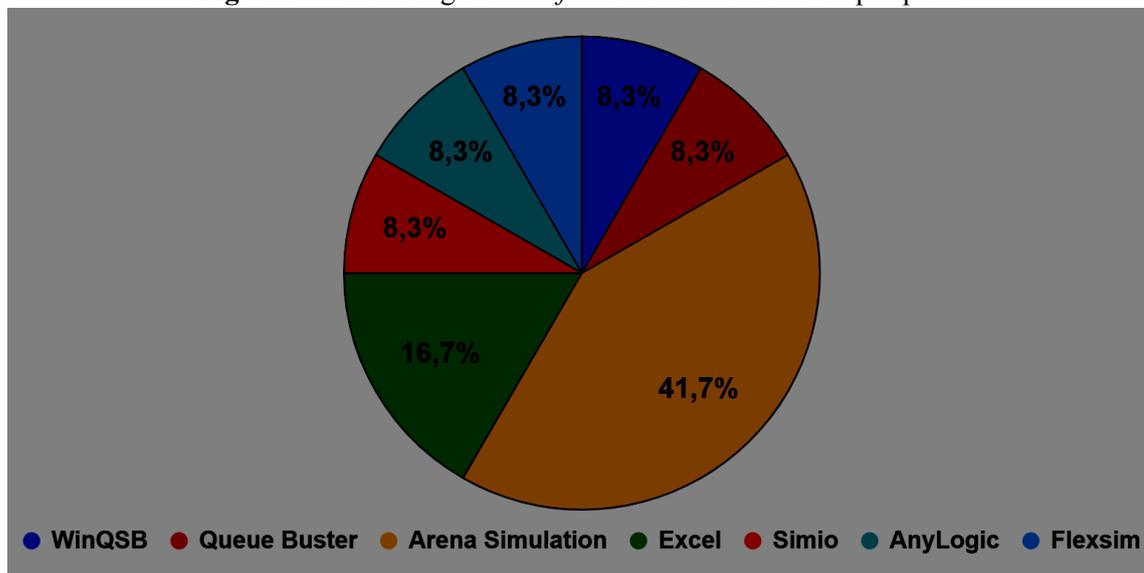
Nome do Artigo	Autor	Área de Atuação	Software Utilizado	País	Ano
Análise da operação de <i>checkout</i> de vendas em supermercado utilizando a teoria das filas	Priyangika	Mercado Varejista	WinQSB	Badulla - Sri Lanka	2015
Modelo de simulação para avaliar a eficácia da ferramenta de gerenciamento de filas na rede varejista de supermercados	Cheong e Chia	Mercado Varejista	<i>Queue Buster</i>	Singapura	2019
Simulação a eventos discretos aplicada à gestão de filas em uma loja de tecidos	Dos Santos <i>et al</i>	Mercado Varejista	<i>Arena Simulation</i>	São Paulo - Brasil	2020
Simulação discreta aplicada ao gerenciamento de filas em um supermercado	Junior <i>et al.</i>	Mercado Varejista	<i>Arena Simulation</i>	São Paulo - Brasil	2020
Simulação discreta aplicada à gestão de filas no varejo	De Moraes e Da Silva	Mercado Varejista	<i>Arena Simulation</i>	São Paulo - Brasil	2021

Aplicação do <i>software</i> Arena teoria das filas no atendimento ao cliente	Do Nascimento <i>et al.</i>	Mercado Varejista	Arena <i>Simulation</i>	São Paulo - Brasil	2021
Estudo de teoria das filas aplicado em um supermercado no período da pandemia de Covid-19	Pastana <i>et al.</i>	Mercado Varejista	<i>Excel</i>	Belém - Pará	2021
Simulação de eventos discretos aplicada ao gerenciamento de fila única: um estudo de caso em uma agência bancária	Da Rocha Nascimento <i>et al.</i>	Instituição Financeira	Arena <i>Simulation</i>	São Paulo - Brasil	2021
Avaliação de políticas organizacionais em uma loja de varejo baseada em modelo de simulação	Coronado-Hernández <i>et al.</i>	Mercado Varejista	<i>Simio</i>	Polônia	2021
Simulação de sistemas mediante modelagem em uma empresa fictícia no <i>software</i> AnyLogic	Souza e Rodrigues	Mercado Varejista	AnyLogic	Paraíba - Brasil	2022
Aplicação de simulação para política de filas de cinema na era Covid-19	Utomo <i>et al.</i>	Audiovisual	<i>Excel</i>	Samarinda - Indonésia	2022
Gerenciamento de filas: a aplicação no caso de um centro de distribuição varejista	Bicudo. W.A.S.	Cadeia de Suprimentos	Flexsim	Londrina - Brasil	2023

Fonte: Autoria Própria (2023).

De acordo com os dados do Quadro 1, identifica-se um total de 12 estudos dedicados à simulação de filas em supermercados ou temas correlatos. Esses estudos foram classificados em ordem crescente de acordo com o ano de publicação, indo do mais antigo ao mais recente.

Figura 1 - Porcentagem de *softwares* de acordo com a pesquisa



Fonte: Autoria Própria (2023).

Ao analisar os *softwares* empregados em cada pesquisa, foi desenvolvido o gráfico representado na Figura 1. Este gráfico revela que o *software* Arena Simulation foi o mais utilizado, pois possui uma característica marcante de dispensar o uso de linhas de código de programação, pois a forma de modelagem de processos é através de fluxogramas, facilitando assim a utilização de novos usuários; seguido pelas planilhas eletrônicas, com destaque para o *Microsoft Excel*, que apresentaram uma taxa de utilização superior em comparação com outros *softwares*.

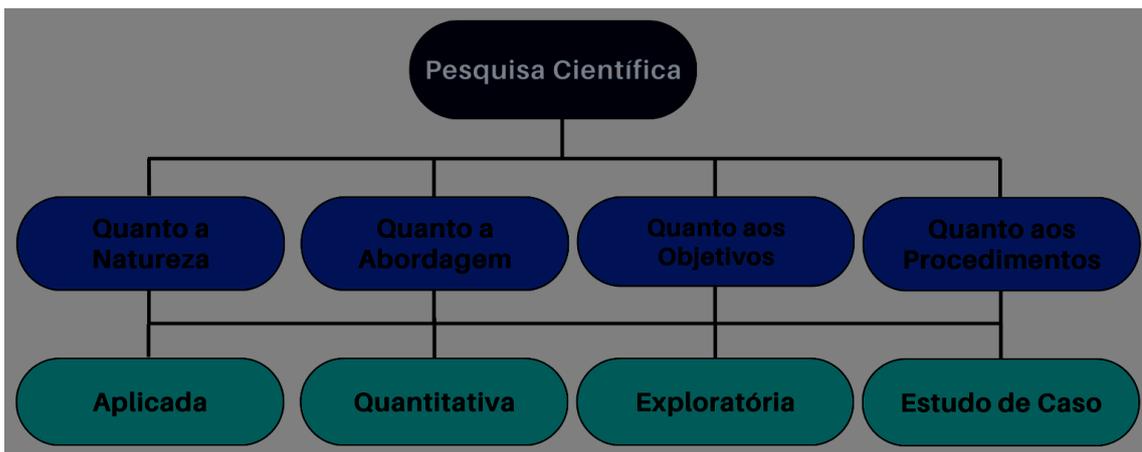
Com base nesses resultados, é notável o destaque do projeto que utiliza o AnyLogic no contexto acadêmico, apresentando uma abordagem inovadora, no entanto sua utilização ainda é baixa devido ao fato de seu conteúdo ser apresentado em inglês dificultando sua rápida disseminação. Enquanto os demais *software* e planilhas eletrônicas, são amplamente adotados, a utilização do AnyLogic se destaca como uma abordagem inovadora e promissora na simulação de filas em supermercados e áreas correlatas.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A presente seção é um componente crucial de qualquer pesquisa científica. Nesta fase, foram definidos os instrumentos, materiais, procedimentos e técnicas utilizados para conduzir o estudo. É aqui que a transparência e a replicabilidade da pesquisa se tornam evidentes, permitindo que outros pesquisadores validem e reproduzam os resultados.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Figura 2 - Classificação da Pesquisa.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Seguindo os conceitos expostos por De Assis (2010), o presente estudo científico se caracteriza em quatro aspectos, detalhados a seguir:

- Quanto à natureza: pode se manifestar como um trabalho original que contribui para o avanço do conhecimento científico, ou como um resumo baseado em estudos mais avançados, mantendo rigor científico, embora sem exigir originalidade.
- Quanto a abordagem: pode ser quantitativa, traduzindo informações em números com o uso de técnicas estatísticas, ou qualitativa, de natureza descritiva, sem quantificação.
- Quanto aos objetivos: podem ser gerais, representando uma visão global do tema, e específicos, que têm um caráter mais concreto e instrumental, ou geral reflete a pretensão maior do pesquisador, enquanto os específicos são elaborados com verbos de ação no infinitivo, como verificar, analisar e determinar.
- Quanto a procedimentos: formam as bases lógicas da investigação científica, proporcionando o plano geral do trabalho e o processo de raciocínio adotado com base em princípios lógicos.

No processo de desenvolvimento do estudo de caso, os fundamentos quantitativos foram baseados na análise de estruturação de processos a partir das coletas de dados, os exploratórios devido a busca *in loco* para a construção do objetivo geral resultando assim em um estudo de caso proposto, não esquecendo de desenvolver uma sugestão de otimização para os processos.

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

A jornada de pesquisa em questão é guiada por uma abordagem metódica e estruturada, visando otimizar os agentes de caixa em filiais específicas. Cada etapa é cuidadosamente desenhada para fornecer uma compreensão profunda e *insights* valiosos, culminando na apresentação de soluções refinadas e eficazes, tais etapas podem ser observadas na Figura 3.

Figura 3 - Etapas do estudo.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Essas etapas metodológicas, alinhadas e interconectadas, formam a espinha dorsal deste estudo, assegurando uma abordagem abrangente e significativa para a otimização de agentes de caixa nas filiais analisadas e podem ser evidenciadas da seguinte forma:

- **Revisão da Literatura:** teve início uma investigação ancorada em sólidas bases teóricas, com destaque para a obra "*Discrete-Event System Simulation 4ª Edição*" e outros conteúdos relevantes. Esta etapa garante que a abordagem seja fundamentada em

teorias consolidadas, preparando o terreno para uma pesquisa inovadora e precisa.

- **Estudo do *Software*:** foi investido um tempo significativo no entendimento das funcionalidades do *software* AnyLogic. Essa etapa foi crucial para maximizar o potencial do conhecimento na ferramenta, permitindo uma integração eficiente e eficaz nesse projeto de otimização de agentes de caixa.
- **Coleta de Dados:** a colaboração estreita com a gerência das filiais foi fundamental para o repasse dos dados já armazenados da empresa. As conversas estabeleceram uma base para a coleta de dados, garantindo que as informações obtidas sejam representativas e alinhadas com os objetivos da pesquisa.
- **Tratamento dos Dados:** exploração de métodos para o tratamento dos dados, visando extrair percepções valiosas. Esta etapa desempenhou um papel crucial na garantia da confiabilidade dos resultados e na capacidade de identificar padrões significativos.
- **Definição dos Cenários:** divisão dos modelos no AnyLogic, ajustando os parâmetros de acordo com as especificidades de cada filial. Esta etapa assegura que as simulações sejam fieis à realidade operacional, permitindo uma análise precisa e adaptada às condições específicas de cada estabelecimento.
- **Construção dos Cenários:** desenvolvimento de ambientes virtuais que reproduzem as condições operacionais de cada filial. Esta etapa foi crucial para a criação de cenários de simulação que reflitam com precisão a complexidade do ambiente real.
- **Simulação no *Software*:** realização de simulações robustas no AnyLogic, repetindo cada cenário no mínimo 10 vezes para reduzir a probabilidade de erro, visando fornecer resultados consistentes e confiáveis, formando a base para análises subsequentes.
- **Construção dos Resultados:** análise detalhada dos resultados obtidos nas simulações foram realizadas utilizando métodos estatísticos avançados, identificando padrões, tendências e clareza que orientarão as conclusões finais.
- **Apresentação das Melhores Soluções:** por fim, com base nos parâmetros e resultados obtidos, foram destacadas as melhores escolhas de agentes de caixa para cada estabelecimento. Esta fase final representa a aplicação prática dos dados e *insights* obtidos, resultando em recomendações fundamentadas para a otimização operacional.

3.2.1 Definição do Tema

Após revisar os trabalhos relacionados, procedeu-se à investigação da aplicação do *software* empregado em todo o estudo. Subsequentemente, foi conduzida uma pesquisa

detalhada sobre a ferramenta, analisando meticulosamente seus prós, contras e aplicabilidade em questões relacionadas aos deslocamentos no supermercado. A partir desta análise inicial, o *software* AnyLogic foi identificado como o que melhor atendia aos requisitos do estudo.

Posteriormente, foram realizadas diversas simulações utilizando os dados coletados, com o objetivo de obter uma visão abrangente da simulação na cadeia de supermercados.

Com base nos resultados dessas simulações e na eficácia do programa, o *software* AnyLogic continuou sendo eleito como o mais adequado para lidar com simulações na cadeia de supermercados. Após verificar a robustez do *software* e suas múltiplas aplicações, o tema central de análise para este estudo foi definitivamente estabelecido.

3.2.2 Coleta de Dados

Após a definição do tema, foi estabelecido um sólido contato com a empresa, que cedeu suas filiais de Manaíra e Estados, tornando-as o foco primordial deste estudo. O propósito fundamental dessa interação foi a obtenção dos dados essenciais para a condução das simulações necessárias à pesquisa.

De acordo com Francisco *et al.* (2012), a coleta de dados *in loco* é um procedimento que resulta na consolidação da expertise institucional, pois reflete a reflexão dos agentes com base nas atividades realizadas durante o ciclo estipulado. A coleta de dados, vital para o desenvolvimento das simulações, foi realizada mediante um processo direto e proativo junto à gerência das filiais da organização.

Destaca-se a colaboração significativa da equipe de gestão, que prontamente forneceu informações abrangentes relativas ao desempenho da empresa ao longo dos meses. Vale ressaltar que, durante este processo, foram concentrados esforços na obtenção de dados referentes ao mês de atuação no mercado, é digno de nota que o período de compra demonstra uma notável estabilidade ao longo de quase todos os meses do ano.

Contudo, é necessário fazer uma ressalva em relação aos períodos festivos, como o Natal e o Ano Novo. Infelizmente, a coleta de dados não foi possível durante o mês correspondente a essas festividades. A compreensão profunda desses padrões temporais é essencial para a precisão das simulações realizadas neste estudo. A não coleta de dados durante os meses festivos, embora compreensível dadas as circunstâncias, ressalta a importância de reconhecer e considerar as variações sazonais que podem impactar significativamente os resultados da pesquisa.

3.2.3 Tratamento dos Dados

Diante da vasta disponibilidade de dados fornecidos pela empresa, surgiu a necessidade premente de realizar uma criteriosa seleção, visando identificar os elementos verdadeiramente cruciais para a eficácia dos experimentos a serem conduzidos. Esta etapa tornou-se um ponto de partida essencial, requerendo uma abordagem estratégica e analítica para garantir a relevância e precisão dos dados utilizados.

O processo de seleção não se limitou apenas à análise direta dos dados brutos, mas incorporou um estudo teórico abrangente de todas as variáveis consideradas cruciais para a escolha do local ideal para uma nova instalação. Além disso, uma exploração minuciosa foi realizada no *software* designado, com o intuito de identificar e compreender integralmente todos os dados e parâmetros essenciais para a execução dos experimentos planejados.

Após a conclusão dessa fase de estudo teórico e análise do *software*, procedeu-se com a aplicação de um filtro criterioso no banco de dados fornecido pela empresa. Este filtro foi concebido para extrair e selecionar de maneira precisa todas as informações indispensáveis à realização dos experimentos propostos. O processo de filtragem buscou garantir não apenas a relevância, mas também a integridade e qualidade dos dados escolhidos para integrar a base experimental.

Dessa forma, a seleção de dados foi realizada de maneira estratégica e embasada, assegurando que apenas as informações mais pertinentes e fundamentais fossem incluídas no escopo dos experimentos, essa abordagem refinada não apenas otimiza a eficiência do processo experimental, mas também fortalece a confiança nos resultados obtidos, contribuindo significativamente para a solidez e credibilidade do projeto em sua totalidade.

3.2.4 Definição dos Cenários

A estruturação dos cenários neste estudo foi realizada de maneira metódica, contemplando tanto a filial em Manáira quanto a unidade do Estado. A abordagem adotada teve como objetivo capturar a complexidade operacional em diversos períodos do mês, considerando variações semanais e diárias para garantir uma representação abrangente da dinâmica desses estabelecimentos.

Foram delineados 06 cenários temporais distintos, cada um cuidadosamente desenhado para explorar diferentes nuances operacionais, cobrindo desde os primeiros até os últimos dias do mês. Essa abordagem permitiu uma análise completa dos padrões de demanda e desempenho

ao longo do período considerado.

Para cada um desses cenários, foram exploradas 06 configurações distintas de operadores de *checkout*, abrangendo diferentes quantidades para testar a eficiência operacional. Cada configuração passou por um rigoroso teste por meio de 10 simulações independentes, e a média dessas simulações foi calculada, essa abordagem pormenorizada proporcionou uma análise holística das operações, considerando diferentes níveis de demanda e variabilidade temporal.

É relevante enfatizar que essa metodologia robusta e detalhada resultou em dados com uma taxa de erro extraordinariamente baixa. O rigor empregado na coleta, simulação e análise assegurou a veracidade e confiabilidade dos resultados, confirmando a solidez das conclusões apresentadas no projeto. A riqueza dos dados obtidos por meio desses cenários não apenas valida as conclusões deste estudo, mas também oferece percepções valiosas para aplicações futuras.

A compreensão aprofundada das variações nas operações de *checkout* em diferentes contextos temporais proporciona uma base sólida para recomendações precisas, contribuindo significativamente para o avanço do conhecimento nesta área específica.

3.2.5 Simulação no *Software*

Destaca-se que as simulações foram realizadas utilizando o *software* AnyLogic, uma plataforma poderosa que oferece recursos avançados de modelagem e simulação. Na figura 4 temos a representação da tela de iniciação do dispositivo, *software* esse que possibilitou uma representação detalhada e precisa do sistema em estudo, permitindo análises robustas e a identificação de possíveis melhorias na eficiência operacional.

Figura 4 - Ferramenta de Modelagem - AnyLogic



Fonte: *The AnyLogic Company* (2000).

Após a coleta dos dados essenciais para conduzir os experimentos e a definição dos cenários propostos, avançamos para a fase prática do estudo, iniciando a execução de simulações e otimizações por meio do *software* escolhido. As simulações foram conduzidas em uma sequência estruturada, abrangendo os cenários relacionados ao atual centro de comercialização e, posteriormente, explorando configurações com a adição de dois novos operadores de *Checkout*.

Para garantir abrangência, foram desenvolvidos dois modelos de simulação, um dedicado ao mercado de Manaíra e outro ao do Estado. Cada modelo foi submetido a seis cenários distintos, considerando variações nos períodos da semana e nos dias do mês.

4 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Na presente seção, será abordada a localização estratégica e o desenvolvimento histórico da empresa, destacando suas vantagens competitivas, detalhando missão e ativos distintivos. Os parâmetros do experimento serão explicados para garantir transparência, e os dados serão discutidos criticamente quanto à fonte e confiabilidade, assegurando uma base sólida para compreensão dos resultados apresentados.

4.1 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Nesta seção, serão apresentados o desenvolvimento do trabalho no qual aborda detalhadamente os métodos, caracterização da empresa e parâmetros dos dados, proporcionando uma análise crítica dos resultados à luz da revisão da literatura.

4.1.1 Caracterização da Empresa

O estudo foi conduzido na empresa de comércio varejista, Rede Menor Preço Supermercado Ltda. Fundada em 2006, a empresa emergiu como uma das principais da região, contando atualmente com quatro lojas. Sua sede está localizada na Rua Joaquim Pires Ferreira, bairro dos Estados em João Pessoa–PB, sendo uma das instalações consideradas neste estudo. As outras três filiais estão distribuídas pelos bairros de Manaíra (segunda loja presente na análise), Cristo Redentor e Intermars.

O foco principal da empresa é o comércio varejista de mercadorias em geral, com ênfase em produtos alimentícios - supermercados, conforme o código CNAE G-4711-3/02, ou seja, venda de produtos alimentício com áreas de venda variando entre 300 e 5000 metros quadrados.

Além disso, suas atividades secundárias englobam restaurantes e outros estabelecimentos de serviços de alimentação e bebidas, comércio varejista de produtos de padaria, laticínio, doces, balas e similares, bem como o comércio varejista de cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal.

A empresa é comprometida em aprimorar sua gestão, estabelecendo metas e objetivos para proporcionar a melhor experiência possível aos seus clientes. Nesse contexto, foi conduzido um estudo de simulação das filas, visando otimizar o tempo de atendimento e, conseqüentemente, oferecer uma experiência mais satisfatória aos clientes. Este processo reflete o compromisso da organização em buscar constantemente estratégias que aprimorem seus

serviços e promovam a excelência no atendimento.

4.1.2 Dados Utilizados no Experimento

Na Figura 5, destacamos os dados fundamentais para o desenvolvimento do presente estudo. A coleta abrangeu aproximadamente 432 linhas de informações, incluindo data, hora de início e término, quantidade de produtos vendidos, quantidade de cupons emitidos e o cupom médio. Essa abrangente coleção de dados permitiu uma análise detalhada das dinâmicas de vendas ao longo do tempo, proporcionando *insights* para a compreensão dos padrões de consumo.

Figura 5 - Dados Brutos referente a filial Estados

	A	B	C	D	E	F
1	Data	Hora Início	Hora Término	Qtde. Vendida	Qtde. Cupom	Cupom Médio
2	4/1/2022	07:00:00	08:00:00	1.743,56	138	R\$ 89,89
3	4/1/2022	08:00:00	09:00:00	3.951,55	187	R\$ 150,69
4	4/1/2022	09:00:00	10:00:00	4.127,93	196	R\$ 142,46
5	4/1/2022	10:00:00	11:00:00	4.388,18	205	R\$ 149,01
6	4/1/2022	11:00:00	12:00:00	5.928,15	236	R\$ 189,98
7	4/1/2022	12:00:00	13:00:00	3.930,47	173	R\$ 146,91
8	4/1/2022	13:00:00	14:00:00	2.613,28	150	R\$ 126,81
9	4/1/2022	14:00:00	15:00:00	3.195,04	160	R\$ 139,26
10	4/1/2022	15:00:00	16:00:00	3.455,70	181	R\$ 131,34
11	4/1/2022	16:00:00	17:00:00	5.047,67	257	R\$ 134,50
12	4/1/2022	17:00:00	18:00:00	5.301,69	289	R\$ 121,26
13	4/1/2022	18:00:00	19:00:00	5.720,06	282	R\$ 130,26

Fonte: Autoria Própria (2023).

Na segunda aba da planilha “Por pdv”, foram consolidados 488 dados cruciais para a pesquisa. Esses registros incluíam informações sobre o PDV, que categoriza o tipo de caixa, como: pequenas compras, caixa normal, caixa preferencial e recepção.

Além disso, cada linha continha detalhes sobre o dia da semana, quantidade de produtos vendidos, quantidade de cupons emitidos e o cupom médio. A categorização específica do PDV permitiu uma análise mais refinada das operações, identificando padrões distintos associados a cada tipo de caixa.

Posteriormente à coleta desses dados, empreendeu-se em mais uma etapa crucial no processo de pesquisa, conforme apresentado na seção 4.1.2.1. Nessa fase, os dados foram submetidos a um tratamento meticuloso, visando a organização, limpeza e preparação para

análise.

Essa abordagem sistemática e rigorosa, detalhada na seção mencionada, foi essencial para garantir a confiabilidade e a qualidade dos dados utilizados ao longo do estudo. Assim, a combinação de uma extensa coleta de dados e um tratamento cuidadoso oferece uma base sólida para as conclusões apresentadas neste estudo, reforçando a credibilidade e relevância dos resultados obtidos.

4.1.2.1 Tratamento dos Dados Utilizados no Experimento

No decorrer desta pesquisa, a análise dos dados desempenhou um papel central na compreensão e interpretação das informações obtidas. Para realizar o tratamento dos dados, foram adotados diversos parâmetros que visavam uma abordagem abrangente e estruturada. As informações disponíveis na Figura 6, foram submetidas a um rigoroso processo de categorização, com ênfase em diferentes dimensões temporais e características específicas dos dias de operação dos supermercados. Seguindo os conceitos expostos na figura, as variáveis se caracterizam da seguinte forma:

- **Qtde. Vendida:** representa a quantidade de compras realizadas dentro das instituições, expressa em valor monetário (reais).
- **Qtde. Cupom:** representa a quantidade de vendas realizadas durante o turno de atendimento.
- **Cupom Médio:** corresponde à média obtida entre o valor total das vendas em reais e a quantidade de cupons emitidos por dia.

Figura 6 - Dados tratados referente a filial Estados

	A	B	C	D	E	F	G
1	Data	Coluna1	Hora Início	Hora Término	Qtde. Vendida	Qtde. Cupom	Cupom Médio
2	4/1/2022	sexta-feira	07:00:00	08:00:00	1.743,56	138	R\$ 89,89
3	4/1/2022	sexta-feira	08:00:00	09:00:00	3.951,55	187	R\$ 150,69
4	4/1/2022	sexta-feira	09:00:00	10:00:00	4.127,93	196	R\$ 142,46
5	4/1/2022	sexta-feira	10:00:00	11:00:00	4.388,18	205	R\$ 149,01
6	4/1/2022	sexta-feira	11:00:00	12:00:00	5.928,15	236	R\$ 189,98
7	4/1/2022	sexta-feira	12:00:00	13:00:00	3.930,47	173	R\$ 146,91
8	4/1/2022	sexta-feira	13:00:00	14:00:00	2.613,28	150	R\$ 126,81
9	4/1/2022	sexta-feira	14:00:00	15:00:00	3.195,04	160	R\$ 139,26
10	4/1/2022	sexta-feira	15:00:00	16:00:00	3.455,70	181	R\$ 131,34
11	4/1/2022	sexta-feira	16:00:00	17:00:00	5.047,67	257	R\$ 134,50
12	4/1/2022	sexta-feira	17:00:00	18:00:00	5.301,69	289	R\$ 121,26
13	4/1/2022	sexta-feira	18:00:00	19:00:00	5.729,06	282	R\$ 139,26

Por horário | Por pdv | Tabela de vendas por horário | Tabelas por PDV (Qtde. Cupom) | Tabelas por PDV (Cupom Médio)

Fonte: Autoria Própria (2023).

Na Figura 6, temos inicialmente, a quantificação do 'total de cupons' e 'cupom médio' foi realizada, levando em consideração a distinção por tipo de caixa em cada dia. Esse desdobramento permitiu uma visão detalhada da distribuição dessas métricas ao longo do tempo, revelando padrões específicos associados a cada modalidade de caixa.

Além disso, a análise contemplou a obtenção da quantidade média de 'total de cupons' e 'cupom médio' por tipo de caixa e por dia. Esse enfoque proporcionou uma compreensão mais refinada das tendências médias diárias, destacando variações que poderiam influenciar as operações cotidianas.

A segmentação dos resultados em relação aos dias da semana e aos finais de semana e feriados permitiu uma análise mais aprofundada sobre a influência do contexto temporal nas métricas. Essa diferenciação proporcionou percepções valiosas sobre os padrões de consumo, comportamento do cliente e a eficácia operacional dos diferentes tipos de caixa em diferentes períodos.

Outro aspecto relevante foi a investigação das variações ao longo do mês. A quantificação do 'total de cupons' e 'cupom médio' durante os primeiros e últimos sete dias do mês, assim como nos demais dias, ofereceu uma visão panorâmica e estratificada do desempenho, possibilitando identificar possíveis variações sazonais ou tendências mensais específicas.

Em suma, o tratamento dos dados adotado neste trabalho não apenas proporcionou uma compreensão aprofundada das métricas de interesse, mas também permitiu a identificação de padrões e variações cruciais. Essa abordagem sistemática e detalhada contribuiu significativamente para a robustez e relevância das conclusões apresentadas ao longo deste TCC e contribuiu para a programação do tempo na simulação dos sistemas.

4.1.2.2 Análise dos Dados Utilizados no Experimento

Para realizar uma análise mais aprofundada dos dados coletados nesse projeto, foram elaboradas tabelas que visam facilitar a identificação prática das informações essenciais. Dentre os dados compilados, destaca-se:

1. Quantidade total de cupons e cupom médio por tipo de caixa e por dia: essa análise proporcionou uma visão diária abrangente do volume de cupons, permitindo identificar padrões e variações.
2. Quantidade média de cupons e cupom médio por tipo de caixa e por dia: a média diária

oferece uma compreensão sobre o desempenho médio ao longo do tempo, fornecendo uma perspectiva mais estável.

3. Quantidade total e média de cupons e cupom médio por tipo de caixa durante os dias de semana: segmenta os dados pelos dias úteis da semana possibilitando identificar comportamentos específicos em dias normais de operação.
4. Quantidade total e média de cupons e cupom médio por tipo de caixa durante os finais de semana e feriados: analisa o desempenho nos finais de semana e feriados destaca possíveis variações sazonais ou padrões específicos desses períodos.
5. Quantidade total e média de cupons e cupom médio por tipo de caixa durante os 7 primeiros dias do mês: essa subdivisão permitiu observar possíveis tendências ou comportamentos específicos no início de cada mês.
6. Quantidade total e média de cupons e cupom médio por tipo de caixa durante os 7 últimos dias do mês: a análise dos últimos dias do mês foi importante para revelar padrões relacionados a fechamentos mensais, comportamentos de consumo ou estratégias de vendas.
7. Quantidade total e média de cupons e cupom médio por tipo de caixa durante os demais dias do mês: ao excluir os primeiros e últimos sete dias do mês, essa análise isola os padrões regulares, fornecendo uma visão mais consistente do desempenho ao longo do período mensal.

Figura 7 - Tabelas da quantidade de cupons emitidos.

Fonte: Autoria Própria (2023).

Figura 8 - Tabelas da quantidade de cupons médios emitidos.

Quantidade total e média de cupons por tipo de caixa			Quantidade total de cupons por caixa durante a semana									
Rótulos de Linha	Soma de Cupom Médio	Média de Cupom Médio2	Soma de Cupom Médio	Rótulos de Linha	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	Total Geral
Caixa normal	41690,33	188,6440271										
Caixa preferencial	10128,32	168,8053333		Caixa normal		4319,06	4484,65	4733,38	5640,3	6159,16	7745,81	8607,97
Pequenas compras	10433,18	59,27943182		Caixa preferencial		1110,39	1106,72	1129,37	1433,06	1501,15	1916,95	1930,68
Recepção	1667,19	55,573		Pequenas compras		1128,18	1246,25	1307,66	1230,77	1485	1828,18	2207,14
Total Geral	63919,02	131,2505544		Recepção		114,17	214,9	295,01	280,72	177,85	248,13	336,41
				Total Geral		6671,8	7052,52	7465,42	8584,85	9323,16	11739,07	13082,2
												63919,02

Quantidade total e média de cupons por dia			Quantidade média de cupons por caixa durante a semana									
Rótulos de Linha	Soma de Cupom Médio	Média de Cupom Médio2	Média de Cupom Médio	Rótulos de Linha	DOM	SEG	TER	QUA	QUI	SEX	SAB	Total Geral
4/1/2022	2794,71	155,2616667										
Caixa normal	1867,06	233,3825		Caixa normal		172,7624	172,4865385	163,22	181,9451613	198,6825806	198,6105128	215,19925
Caixa preferencial	455,72	227,86		Caixa preferencial		138,79875	138,34	141,17125	179,1325	187,64375	191,695	193,068
Pequenas compras	423,28	60,46857143		Pequenas compras		56,409	54,18478261	56,85478261	55,94409091	61,875	57,130625	68,973125
Recepção	48,65	48,65		Recepção		28,5425	53,725	73,7525	70,18	44,4625	49,626	67,282
4/2/2022	2964,44	164,6911111		Total Geral		117,0491228	115,615082	116,6471875	132,0746154	139,1516418	136,500814	150,3701149
Caixa normal	1930,07	241,25875										
Caixa preferencial	459,93	229,965										
Pequenas compras	539,32	77,04571429										
Recepção	35,12	35,12										
4/3/2022	2289,99	152,666										
Caixa normal	1582,35	126,05										
Caixa preferencial	345,06	172,53										
Pequenas compras	324,84	64,968										
Recepção	37,74	37,74										
4/4/2022	1911,8	127,4533333										
Caixa normal	1305,45	136,2357143										

Fonte: Autoria Própria (2023).

Essas tabelas estruturadas proporcionaram uma compreensão mais profunda dos dados coletados, permitindo uma tomada de decisões mais informada e eficaz no desenvolvimento do projeto ficando evidente na Figura 7 e 8. Para uma melhor visualização desse tratamento temos à disposição as tabelas detalhadas no Apêndice do A ao X.

5 RESULTADOS

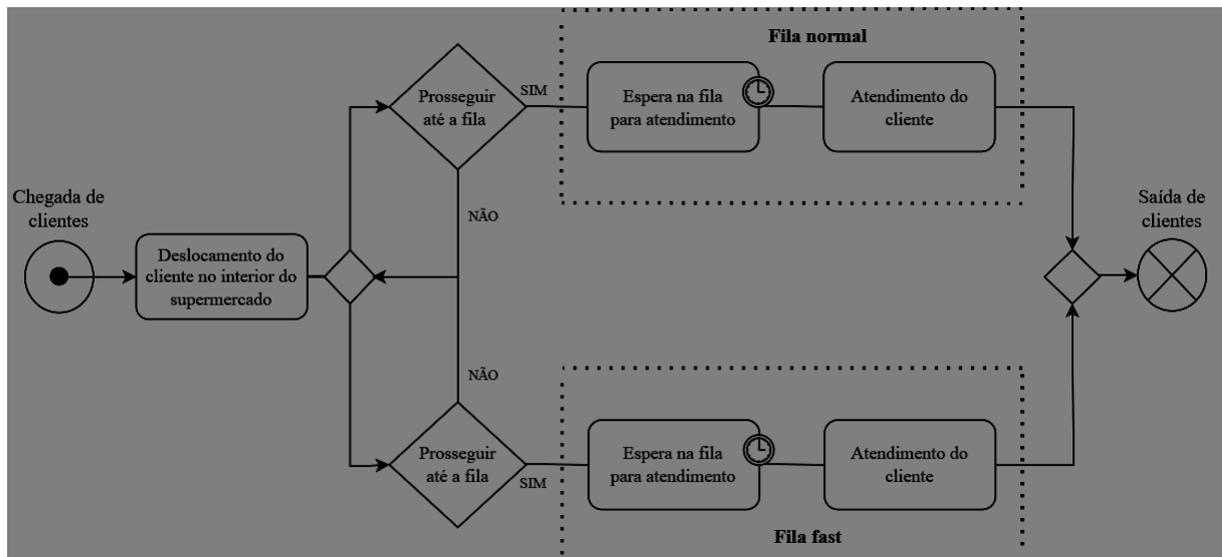
Nesta seção, serão minuciosamente apresentados os resultados provenientes das simulações que foram desenvolvidas.

5.1 APRESENTAÇÃO DO MODELO DE SIMULAÇÃO DESENVOLVIDO

Neste estudo, adotou-se o sistema de configuração de filas conforme a notação de Kendall, especificamente do tipo $M/M/K/500/\infty/FIFO$. Esse modelo foi escolhido, uma vez que o processo de chegada de clientes segue uma distribuição Poisson, com n atendentes designados e uma capacidade máxima de 500 pessoas na fila. O tamanho da população é considerado infinito, e a regra de atendimento da fila é caracterizada como FIFO (First In, First Out).

A construção do modelo de simulação para o sistema de filas demandou uma compreensão aprofundada do funcionamento real do supermercado. Dessa forma, o fluxograma apresentado na Figura 9 detalha o comportamento do agente cliente ao longo do percurso para efetuar suas compras. Essa representação gráfica é essencial para capturar os diferentes estágios e interações que ocorrem durante a experiência do cliente no estabelecimento.

Figura 9 - Fluxograma do modelo



Fonte: Autoria Própria (2023).

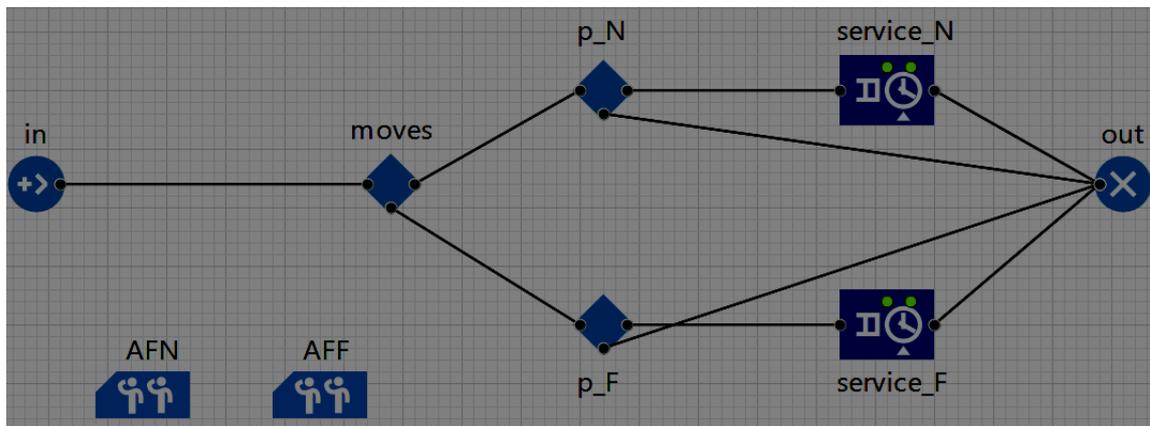
Ao adentrar o supermercado, os clientes percorrem a área designada para a seleção dos produtos a serem adquiridos. Dependendo da quantidade de itens, são direcionados para a fila expressa (FN) ou para a fila convencional (FF), destinada a compras de menor volume.

No entanto, caso o cliente opte por retornar à área de seleção de produtos, ele se retira da fila para retomar o processo anterior. Se decidir permanecer na fila, aguardará atendimento caso haja outras pessoas à sua frente. Em seguida, o cliente se desloca até o caixa para efetuar o pagamento das compras, finalizando o processo ao deixar a organização.

Considerando esse cenário, foi desenvolvido um modelo utilizando o *software* AnyLogic, adotando a abordagem baseada em agentes devido à autonomia dos clientes na tomada de decisões e à interatividade com os operadores de *checkout*.

O esquema elaborado está detalhadamente representado na Figura 10. Essa modelagem proporciona uma visão abrangente e dinâmica do fluxo de clientes e das operações de *checkout*, permitindo uma análise mais aprofundada do sistema de filas no contexto do supermercado.

Figura 10 - Modelo de simulação do sistema de filas



Fonte: Autoria Própria (2023).

Este modelo é composto por cinco elementos, cada um representando uma etapa do fluxo real do processo. Estes incluem:

- **Source:** indica o ponto de origem do processo, onde os clientes entram no sistema.
- **Select Output:** responsável pelas probabilidades que determinam os caminhos seguidos pelos clientes.
- **Service:** representa a espera na fila e a realização do atendimento.
- **Resource Pool:** controla o quantitativo de atendentes disponíveis para o serviço.
- **Sink:** marca a conclusão do processo, indicando a saída dos clientes do sistema.

Com base nos dados coletados, foram atribuídos valores aos objetos do sistema. O tempo de chegada entre os clientes foi modelado com uma distribuição de probabilidade Poisson, variando ao longo do período de funcionamento do supermercado.

Conforme ilustrado nos Quadros 2 e 3, esse comportamento foi implementado por meio de código em Java, desenvolvido dentro do próprio ambiente AnyLogic. Cada configuração das

filas (TypeWM) foi detalhada no próximo tópico, oferecendo uma visão mais aprofundada das nuances do modelo. Essa abordagem detalhada e programática permite uma representação precisa e flexível do sistema em questão.

Quadro 2 - Código para atribuição do tempo de chegada entre clientes - Manaíra

Código		If	Else If	Else If	Else If	Else If	Else If	Else If
1º Cenário	Time	<120	>=120	>=300	>=480	>=660	>=780	=960
	Poisson	45	20	20	21	12	41	41
2º Cenário	Time	<120	>=120	>=300	>=480	>=660	>=780	=960
	Poisson	41	24	24	23	17	38	38
3º Cenário	Time	<120	>=120	>=300	>=480	>=660	>=780	=960
	Poisson	43	24	24	25	18	40	40
4º Cenário	Time	<120	>=120	>=300	>=480	>=660	>=780	=960
	Poisson	48	24	24	25	19	48	48
5º Cenário	Time	<120	>=120	>=300	>=480	>=660	>=780	=960
	Poisson	44	21	21	22	13	41	41
6º Cenário	Time	<120	>=120	>=300	>=480	>=660	>=780	=960
	Poisson	41	22	22	23	16	38	38

Fonte: Autoria Própria (2023).

Quadro 3 - Código para atribuição do tempo de chegada entre clientes - Estados

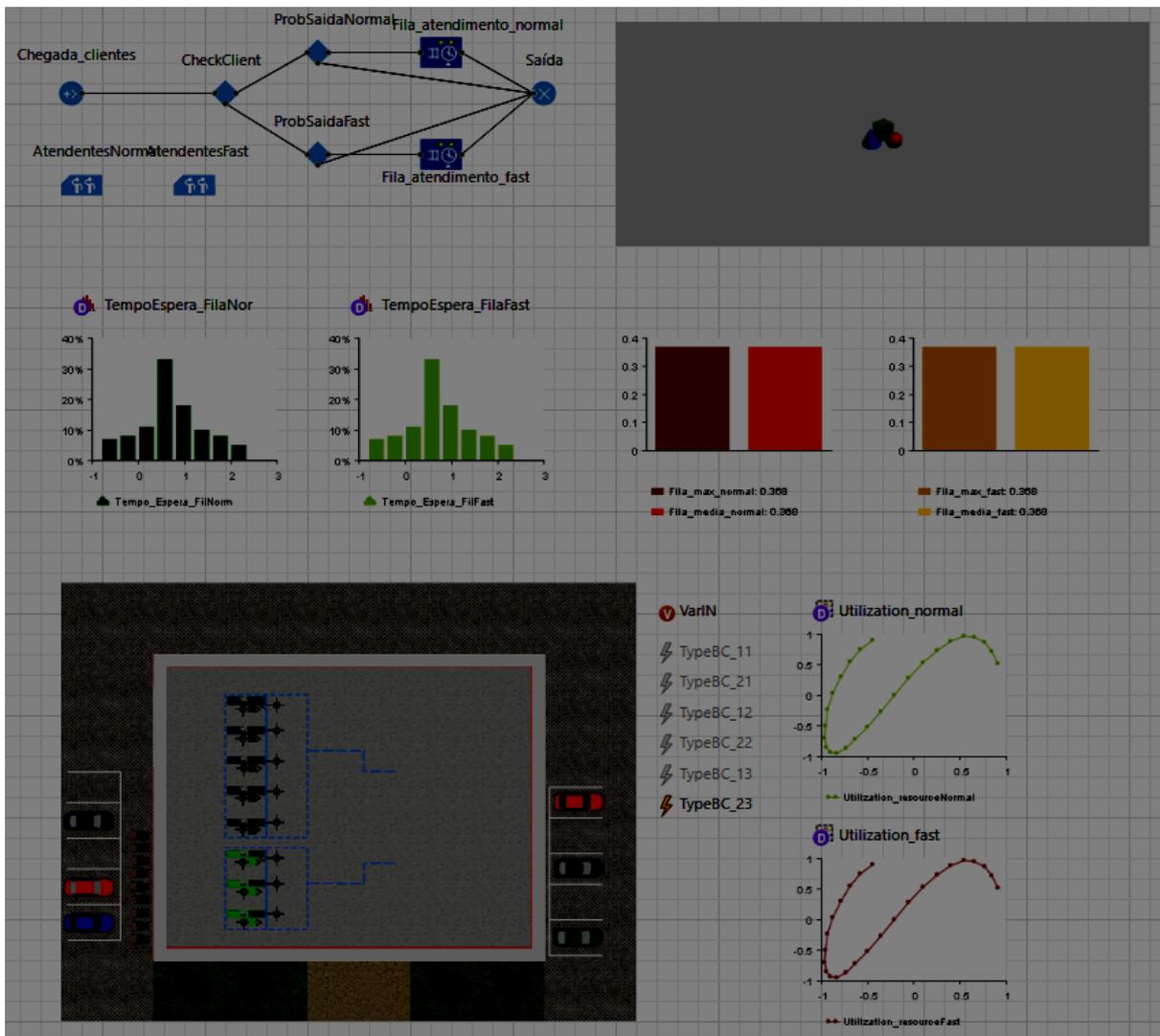
Código		If	Else If	Else If	Else If	Else If	Else If	Else If
1º Cenário	Time	<120	>=120	>=300	>=480	>=660	>=780	=960
	Poisson	48	33	34	37	38	10	10
2º Cenário	Time	<120	>=120	>=300	>=480	>=660	>=780	=960
	Poisson	46	33	34	37	37	15	15
3º Cenário	Time	<120	>=120	>=300	>=480	>=660	>=780	=960
	Poisson	36	24	24	27	27	29	29
4º Cenário	Time	<120	>=120	>=300	>=480	>=660	>=780	=960
	Poisson	36	24	24	27	27	29	29
5º Cenário	Time	<120	>=120	>=300	>=480	>=660	>=780	=960
	Poisson	36	24	24	27	27	29	29
6º Cenário	Time	<120	>=120	>=300	>=480	>=660	>=780	=960
	Poisson	45	32	32	35	36	12	12

Fonte: Autoria Própria (2023).

A probabilidade de um cliente escolher a FN, configurada no objeto "moves", é de 58%. Independentemente de sua escolha entre FN ou FF, há uma probabilidade de 2% de que esses clientes decidam deixar a fila e retornar à área de seleção de produtos, vale ressaltar que essa probabilidade foi obtida através do tratamento dos dados fornecidos pela empresa.

Ambas as filas têm uma capacidade máxima de 500 pessoas. O tempo de atendimento dos clientes na FN segue uma distribuição gama (3, 105, 76), enquanto na FF, é modelado por uma distribuição gama (0,8, 38, 27). Esses parâmetros fornecem uma representação detalhada e estatisticamente fundamentada do comportamento dos clientes no contexto do supermercado.

Figura 11 - Quadro de Modelagem AnyLogic



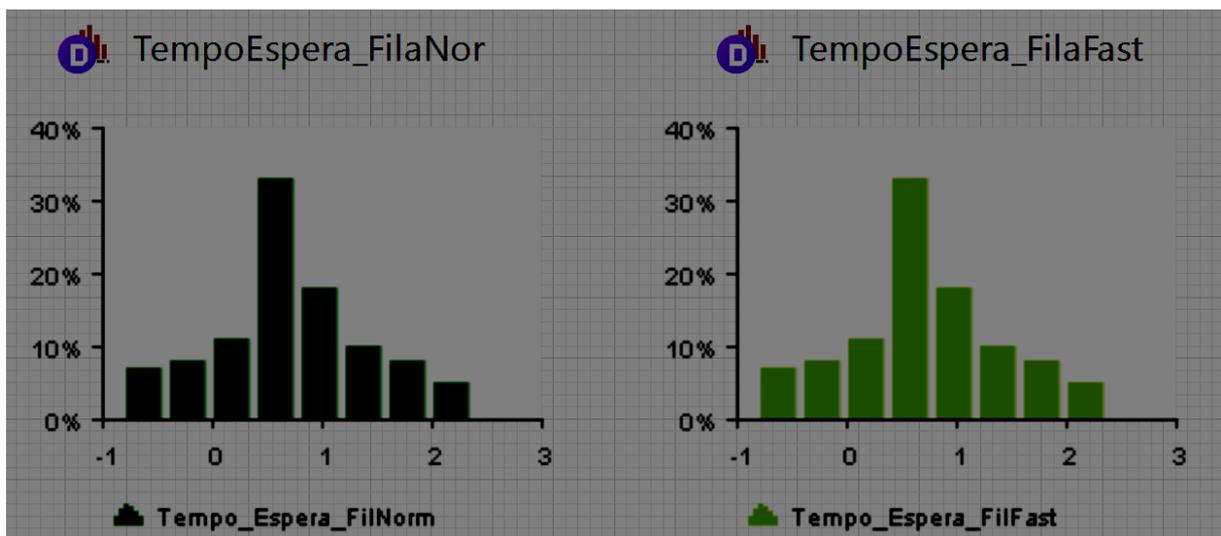
Fonte: Autoria Própria (2023).

Na Figura 11 temos a estrutura que delimita as dimensões da janela do modelo e a região do diagrama gráfico que será exibida na janela durante a execução do modelo. Suas

configurações são aplicadas globalmente a todos os tipos de agentes e experimentos do modelo.

Durante a visualização do tipo de agente ou da apresentação do experimento no editor gráfico, a estrutura do modelo é representada como um quadro azul no diagrama. Alternativamente, é possível definir as dimensões da estrutura especificando a largura e a altura em suas propriedades. Essas configurações são então compartilhadas entre todos os componentes do modelo, garantindo consistência visual e controle uniforme da área de exibição durante a execução do modelo.

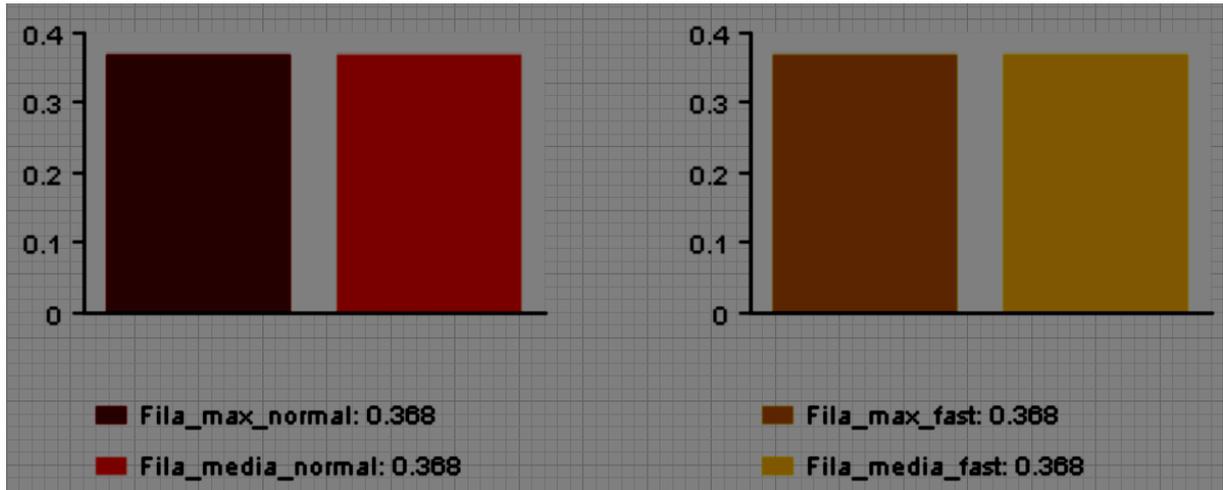
Figura 12 - Gráfico de histograma.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Na Figura 12, é apresentado um histograma que reflete estatísticas compiladas a partir de diversos conjuntos de dados. O eixo X é automaticamente escalonado para acomodar todos os intervalos de dados, enquanto os histogramas são ajustados ao longo do eixo Y, assegurando que a barra mais elevada de cada distribuição preencha completamente a altura da imagem.

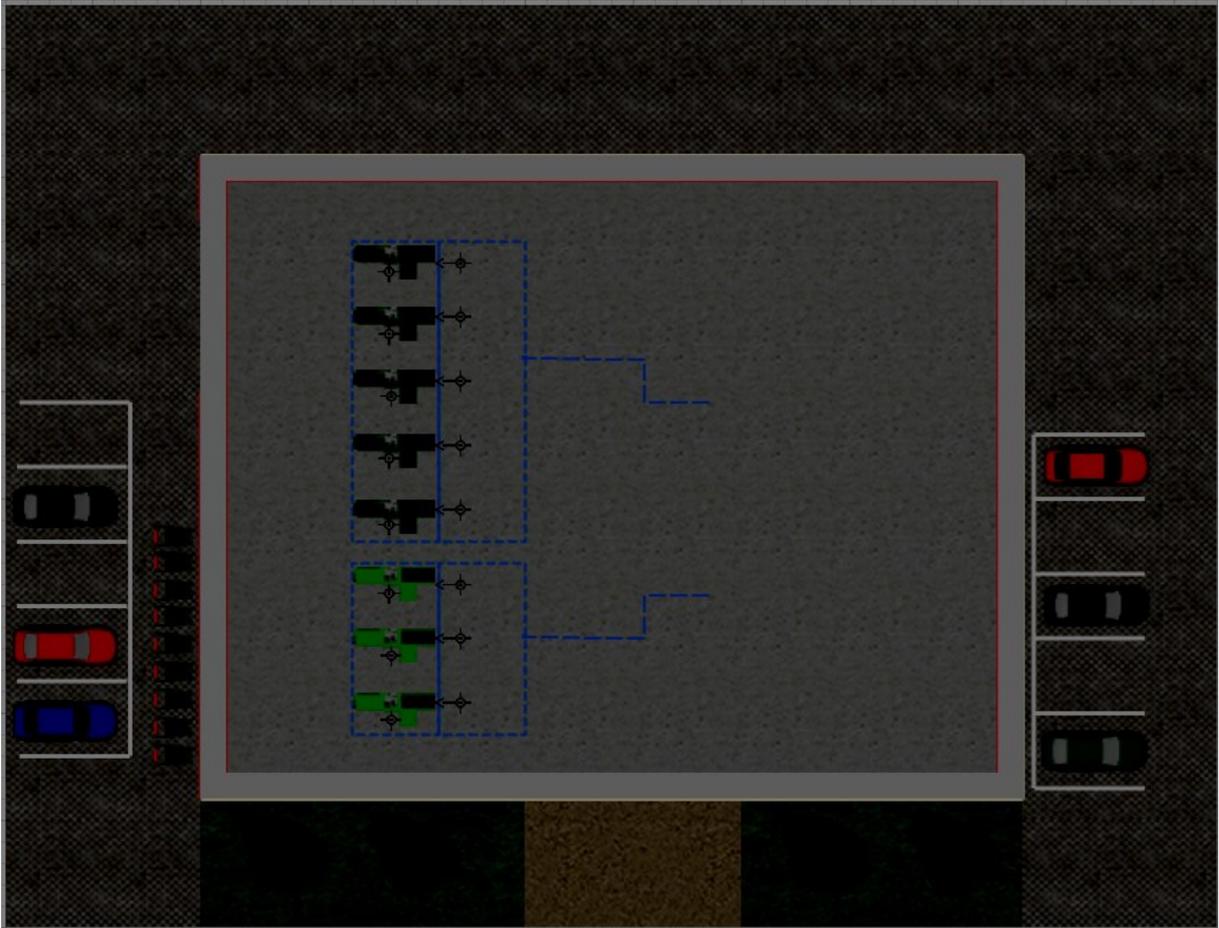
Adicionalmente, é possível facultativamente exibir as barras PDF, a linha CDF e a posição média, proporcionando uma análise mais aprofundada das distribuições estatísticas.

Figura 13 - Gráfico de barras.

Fonte: Autoria Própria (2023).

Na Figura 13, está exibido o gráfico de barras, onde múltiplos itens de dados são representados por barras alinhadas em uma extremidade, sendo suas dimensões proporcionais aos valores correspondentes.

Esse destaca de forma clara as relações comparativas entre distintos conjuntos de dados. Destacando-se, especialmente, que em situações de dados negativos, as barras expandem-se na direção oposta, oferecendo uma representação visual intuitiva das variações, inclusive aquelas abaixo do ponto zero.

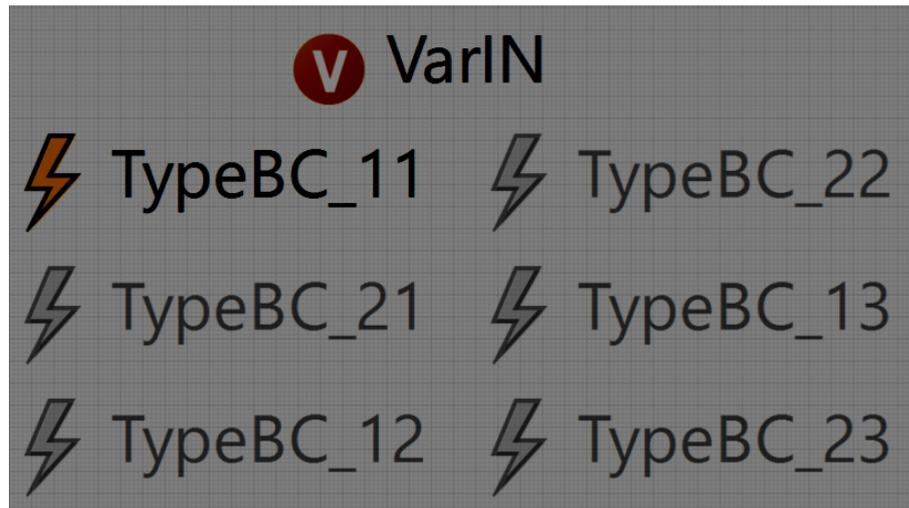
Figura 14 - Janela 3D AnyLogic

Fonte: Autoria Própria (2023).

Na Figura 14, encontra-se a representação do espaço destinado à animação 3D, que delimita a área no diagrama de apresentação onde a animação será exibida durante a execução. Se a intenção é visualizar a animação 3D para um agente específico, é necessário adicionar uma janela ao diagrama correspondente.

Para personalizar a exibição da cena 3D, é viável configurar cada janela 3D de modo a apresentar uma parte específica da cena por padrão. Essa configuração é realizada ao escolher uma câmera que captura o conteúdo da janela.

Figura 15 - Acionadores das Configurações dos cenários



Fonte: Autoria Própria (2023).

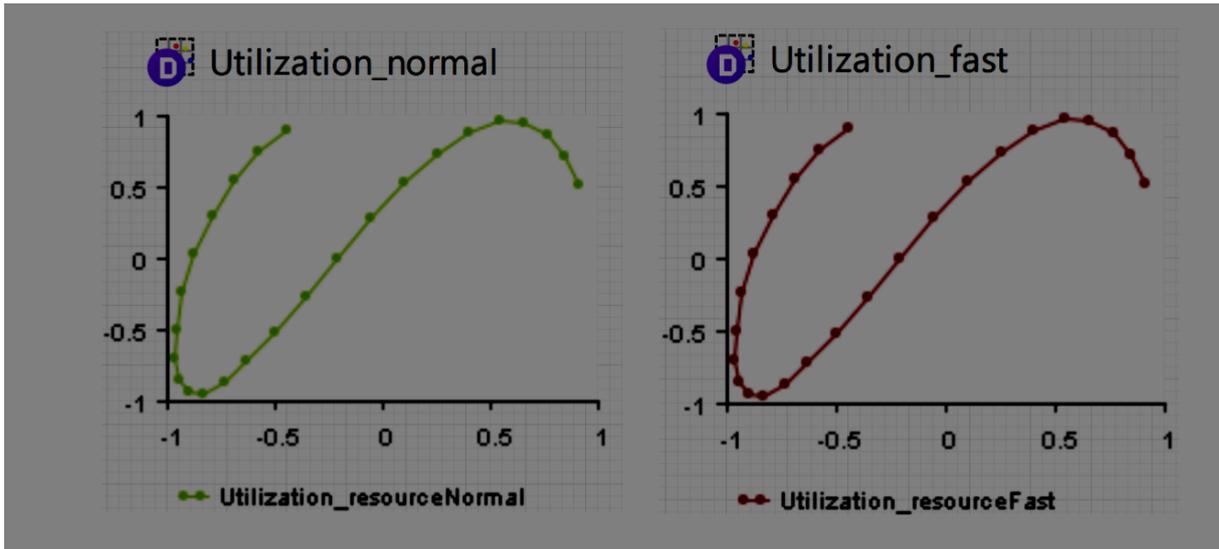
Na Figura 15, temos a representação dos seis tipos de cenários, nos quais foi desenvolvida a programação relacionada à taxa de chegada dos clientes em cada filial apresentada nos Quadros 2 e 3.

Para essa finalidade, utilizamos o disparador em formato de "raio" conhecido como Evento, que é a maneira mais simples de agendar ações no modelo. Os eventos, representados por esse disparador, desempenham um papel fundamental na modelagem de atrasos e tempos limite, sendo uma escolha eficiente para essa aplicação.

Dentro do escopo deste projeto, optamos pelo evento acionado por tempo limite, ideal quando é necessário programar uma ação em um momento específico ou em uma data determinada. Esse evento ocorre precisamente no tempo limite após ser iniciado, proporcionando um controle preciso sobre as ações no modelo.

Além disso, o evento acionado por tempo limite oferece recursos adicionais, como a capacidade de definir se expira uma vez ou ciclicamente, ou se é totalmente controlado pelo usuário, proporcionando flexibilidade na *design* e na execução das simulações.

Figura 16 - Plot - Plotar

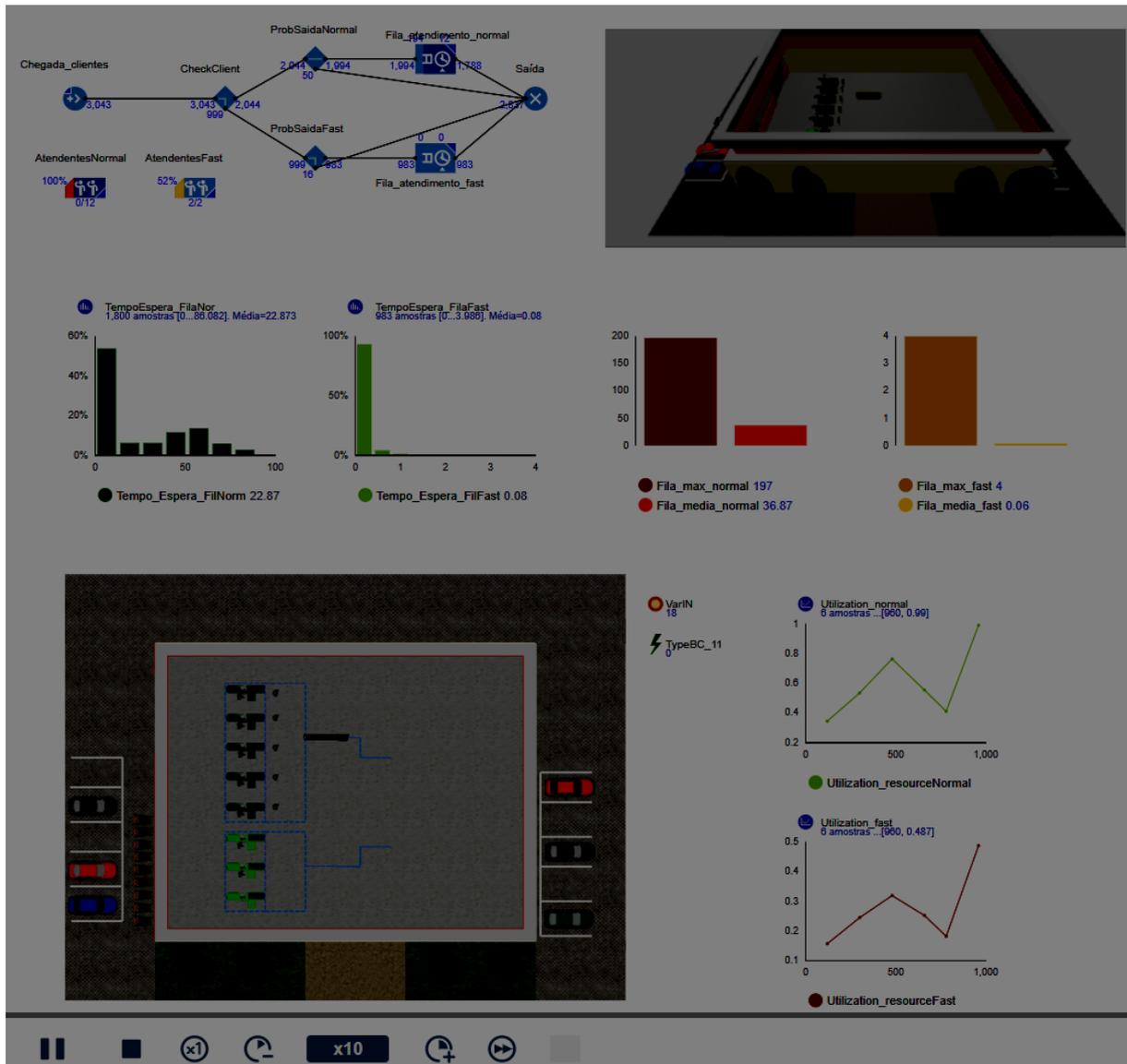


Fonte: Autoria Própria (2023).

Finalizando os gráficos, na Figura 16, é apresentado o gráfico de tempo, que visualiza o histórico de vários itens de dados ao longo do último horizonte de tempo, como linhas. O eixo do tempo é sempre horizontal e direcionado para a direita, proporcionando uma representação cronológica clara.

A interpolação entre duas amostras de dados pode seguir um padrão linear ou manter o valor anterior até a próxima, dependendo do tipo de interpolação selecionado. Essa representação dinâmica permite uma análise visual do comportamento temporal dos dados, destacando tendências e padrões ao longo do tempo.

Figura 17 - Janela do Modelo - Modelagem do mercado apresentado.



Fonte: Autoria Própria (2023).

Na Figura 17, a janela do modelo é automaticamente exibida em uma janela independente assim que a execução é iniciada. Ao começar o modelo, a apresentação do experimento atual é revelada. Nesse estágio inicial, o modelo ainda não é instanciado, e apenas o experimento é criado. No entanto, você já tem a capacidade de inicializar os parâmetros do modelo, como a adição de controles associados a esses parâmetros na apresentação do experimento.

Por padrão, a janela do modelo é aberta no navegador Chromium. Contudo, é possível selecionar um navegador diferente na caixa de diálogo Preferências. Ao acionar a execução do modelo através do botão "Executar" no painel de controle da janela do modelo, o modelo é criado e iniciado.

A janela do modelo exibe a apresentação definida no editor gráfico para um agente ou experimento de simulação. Ela apresenta todos os elementos visíveis do modelo que foram incluídos na estrutura do modelo no editor gráfico.

5.2 CONFIGURAÇÃO DAS SIMULAÇÕES

A etapa subsequente a estruturação do modelo, consistiu na realização das simulações, através do *software* AnyLogic, para as duas filiais da rede de supermercados Menor Preço. Para isso, tornou-se necessário obter algumas informações relacionadas ao funcionamento real do supermercado.

Com isso, a partir da coleta de dados realizada na organização varejista, determinaram-se as distribuições de probabilidade para o tempo de chegada entre clientes em todos os horários de funcionamento, segmentando-as de acordo com o período do mês (início, meio e fim), e os dias referentes ao meio da semana (segunda a quinta) e final da semana (sexta a domingo).

O Quadro 4 apresenta os tipos e descrições das configurações estruturadas para cada situação, incluindo a porcentagem dos clientes que se deslocam até a FN e FF.

Quadro 4 - Descrição dos tipos de configurações

Tipo	Dia	Período do mês	FN (%)	FF (%)
TypeWM_11	Segunda - Quinta	1 - 10	0,58	0.42
TypeWM_21	Sexta - Domingo	1 - 10	0,67	0.33
TypeWM_12	Segunda - Quinta	11 - 20	0,58	0.42
TypeWM_22	Sexta - Domingo	11 - 20	0,67	0.33
TypeWM_13	Segunda - Quinta	21 - 30	0,58	0.42
TypeWM_23	Sexta - Domingo	21 - 30	0,67	0.33

Fonte: Autoria Própria (2023).

No Quadro 4 estão representadas as configurações de filas conforme sua tipologia (TypeWM), conforme os intervalos da semana (*week*) e mês (*month*), nas quais foram estruturadas para facilitar a compreensão acerca de seu comportamento considerando os diferentes dias da semana e os distintos períodos do mês.

A nomenclatura resultante da fusão entre as Filas TypeW e as TypeM oferece uma visão informativa das características de cada fila. Com isso, há seis tipos específicos, detalhados a

seguir:

- TypeWM_11 (Segunda - Quinta, 1 - 10): configuração associada ao meio da semana e início do mês. Para esse intervalo, com base nos dados coletados, a distribuição de probabilidade que representa esse atendimento é 0,58 na FN e 0,42 na FF.
- TypeWM_21 (Sexta - Domingo, 1 - 10): configuração associada ao final da semana e início do mês. Para esse intervalo, com base nos dados coletados, a distribuição de probabilidade que representa esse atendimento é 0,67 na FN e 0,33 na FF.
- TypeWM_12 (Segunda - Quinta, 11 - 20): configuração associada ao meio da semana e do mês. Para esse intervalo, com base nos dados coletados, a distribuição de probabilidade que representa esse atendimento é 0,58 na FN e 0,42 na FF.
- TypeWM_22 (Sexta - Domingo, 11 - 20): configuração associada ao final da semana e meio do mês. Para esse intervalo, com base nos dados coletados, a distribuição de probabilidade que representa esse atendimento é 0,67 na FN e 0,33 na FF.
- TypeWM_13 (Segunda - Quinta, 21 - 30): configuração associada ao meio da semana e final do mês. Para esse intervalo, com base nos dados coletados, a distribuição de probabilidade que representa esse atendimento é 0,58 na FN e 0,42 na FF.
- TypeWM_23 (Sexta - Domingo, 21 - 30): configuração associada ao final da semana e do mês. Para esse intervalo, com base nos dados coletados, a distribuição de probabilidade que representa esse atendimento é 0,67 na FN e 0,33 na FF.

Essas filas foram projetadas para oferecer uma abordagem flexível, adaptando-se às flutuações de demanda ao longo da semana e em diferentes períodos do mês. A variação nas probabilidades reflete a dinâmica do serviço, buscando equilibrar eficiência operacional e a experiência do cliente.

Para cada tipo de configuração foram estruturados seis cenários, nos quais a alocação dos operadores de *checkout* se deu com base no comportamento dos dados da simulação do modelo. Em cada cenário, realizou-se dez simulações a fim de propiciar uma maior precisão dos dados obtidos, resultando em 360 simulações para cada filial.

Os experimentos ocorreram considerando um horizonte temporal de 960 minutos, uma vez que o horário do funcionamento do supermercado se inicia às 05:00 e finaliza às 21:00, totalizando em 16 horas. Diante disso, as métricas consideradas na avaliação dos resultados experimentais estão relacionadas com o tamanho máximo e médio da FN e FF, o tempo máximo e médio de espera nos dois tipos de filas, e a taxa de utilização dos recursos.

É importante destacar que os resultados referentes a essas métricas, são subdivididos pela quantidade de atendentes inseridos nos cenários, pois como se trata de uma fila única

destinada ao atendimento normal e outra fila para pequenas compras, faz-se necessário distribuir o número de clientes a serem atendidos.

5.3 JUSTIFICATIVA DA QUANTIDADE DE OPERADORES NA FF

Nesta seção, teremos a abordagem dos fundamentos baseados na NR-17, Anexo 1, que respaldam a decisão de não utilizar 1 ou mais do que 3 operadores nas dos supermercados analisados. A NR-17, referenciada em ergonomia no ambiente de trabalho, estabelece diretrizes cruciais para atividades laborais.

Exploraremos esses parâmetros normativos para justificar a opção estratégica de não alocar todos os operadores, proporcionando uma compreensão aprofundada das práticas operacionais adotadas, alinhadas com as normas ergonômicas. Essa contextualização normativa será fundamental para elucidar as decisões tomadas em relação às FF.

5.3.1 Utilização da NR-17 na Escolha da Quantidade de Agentes nas FF

A Norma Regulamentadora 17 (NR-17) destaca-se como uma importante diretriz no contexto da segurança e saúde no trabalho, centrando-se na ergonomia. Seu objetivo primordial é adaptar as condições laborais às características físicas e psicológicas dos trabalhadores, visando prevenir lesões, doenças ocupacionais e promover um ambiente laboral mais saudável.

Ao direcionar atenção para a ergonomia, a NR-17 atua como uma ferramenta valiosa para empresas, promovendo a adequação de ambientes de trabalho de modo a otimizar o conforto e a eficiência dos trabalhadores. O cuidado com a ergonomia não apenas atende às exigências legais, mas também contribui para a prevenção de problemas de saúde ocupacional, melhorando a qualidade de vida no trabalho.

O Anexo I da NR-17 aborda especificamente o trabalho dos operadores de *checkout*, uma categoria profissional que desempenha uma função crucial no varejo. A norma visa estabelecer parâmetros que levem em consideração as condições ergonômicas desses trabalhadores, considerando que a atividade de operar um caixa envolve aspectos repetitivos e, muitas vezes, estáticos.

Nesse contexto destaca a necessidade de adequar a quantidade de operadores de *checkout* à demanda do estabelecimento. A relação entre a ociosidade e a quantidade de operadores é crucial para otimizar a eficiência operacional e evitar sobrecargas desnecessárias.

A norma busca evitar a ociosidade excessiva fator esse que fica evidente na simulação

com mais de 3 operadores na FF, que pode resultar em períodos prolongados de inatividade para os operadores, mas também alerta para o risco de sobrecarga quando a demanda é insuficiente para o número de profissionais disponíveis exemplo disso é quando o supermercado opera com apenas 1 operador na FF, tais análises ficam mais exemplificadas nas seções 5.3.2 e 5.4.3 onde foi realizado as simulações e na seção 5.3.4 com o comparativos das médias.

Ao adaptar a quantidade de operadores de *checkout* à demanda real, os estabelecimentos não apenas atendem às diretrizes ergonômicas, mas também promovem um ambiente de trabalho mais eficiente e saudável, evitando a ociosidade excessiva ou a sobrecarga dos profissionais envolvidos nessa atividade específica.

5.3.2 Simulação com 1 Operadores de *Checkout* na FF

Tabela 1 - Resultados dos cenários para 12 AFN e 1 AFF

Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Máx. FN	446	285	184	379	335	288	203	154	390	165
Máx. FF	209	94	56	154	123	127	107	71	142	72
Méd. FN	43,42	28,57	16,75	34,96	30,09	27,03	18,56	14,64	36	16,03
Méd. FF	17,91	8,01	4,34	15,34	11,77	11,35	12,03	7,29	12,32	7,07
Tempo Máx. Espera FN	103,48	86,76	65,69	95,19	88,98	82,37	63,86	56,8	99,21	58,87
Tempo Máx. Espera FF	90,41	58,86	40,55	82,42	75,88	69,03	74,67	43,19	77,84	50,41
Tempo Médio Espera FN	14,58	11,99	9,05	12,35	12,12	11,13	9,53	7,45	13,53	8,94
Tempo Médio Espera FF	13,04	7,62	5,25	12,84	11,72	9,02	12,19	8,57	10,54	9,3
Utilização AFN (120 min)	33,4%	39,7%	37,9%	32,4%	35,9%	37,3%	35,7%	42,3%	38,3%	38,8%
Utilização AFN (300 min)	76,2%	78,4%	56,0%	75,0%	58,6%	82,3%	68,1%	94,9%	77,4%	62,6%
Utilização AFN (480 min)	67,1%	66,9%	79,5%	85,0%	57,4%	51,1%	73,2%	68,5%	53,7%	65,0%
Utilização AFN (660 min)	62,7%	56,8%	44,3%	68,5%	68,8%	78,9%	49,6%	51,9%	55,5%	47,5%
Utilização AFN (780 min)	58,4%	71,6%	57,1%	47,1%	65,2%	55,5%	70,2%	67,4%	50,2%	68,0%
Utilização AFN (960 min)	99,8%	99,9%	99,4%	99,5%	98,7%	99,5%	99,7%	99,8%	99,8%	100,0%
Utilização Méd. AFN	37,0%	26,6%	24,8%	37,1%	40,1%	37,0%	39,0%	25,0%	33,0%	27,3%
Utilização AFF (120 min)	55,2%	71,8%	46,3%	53,4%	54,4%	85,3%	56,2%	85,5%	65,2%	51,1%
Utilização AFF (300 min)	63,6%	63,5%	59,6%	69,3%	55,7%	59,0%	53,8%	54,8%	62,1%	58,9%
Utilização AFF (480 min)	48,4%	51,3%	55,5%	58,6%	59,0%	67,1%	49,7%	42,3%	42,4%	35,80%
Utilização AFF (660 min)	34,5%	53,3%	51,9%	53,2%	47,5%	54,7%	62,4%	46,1%	37,0%	51,9%
Utilização AFF (780 min)	99,4%	98,3%	98,0%	100,0%	100,0%	99,7%	100,0%	99,3%	99,3%	100,0%

Fonte: Autoria Própria (2023).

A análise da simulação com um operador de *checkout* na FF, apresentada na Tabela 1 revela dados significativos sobre o desempenho do sistema. A fila máxima atingiu a marca de 115,5 pessoas, indicando um período de grande demanda e possível sobrecarga.

Por outro lado, a fila média manteve-se em 10,74, sugerindo certa estabilidade, embora

o pico máximo de espera seja considerável. O tempo máximo de espera na FF atingiu 66,33 unidades de tempo, indicando momentos críticos em que os clientes enfrentaram demoras consideráveis. Já o tempo médio de espera foi calculado em 10,01 unidades de tempo, representando uma métrica mais palatável, mas ainda merecedora de atenção para otimização.

A utilização do operador de *checkout* na FF nos primeiros 120 minutos foi de 32,7%, indicando uma capacidade subutilizada no início da simulação. No entanto, essa taxa aumentou nos 300 minutos seguintes, atingindo 62,4%, sugerindo uma demanda mais intensa.

Nos 480 minutos subsequentes, houve uma ligeira redução para 60,0%, indicando uma possível adaptação do sistema.

À medida que o tempo avançava, a utilização do operador de *checkout* na FF flutuava, alcançando 51,0% nos primeiros 660 minutos e posteriormente reduzindo para 49,3% nos primeiros 780 minutos. Contudo, nos últimos 960 minutos, houve uma surpreendente utilização de 99,4%, indicando um aumento drástico na demanda ou uma possível otimização do sistema.

Esses resultados ressaltam a importância de uma gestão dinâmica e adaptável, capaz de responder às variações na demanda ao longo do tempo. A eficiência do operador de *checkout* na FF está intimamente ligada à capacidade de adaptação do sistema às flutuações do fluxo de clientes, garantindo uma experiência satisfatória para todos os envolvidos.

5.3.3 Simulação com 3 Operadores de *Checkout* na FF

Tabela 2 - Resultados dos cenários para 12 AFN e 3 AFF

Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Máx. FN	327	302	111	316	388	197	366	379	261	306
Máx. FF	5	3	2	2	2	5	6	3	3	3
Méd. FN	30,4	27,36	9,77	28,78	35,71	20,05	31,98	34,98	25,13	28,66
Méd. FF	0,04	0,02	0	0,02	0,01	0,02	0,07	0,02	0,02	0,01
Tempo Máx. Espera FN	89,55	82,57	51,62	86,07	96,44	71,36	90,86	94,49	78,91	83,52
Tempo Máx. Espera FF	2,27	1,27	0,54	0,76	0,76	1,87	1,93	0,86	1,17	2,25
Tempo Médio Espera FN	12,68	10,68	5,95	12,52	14,16	10,76	13,15	13,8	13,28	13,63
Tempo Médio Espera FF	0,06	0,03	0,01	0,02	0,02	0,04	0,08	0,02	0,02	0,01
Utilização AFN (120 min)	44,5%	40,1%	35,2%	38,0%	33,4%	36,3%	37,4%	33,7%	34,2%	33,9%
Utilização AFN (300 min)	62,0%	68,1%	58,4%	54,0%	57,5%	61,7%	53,2%	72,3%	51,2%	58,2%
Utilização AFN (480 min)	60,0%	79,5%	74,9%	51,9%	57,1%	61,4%	53,5%	65,7%	57,8%	55,9%
Utilização AFN (660 min)	52,5%	64,0%	49,5%	55,7%	57,8%	55,1%	56,4%	64,2%	45,6%	55,1%
Utilização AFN (780 min)	48,3%	63,5%	50,3%	56,5%	60,7%	54,2%	66,9%	44,7%	51,3%	48,8%
Utilização AFN (960 min)	99,3%	99,6%	99,1%	99,8%	99,8%	99,7%	99,7%	99,5%	99,8%	99,2%
Utilização Méd. AFN	8,2%	9,8%	15,2%	11,5%	13,6%	10,3%	11,5%	14,0%	11,4%	11,0%
Utilização AFF (120 min)	16,3%	17,5%	16,8%	17,3%	17,2%	15,8%	20,7%	19,0%	17,4%	17,3%

Utilização AFF (300 min)	19,2%	22,7%	21,1%	11,4%	20,1%	19,6%	18,1%	21,8%	21,4%	14,7%
Utilização AFF (480 min)	18,5%	16,7%	13,9%	15,6%	14,8%	13,1%	19,8%	15,0%	14,8%	20,0%
Utilização AFF (660 min)	20,1%	16,0%	17,1%	16,7%	15,0%	15,2%	14,9%	15,3%	11,7%	13,9%
Utilização AFF (780 min)	57,5%	58,5%	38,6%	53,2%	57,3%	43,7%	62,7%	56,4%	48,7%	51,5%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Na Tabela 2 está disposto a análise da simulação com três operadores de *checkout* na FF apresentando resultados notáveis que indicam uma eficiência operacional significativa. A fila máxima atingiu apenas 3,4 pessoas, revelando uma capacidade do sistema para lidar eficientemente com períodos de alta demanda.

A fila média baixa, registrou-se em 0,023, indicando uma movimentação ágil dos clientes pela fila. O tempo máximo de espera na FF foi de apenas 1,37 unidades de tempo, destacando a eficiência do sistema em minimizar períodos de espera prolongados.

Da mesma forma, o tempo médio de espera ficou em 0,03 unidades de tempo, refletindo uma experiência geral rápida e eficaz para os clientes. A utilização dos operadores de *checkout* na FF nos primeiros 120 minutos foi de 11,7%, indicando uma capacidade inicialmente subutilizada.

No entanto, ao longo das próximas fases da simulação, a utilização aumentou progressivamente, atingindo 17,5% nos primeiros 300 minutos, 19,0% nos primeiros 480 minutos e 16,2% nos primeiros 660 minutos. Embora tenha havido uma ligeira queda para 15,6% nos primeiros 780 minutos, a utilização surpreendentemente atingiu 52,8% nos últimos 960 minutos, revelando um aumento na demanda ou uma adaptação eficiente do sistema.

Esses resultados sugerem que a presença de três operadores de *checkout* na FF é eficaz em lidar com as dinâmicas variáveis de demanda, proporcionando uma experiência rápida e eficiente para os clientes, no entanto o período de ociosidade dos operadores podem chegar a mais de 50% da carga horária de serviço, onerando os cofres da empresa.

5.3.4 Apresentação dos Motivo da Utilização de 2 Operadores de *Checkout* na FF

Tabela 3 - Resultados das médias dos cenários para 1 AFF e 3 AFF

Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
Máx. FN	282,9	295,3
Máx. FF	115,5	3,4
Méd. FN	26,605	27,282
Méd. FF	10,743	0,023
Tempo Máx. Espera FN	80,121	82,539
Tempo Máx. Espera FF	66,326	1,368

Tempo Médio Espera FN	11,067	12,061
Tempo Médio Espera FF	10,009	0,031
Utilização AFN (120 min)	37,2%	36,7%
Utilização AFN (300 min)	73,0%	59,7%
Utilização AFN (480 min)	66,7%	61,8%
Utilização AFN (660 min)	58,5%	55,6%
Utilização AFN (780 min)	61,1%	54,5%
Utilização AFN (960 min)	99,6%	99,6%
Utilização AFF (120 min)	32,7%	11,7%
Utilização AFF (300 min)	62,4%	17,5%
Utilização AFF (480 min)	60,0%	19,0%
Utilização AFF (660 min)	51,0%	16,2%
Utilização AFF (780 min)	49,3%	15,6%
Utilização AFF (960 min)	99,4%	52,8%

Fonte: Autoria Própria (2023).

A comparação entre os resultados obtidos nas simulações com um e três operadores de *checkout* na FF revela *insights* valiosos sobre a eficiência do sistema em lidar com a demanda dos clientes. Inicialmente, ao analisarmos a fila máxima, observamos uma diferença expressiva entre as duas configurações.

Com apenas um operador, a fila atingiu o valor máximo de 115,5 pessoas, indicando um período de alta demanda que pode resultar em demoras consideráveis para os clientes. Por outro lado, ao contar com três operadores, a fila máxima foi significativamente reduzida para apenas 3,4 pessoas, evidenciando uma capacidade do sistema para gerenciar de maneira mais eficaz os fluxos de clientes.

A análise da fila média corrobora essa tendência. Com um operador, a média foi de 10,74 pessoas, enquanto com três operadores, a média diminuiu significativamente para 0,023. Esses valores sugerem que a presença de mais operadores na FF resulta em um fluxo mais ágil e eficiente, minimizando o tempo de espera médio dos clientes.

Quanto aos tempos de espera, a diferença é marcante. Com um operador, o tempo máximo de espera atingiu 66,33 unidades de tempo, enquanto com três operadores, esse valor foi drasticamente reduzido para apenas 1,37 unidades de tempo.

Da mesma forma, o tempo médio de espera diminuiu consideravelmente, passando de 10,01 unidades de tempo para apenas 0,03, quando o número de operadores aumentou para três. Esses dados indicam uma clara correlação entre o aumento do número de operadores e a

diminuição dos tempos de espera, refletindo uma melhoria significativa na eficiência do atendimento.

A análise das taxas de utilização dos operadores ao longo do tempo também apresenta diferenças notáveis. Com um operador, a utilização inicial foi de 37,2%, aumentando gradualmente para 99,4% nos primeiros 960 minutos. Já com três operadores, a utilização começou em 11,7% nos primeiros 120 minutos, atingindo 52,8% nos últimos 960 minutos. Esses dados sugerem que a presença de mais operadores permite uma distribuição mais equitativa da carga de trabalho, evitando picos de utilização que podem levar a períodos de espera prolongados.

Os resultados indicam que aumentar o número de operadores de *checkout* na FF resulta em melhorias significativas na eficiência do sistema, reduzindo tempos de espera, otimizando a utilização dos operadores e proporcionando uma experiência mais satisfatória para os clientes. Isso ressalta a importância de estratégias flexíveis e adaptáveis para a gestão de filas em ambientes de atendimento rápido, visando atender de forma eficaz às flutuações na demanda.

5.4 ESTUDO DOS CENÁRIOS

Antes de iniciar, vale informar que o desequilíbrio no número de operadores de caixa entre a filial de Manaíra e a do Estados é notável, e essa disparidade é diretamente atribuída às particularidades e demandas específicas de cada uma dessas unidades. As operações em Manaíra, por exemplo, podem exigir uma equipe de *checkout* maior devido a um fluxo de clientes mais intenso ou características distintas do público atendido.

É crucial ressaltar que, apesar dessas divergências, a análise final de desempenho de cada supermercado é conduzida de maneira individual, sem uma abordagem coletiva. Este estudo optou por não implementar uma padronização, considerando a singularidade de cada filial. Essa decisão estratégica visa assegurar que os resultados apresentados sejam específicos e adequados a cada estabelecimento, atendendo de maneira satisfatória às suas respectivas demandas.

Ao adotar essa abordagem personalizada, a pesquisa visa fornecer *insights* valiosos para a gestão de cada filial, permitindo ajustes e otimizações específicas para atender às necessidades particulares de Manaíra e Estados. Dessa forma, a análise individualizada possibilita uma compreensão mais precisa do desempenho de cada supermercado, contribuindo para decisões estratégicas mais eficazes e resultados satisfatórios em ambas as filiais.

5.4.1 Cenário 1 - Resultados das Simulações para a Filial Manaíra

Em cada cenário dos seis tipos de configurações, alocou-se um quantitativo de atendentes da fila normal (AFN) e atendentes da fila *fast* (AFF), nos quais estão demonstrados no Quadro 5.

Quadro 5 - Alocação dos recursos para cada cenário da filial de Manaíra

Código	Tipo de Fila	TypeWM_1 1	TypeWM_21	TypeWM_1 2	TypeWM_22	TypeWM_1 3	TypeWM_23
1º Cenário	AFN	9	9	9	9	9	9
	AFF	2	2	2	2	2	2
2º Cenário	AFN	11	11	11	11	11	11
	AFF	2	2	2	2	2	2
3º Cenário	AFN	13	13	13	13	13	13
	AFF	2	2	2	2	2	2
4º Cenário	AFN	14	14	14	14	14	14
	AFF	2	2	2	2	2	2
5º Cenário	AFN	15	15	15	15	15	15
	AFF	2	2	2	2	2	2
6º Cenário	AFN	16	16	16	16	16	16
	AFF	2	2	2	2	2	2

Fonte: Autoria Própria (2023).

Para o primeiro cenário, foram adotados 9 caixas na FN e 2 na FF, proporcionando uma sólida base de comparação para os demais experimentos. Na segunda simulação, o contingente foi ampliado para 11 caixas na FN, mantendo 2 na FF. Ao fazer essa modificação o objetivo foi de avaliar como ela impacta os indicadores de eficiência e tempo de espera, buscando *insights* valiosos para otimizar o sistema.

Prosseguindo para a terceira iteração, o número escolhido para ser implementado foi de 13 caixas na FN e 2 na FF, expandindo deliberadamente a complexidade da simulação. Essa decisão visa examinar possíveis adaptações na dinâmica do sistema, enriquecendo ainda mais a compreensão do seu funcionamento.

Na quarta simulação, foi decidido em ajustar o número de caixas na FN para 14, mantendo 2 na FF, com o intuito específico de investigar os efeitos dessa alteração na capacidade de atendimento. Essa abordagem visa aprofundar a análise e identificar possíveis

melhorias.

No quinto cenário, a exploração dos cenários se deu com 14 caixas na FN e 2 na FF, com o objetivo de compreender como um aumento adicional na demanda impacta a eficiência do processo. Essa variação no experimento visa fornecer dados cruciais para lidar com situações de demanda mais elevada.

Por fim, na sexta simulação, foi implementada uma configuração de 16 caixas na FN e 2 na FF, proporcionando *insights* mais detalhados sobre o comportamento do sistema diante de uma demanda ainda mais substancial. Essa escolha estratégica visa fornecer uma visão abrangente e informada sobre a resposta do sistema a cenários desafiadores.

5.4.1.1 Resultado da Simulação do Cenários para a Primeira Configuração - Manaíra

No que diz respeito à primeira configuração, após a simulação dos cenários e dos resultados obtidos para cada métrica, calculou-se a média desses valores com o propósito de tornar mais evidente as alternativas com melhor performance, organizando-os como demonstrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados dos cenários para a primeira configuração TypeWM_11 - Manaíra

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN	267,70	249,40	212,00	195,10	129,60	130,60
Máx. FF	22,50	47,00	42,90	58,70	54,20	67,00
Méd. FN	101,02	85,99	68,74	49,90	19,49	16,43
Méd. FF	1,67	5,06	4,41	7,83	5,77	6,61
Tempo Máx. Espera FN	177,30	134,63	104,21	90,26	56,68	54,16
Tempo Máx. Espera FF	10,82	22,11	21,40	28,22	25,64	31,28
Tempo Médio Espera FN	62,19	47,33	36,12	26,83	11,81	10,01
Tempo Médio Espera FF	1,47	3,98	3,46	5,77	4,74	5,56
Utilização AFN (120 min)	47,45%	37,78%	31,30%	28,43%	27,58%	25,47%
Utilização AFN (300 min)	98,80%	93,83%	93,88%	80,50%	80,21%	60,78%
Utilização AFN (480 min)	100,00%	97,23%	91,77%	92,10%	81,79%	71,44%
Utilização AFN (660 min)	100,00%	95,86%	86,37%	86,79%	69,83%	65,08%
Utilização AFN (780 min)	100,00%	99,93%	99,70%	99,79%	95,87%	99,29%

Utilização AFN (960 min)	100,00%	97,09%	88,22%	82,40%	63,99%	65,69%
Utilização Méd. AFN	91,04%	86,95%	81,87%	78,34%	69,88%	64,63%
Utilização AFF (120 min)	20,86%	23,48%	22,75%	23,31%	23,85%	22,06%
Utilização AFF (300 min)	61,50%	60,47%	72,90%	64,79%	69,62%	50,75%
Utilização AFF (480 min)	52,24%	66,92%	65,79%	74,60%	61,61%	62,19%
Utilização AFF (660 min)	54,57%	58,62%	59,82%	60,23%	55,30%	54,93%
Utilização AFF (780 min)	91,86%	84,12%	92,34%	91,88%	89,40%	96,71%
Utilização AFF (960 min)	36,50%	41,72%	39,43%	42,37%	37,42%	46,14%
Utilização Méd. AFF	52,92%	55,89%	58,84%	59,53%	56,20%	55,46%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Com base na Tabela 4, observa-se um fluxo considerável de clientes nos cenários iniciais, especialmente em relação à média da FN. A alocação de um maior número de funcionários nos cenários subsequentes resulta na redução dessa métrica, acompanhada pela diminuição do percentual de utilização dos AFN. Em contraste, a média da FF e a utilização dos AFF variam ao longo das simulações, sem exibir uma tendência clara de crescimento ou decréscimo.

Diante desse contexto, surgem dois cenários promissores para otimizar o funcionamento do supermercado. O quarto cenário, que prevê a alocação de 14 AFN e 2 AFF, representa um tamanho médio da FN de 50 pessoas, enquanto na FF o número é de apenas 8. Importante ressaltar que os valores relacionados às métricas de tamanho médio e máximo das filas são ajustados pela quantidade de atendentes, resultando em uma média de 4 clientes para cada atendente ao realizar esse cálculo.

No que tange ao tempo médio de espera, a FN apresenta uma média de 26,83 minutos, enquanto na FF é de 5,77 minutos. A utilização média dos AFN atinge 78,34%, enquanto nos AFF alcança 59,53%.

Outra alternativa a ser considerada é o quinto cenário, que propõe 15 AFN e 2 AFF, resultando em uma FN média de 19 pessoas e 6 na FF. O tempo médio de atendimento é de 11,81 minutos para a FN e 4,74 minutos para a FF. No que concerne à utilização dos recursos, a média é de 69,88% para os AFN e 56,20% para os AFF.

5.4.1.2 Resultado da Simulação do Cenários para a Segunda Configuração - Manaíra

Com relação a segunda configuração, as médias referentes às métricas analisadas estão demonstradas na Tabela 5.

Tabela 5 - Resultados dos cenários para a segunda configuração TypeWM_21 - Manaíra

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN	279,90	178,60	75,80	49,50	32,50	3,80
Máx. FF	4,20	6,90	4,60	4,10	3,30	1,90
Méd. FN	118,17	52,39	15,38	6,26	3,26	0,06
Méd. FF	0,06	0,30	0,09	0,06	0,05	0,01
Tempo Máx. Espera FN	179,35	105,01	36,99	22,70	13,76	1,30
Tempo Máx. Espera FF	2,11	3,58	2,28	2,25	1,80	0,92
Tempo Médio Espera FN	69,45	29,89	9,03	7,09	2,02	0,06
Tempo Médio Espera FF	0,08	0,35	0,11	0,08	0,07	0,02
Utilização AFN (120 min)	60,78%	48,35%	41,51%	37,85%	32,83%	20,83%
Utilização AFN (300 min)	98,92%	91,14%	91,04%	79,94%	70,96%	40,72%
Utilização AFN (480 min)	99,97%	94,24%	81,23%	77,82%	79,45%	39,83%
Utilização AFN (660 min)	100,00%	97,60%	85,80%	80,96%	76,17%	49,42%
Utilização AFN (780 min)	100,00%	99,95%	93,04%	93,10%	90,86%	59,47%
Utilização AFN (960 min)	100,00%	94,12%	67,59%	59,21%	46,08%	26,35%
Utilização Méd. AFN	93,28%	87,57%	76,70%	71,48%	66,06%	39,44%
Utilização AFF (120 min)	18,29%	18,25%	18,63%	20,00%	19,66%	8,21%
Utilização AFF (300 min)	40,73%	40,00%	44,11%	42,55%	39,07%	17,73%
Utilização AFF (480 min)	37,01%	40,47%	41,64%	36,61%	45,40%	16,26%
Utilização AFF (660 min)	38,41%	43,47%	38,80%	40,30%	43,09%	20,36%
Utilização AFF (780 min)	54,25%	59,25%	53,85%	52,97%	48,42%	24,02%
Utilização AFF (960 min)	24,64%	27,07%	26,48%	26,02%	24,38%	11,89%

Utilização Méd. AFF	35,56%	38,09%	37,25%	36,41%	36,67%	16,41%
---------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Fonte: Autoria Própria (2023).

Com base nos dados apresentados na Tabela 5, identifica-se uma situação em que os cenários com menor número de pessoas, em ambos os tipos de filas, resultam em uma porcentagem inferior de utilização dos recursos, gerando elevadas taxas de ociosidade. Diante desse cenário, duas alternativas se destacam: o terceiro cenário, com a alocação de 13 AFN e 2 AFF, e o quarto cenário, com 14 AFN e 2 AFF.

No terceiro cenário, a FN apresenta um tamanho máximo de 76 clientes, uma média de 15 pessoas, um tempo de espera de 9,03 minutos e uma taxa de utilização dos AFN de aproximadamente 76,70%. Em média, não são geradas filas para o tipo fast, mas é possível atingir um quantitativo máximo de 5 pessoas. O tempo de espera costuma ser de 0,11 minutos, e a porcentagem de utilização dos AFF é de 37,25%.

Já no quarto cenário, observa-se uma redução no tamanho médio da FN, que conta com cerca de 6 clientes na fila, e uma diminuição no tempo médio de espera, alcançando 7,09 minutos.

A taxa média de utilização dos AFN também diminuiu, situando-se em 71,48%. Essa mesma tendência é observada na FF, embora os valores não apresentem grande discrepância em relação ao cenário anterior. O tempo médio de espera na FF é de 0,08 minutos, e a porcentagem de utilização está em torno de 36,41%.

5.4.1.3 Resultado da Simulação do Cenários para a Terceira Configuração - Manaíra

Ao simular a terceira configuração, foram obtidos os valores presentes na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados dos cenários para a terceira configuração TypeWM_12 - Manaíra

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN	160,90	63,70	29,20	23,60	6,50	5,30
Máx. FF	6,20	7,00	5,70	5,80	4,80	5,60
Méd. FN	60,37	10,97	4,07	2,09	0,17	0,17
Méd. FF	0,25	0,27	0,22	0,17	0,14	0,15
Tempo Máx. Espera FN	113,40	37,45	14,44	15,66	2,91	2,08
Tempo Máx. Espera FF	3,07	3,44	2,92	2,92	2,52	2,75
Tempo Médio Espera FN	42,71	8,26	2,74	1,55	0,13	0,12
Tempo Médio Espera FF	0,25	0,27	0,22	0,18	0,14	0,16

Utilização AFN (120 min)	49,63%	40,49%	34,82%	31,28%	29,19%	27,14%
Utilização AFN (300 min)	90,84%	82,37%	70,83%	66,81%	60,58%	53,37%
Utilização AFN (480 min)	95,66%	76,99%	74,27%	67,19%	66,04%	64,25%
Utilização AFN (660 min)	99,86%	81,54%	67,18%	64,69%	58,37%	58,99%
Utilização AFN (780 min)	99,89%	95,99%	91,65%	85,38%	79,92%	80,02%
Utilização AFN (960 min)	97,67%	61,62%	51,03%	42,68%	43,61%	36,46%
Utilização Méd. AFN	88,93%	73,17%	64,96%	59,67%	56,29%	53,37%
Utilização AFF (120 min)	22,22%	22,17%	21,89%	22,94%	22,90%	24,29%
Utilização AFF (300 min)	52,61%	49,19%	49,05%	49,47%	50,32%	46,49%
Utilização AFF (480 min)	51,46%	47,60%	51,82%	45,95%	55,62%	49,41%
Utilização AFF (660 min)	50,92%	49,60%	49,34%	45,35%	45,24%	49,92%
Utilização AFF (780 min)	68,64%	69,20%	67,00%	66,34%	66,01%	67,98%
Utilização AFF (960 min)	32,74%	29,48%	30,48%	29,14%	34,72%	28,89%
Utilização Méd. AFF	46,43%	44,54%	44,93%	43,20%	45,80%	44,50%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Os resultados apresentados na Tabela 6 para cada métrica durante o período do meio da semana e do mês indicam uma redução no tamanho médio e máximo da FN em comparação com as duas configurações anteriores. Nesse contexto, o segundo e terceiro cenário destacam-se em sua performance, uma vez que os cenários subsequentes demonstram uma considerável ociosidade em relação aos AFN.

No segundo cenário, a FN apresenta um tamanho médio de 11 pessoas, um tempo médio de espera de 8,26 minutos e uma taxa de utilização dos recursos de 73,17%. As FF, por sua vez, registram uma média mínima em relação ao tamanho, alcançando em alguns momentos uma máxima de 7 clientes e um tempo médio de espera de aproximadamente 0,27 minutos. Entretanto, em grande parte do horário de trabalho, os AFF não estão plenamente ocupados, pois a utilização média é de 44,54%.

No quarto experimento, observa-se uma diminuição nas métricas relacionadas à FN, tempo de atendimento e taxa de utilização dos AFN, atingindo respectivamente 4,07; 2,74 e

64,96%. Essa redução também é perceptível nas métricas relacionadas à FF, ainda que de forma gradual devido à permanência do quantitativo de 2 AFF.

5.4.1.4 Resultado da Simulação do Cenários para a Quarta Configuração - Manáira

Os resultados obtidos para a quarta configuração, estão demonstrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados dos cenários para a quarta configuração TypeWM_22 - Manáira

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN	253,70	108,50	112,60	50,50	15,70	6,40
Máx. FF	3,60	3,10	4,80	4,10	3,40	2,90
Méd. FN	125,28	36,26	30,18	7,00	1,21	0,27
Méd. FF	0,05	0,05	0,10	0,06	0,04	0,04
Tempo Máx. Espera FN	174,88	63,02	55,82	23,08	6,34	2,50
Tempo Máx. Espera FF	1,91	1,48	2,42	2,17	1,75	1,84
Tempo Médio Espera FN	80,25	23,08	17,36	4,45	0,80	0,17
Tempo Médio Espera FF	0,07	0,06	0,13	0,09	0,06	0,06
Utilização AFN (120 min)	50,25%	41,57%	35,04%	31,99%	29,69%	26,45%
Utilização AFN (300 min)	99,16%	93,25%	90,45%	81,93%	70,98%	73,04%
Utilização AFN (480 min)	100,00%	95,40%	85,29%	81,62%	72,50%	71,18%
Utilização AFN (660 min)	100,00%	97,75%	82,31%	76,07%	71,76%	66,16%
Utilização AFN (780 min)	100,00%	99,99%	94,39%	90,48%	85,92%	72,45%
Utilização AFN (960 min)	99,35%	78,82%	66,59%	46,42%	36,37%	34,87%
Utilização Méd. AFN	91,46%	84,46%	75,68%	68,09%	61,20%	57,36%
Utilização AFF (120 min)	15,33%	16,65%	16,96%	16,01%	17,07%	17,46%
Utilização AFF (300 min)	42,65%	40,27%	44,53%	42,36%	40,50%	43,13%
Utilização AFF (480 min)	40,91%	40,77%	38,75%	40,10%	39,18%	41,43%
Utilização AFF (660 min)	34,73%	37,71%	39,54%	37,82%	37,04%	36,94%
Utilização AFF (780 min)	47,58%	49,63%	56,84%	51,37%	50,77%	42,25%

Utilização AFF (960 min)	20,44%	19,80%	20,16%	18,32%	19,15%	20,01%
Utilização Méd. AFF	33,61%	34,14%	36,13%	34,33%	33,95%	33,54%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Ao examinar a Tabela 7, observa-se que, de maneira geral, a alocação de dois AFF resulta em uma ociosidade, apresentando uma taxa de utilização entre 33% e 37%. No entanto, caso seja inserido um número menor de atendentes nesse tipo de fila, as leis trabalhistas podem ser violadas devido à carga horária excessiva, como foi explicitado anteriormente.

Diante dessa consideração, o terceiro e quarto cenário destacam-se entre os demais experimentos, pois apresentam valores favoráveis de tempo de espera e tamanho da FN, simultaneamente a um percentual de utilização dos AFN.

No terceiro cenário, o tamanho máximo da FF atinge um quantitativo de 5 pessoas na fila, mas em relação ao tamanho médio, nota-se uma presença mínima de clientes aguardando. A FN apresenta uma média de 30 pessoas para os 13 atendentes, com um percentual de utilização dos AFN de 75,68%. O tempo médio de atendimento para a FN é de 17,36 minutos, enquanto na FF é de 0,13 minutos.

Apesar de o quarto cenário ter uma utilização de 68,09% dos AFN, a média de pessoas na FN reduziu para 7, assim como o tamanho máximo, que foi reduzido em 50% em comparação ao cenário analisado anteriormente. Os valores da FF também apresentaram uma leve redução. Dessa forma, o tempo médio de atendimento é de 4,45 minutos para a FN e 0,09 minutos na FF.

5.4.1.5 Resultado da Simulação do Cenários para a Quinta Configuração - Manaíra

Quanto aos dados referentes a quinta configuração, a Tabela 8 demonstra as médias para cada métrica.

Tabela 8 - Resultados dos cenários para a quinta configuração TypeWM_13 - Manaíra

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN	277,90	223,40	142,70	113,50	89,40	62,20
Máx. FF	26,10	38,90	25,00	40,10	34,10	33,50
Méd. FN	104,45	68,81	30,38	17,47	12,97	7,51
Méd. FF	2,08	3,77	1,95	4,04	3,47	2,95
Tempo Máx. Espera FN	180,61	121,42	72,22	53,46	38,93	25,79

Tempo Máx. Espera FF	12,20	18,44	12,03	18,38	16,70	15,63
Tempo Médio Espera FN	62,62	38,07	18,83	10,99	7,75	4,72
Tempo Médio Espera FF	1,81	3,12	1,76	3,28	2,81	2,52
Utilização AFN (120 min)	44,84%	36,02%	33,10%	30,76%	27,45%	24,94%
Utilização AFN (300 min)	95,22%	88,71%	84,75%	73,92%	72,81%	63,33%
Utilização AFN (480 min)	97,99%	89,25%	82,46%	76,98%	65,80%	64,69%
Utilização AFN (660 min)	99,41%	95,26%	82,81%	78,56%	72,63%	61,94%
Utilização AFN (780 min)	100,00%	99,88%	99,83%	97,79%	95,26%	93,20%
Utilização AFN (960 min)	99,09%	93,45%	77,93%	68,40%	57,92%	50,26%
Utilização Méd. AFN	89,43%	83,76%	76,81%	71,07%	65,31%	59,73%
Utilização AFF (120 min)	23,11%	23,62%	20,65%	22,36%	24,77%	24,63%
Utilização AFF (300 min)	55,04%	62,71%	61,04%	56,95%	60,85%	57,04%
Utilização AFF (480 min)	53,29%	51,34%	62,49%	60,22%	51,20%	55,76%
Utilização AFF (660 min)	55,00%	58,33%	59,66%	63,86%	56,16%	51,07%
Utilização AFF (780 min)	85,54%	84,30%	87,38%	92,48%	82,31%	85,99%
Utilização AFF (960 min)	36,54%	39,63%	31,98%	39,70%	40,60%	37,89%
Utilização Méd. AFF	51,42%	53,32%	53,87%	55,93%	52,65%	52,06%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Os resultados da quinta configuração, conforme evidenciados na Tabela 8, indicam que os AFF realizam atividades apenas durante metade da carga horária de trabalho, independentemente do cenário escolhido. Os experimentos quarto e quinto apresentaram resultados mais relevantes, uma vez que o tempo médio de espera é inferior aos cenários anteriores, mantendo uma utilização dos AFF que não se reduz de maneira radical.

É crucial salientar que, embora o terceiro cenário exiba métricas mais vantajosas em comparação com o quarto, os resultados para a FN são superiores neste último, sendo este o motivo pelo qual o terceiro experimento não é escolhido como uma das duas alternativas.

No quarto cenário, o número máximo de pessoas na FN atinge 143 para os 14 atendentes, com uma fila média de 17. Já na FF, a quantidade máxima é de 40 clientes para 2

atendentes, com uma fila média de 4. Quanto ao tempo de espera na FN, a média é de 10,99 minutos, enquanto na FF é de 3,28 minutos. A utilização dos AFN é de 71,07%, e para os AFF, é de 55,93%.

Quanto ao quinto cenário, os valores de tamanho de fila e tempo de espera para a FN registram uma redução em comparação com o experimento anterior. Em média, existem cerca de 13 pessoas na fila, com um tempo médio de espera de 7,75 minutos e uma taxa de utilização média de 65,31%. Na FF, essas métricas também apresentam uma redução, com a média de fila em torno de 3 pessoas, tempo de espera de 2,81 minutos e utilização dos atendentes de 52,65%.

5.4.1.6 Resultado da Simulação do Cenários para a Sexta Configuração - Manaíra

Com relação à última configuração simulada para a filial Manaíra, os resultados estão apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Resultados dos cenários para a sexta configuração TypeWM_23 - Manaíra

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN	358,60	235,90	147,20	132,50	98,00	43,90
Máx. FF	4,70	4,80	5,40	9,10	5,60	5,60
Méd. FN	159,68	84,23	37,82	31,88	19,16	4,62
Méd. FF	0,10	0,10	0,13	0,37	0,13	0,15
Tempo Máx. Espera FN	217,22	128,11	73,39	60,56	42,35	17,76
Tempo Máx. Espera FF	2,48	2,49	2,87	4,19	2,75	2,82
Tempo Médio Espera FN	89,68	42,63	21,04	16,99	10,75	2,66
Tempo Médio Espera FF	0,12	0,12	0,16	0,38	0,15	0,18
Utilização AFN (120 min)	56,16%	47,99%	40,68%	36,44%	35,63%	32,80%
Utilização AFN (300 min)	97,33%	95,07%	87,42%	84,01%	78,11%	76,03%
Utilização AFN (480 min)	99,96%	99,90%	87,59%	88,93%	83,69%	76,30%
Utilização AFN (660 min)	100,00%	99,40%	89,91%	87,43%	81,38%	74,21%
Utilização AFN (780 min)	100,00%	100,00%	99,79%	97,84%	97,73%	95,13%
Utilização AFN (960 min)	100,00%	87,87%	83,06%	83,26%	65,07%	50,17%
Utilização Méd. AFN	92,24%	88,37%	81,41%	79,65%	73,60%	67,44%

Utilização AFF (120 min)	19,70%	17,76%	18,12%	19,89%	19,30%	19,61%
Utilização AFF (300 min)	38,34%	42,89%	42,03%	48,63%	44,81%	43,99%
Utilização AFF (480 min)	51,93%	44,48%	39,94%	47,67%	46,05%	43,28%
Utilização AFF (660 min)	37,45%	51,25%	44,39%	43,56%	42,85%	42,54%
Utilização AFF (780 min)	59,63%	54,13%	59,35%	70,04%	61,57%	60,22%
Utilização AFF (960 min)	25,92%	25,13%	24,51%	28,02%	28,20%	24,36%
Utilização Méd. AFF	38,83%	39,27%	38,06%	42,97%	40,46%	39,00%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Em todos os cenários da Tabela 9, novamente adotou-se a presença de dois AFF. Observou-se que, ao alocar esse quantitativo de atendentes, há uma considerável ociosidade, uma vez que a utilização dos recursos varia entre 38,06% e 42,97%.

Dessa forma, os cenários que podem oferecer resultados mais significativos para a organização varejista são o quarto e quinto, por apresentarem uma maior utilização dos AFF dentro do intervalo mencionado, além de conterem uma redução no tamanho e no tempo de atendimento para a FN.

No quarto experimento, os 14 atendentes alocados na FN apresentaram uma média de utilização de 79,65%. A média da FN é de 32 pessoas, com um tempo médio de espera de 16,99 minutos. Esses valores são distribuídos proporcionalmente ao número de atendentes.

No que se refere aos dados sobre o comportamento da FF, observa-se que, em média, os clientes são atendidos assim que se situam próximos aos caixas, mas pode ser gerada uma fila máxima de 9 pessoas, com um tempo médio de atendimento de 0,38 minutos.

Para o quinto cenário, a média de utilização dos AFN está situada em torno de 73,60%, contando com um tamanho médio de 19 pessoas e tempo de espera de 10,75 minutos. A situação relacionada ao tamanho médio da FF do cenário anterior se repete nesse experimento, porém a máxima foi reduzida para 6 clientes e o tempo de espera situou-se em cerca de 0,15 minutos.

Considerando a ociosidade dos AFF em todas as configurações, torna-se necessário empregá-los nos momentos em que não estão realizando atividades, oferecendo suporte aos AFN. Desse modo, a utilização dos atendentes disponíveis será maximizada, proporcionando maior rapidez nos atendimentos aos clientes da FN.

5.4.2 Cenário 2 - Resultados da Simulação para a Filial Estados

Conduzindo a segunda iteração da simulação através do *software* AnyLogic, foi explorado distintos cenários para as filas do supermercado Estados. O experimento consistiu novamente em realizar 10 simulações para cada configuração de fila, variando o número de caixas tanto nas filas normais quanto nas rápidas. Os cenários investigados podem ser visualizados no Quadro 6.

Quadro 6 - Alocação dos recursos para cada cenário da filial dos Estados

Código	Tipo de Fila	TypeWM_1 1	TypeWM_21	TypeWM_1 2	TypeWM_22	TypeWM_13	TypeWM_2 3
1º Cenário	AFN	9	9	9	9	9	9
	AFF	2	2	2	2	2	2
2º Cenário	AFN	10	10	10	10	10	10
	AFF	2	2	2	2	2	2
3º Cenário	AFN	11	11	11	11	11	11
	AFF	2	2	2	2	2	2
4º Cenário	AFN	12	12	12	12	12	12
	AFF	2	2	2	2	2	2
5º Cenário	AFN	13	13	13	13	13	13
	AFF	2	2	2	2	2	2
6º Cenário	AFN	14	14	14	14	14	14
	AFF	2	2	2	2	2	2

Fonte: Autoria Própria (2023).

Para a primeira simulação, foram adotados 9 operadores na FN e 2 na FF, proporcionando uma sólida base de comparação para os demais experimentos. Na segunda simulação, temos 10 caixas na FN, mantendo 2 na FF. A intenção por trás dessa decisão foi avaliar como essa modificação impacta os indicadores de eficiência e tempo de espera, buscando aprimorar o entendimento do sistema.

Prosseguindo para a terceira iteração, a implementação foi de 11 caixas na FN e 2 na FF, deliberadamente expandindo a complexidade da simulação. Com isso o objetivo foi examinar possíveis adaptações na dinâmica do sistema, enriquecendo a análise global.

Na quarta simulação, temos um ajuste no número de caixas na FN para 12, mantendo 2 na FF, com o intuito específico de investigar os efeitos dessa alteração na capacidade de atendimento.

No quinto cenário, foi decidido explorar 13 caixas na FN e 2 na FF, buscando compreender como um aumento adicional na demanda impacta a eficiência do processo. Na sexta simulação e última, a configuração foi de 14 caixas na FN e 2 na FF, proporcionando *insights* mais detalhados sobre o comportamento do sistema diante de uma demanda ainda mais substancial.

Esses cenários foram estrategicamente definidos para aprofundar a análise do desempenho das filas, proporcionando uma compreensão mais refinada dos fatores que influenciam o tempo de espera e o fluxo de clientes.

Através desta abordagem iterativa, visamos não apenas explorar variações nas configurações, mas também entender como essas modificações se acumulam ao longo do tempo, contribuindo para uma gestão mais robusta e eficaz do sistema de atendimento.

5.4.2.1 Resultado da Simulação do Cenários para a Primeira Configuração - Estados

No contexto da segunda configuração, ao explorar os cenários por meio da simulação e avaliar continuamente os resultados em relação a cada métrica, foi adotada novamente a prática de calcular a média desses valores. Essa estratégia visa proporcionar uma visão mais nítida sobre as alternativas que apresentam melhor desempenho, organizando-as de acordo com a Tabela 10, como exemplificado a seguir.

Tabela 10 - Resultados dos cenários para a primeira configuração TypeWM_11 - Estados

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN	295,30	285,20	261,90	208,00	158,30	154,00
Máx. FF	46,00	54,00	66,50	51,90	39,40	48,70
Méd. FN	72,52	27,58	25,09	19,30	14,97	14,25
Méd. FF	3,56	4,85	6,26	4,83	3,47	4,18
Tempo Máx. Espera FN	95,45	90,33	80,37	64,13	50,67	47,16
Tempo Máx. Espera FF	17,89	21,54	26,82	19,61	16,31	18,19
Tempo Médio Espera FN	13,34	12,62	17,20	9,98	8,61	7,89
Tempo Médio Espera FF	3,00	4,25	16,89	4,08	3,02	3,33
Utilização AFN (120 min)	42,48%	38,75%	37,17%	33,08%	28,52%	26,90%
Utilização AFN (300 min)	79,34%	72,79%	62,82%	54,63%	55,35%	52,94%
Utilização AFN (480 min)	73,19%	74,80%	59,18%	54,41%	52,96%	47,02%
Utilização AFN (660 min)	72,62%	66,07%	55,16%	51,29%	41,86%	46,06%
Utilização AFN (780 min)	64,58%	63,40%	55,99%	46,69%	45,75%	45,27%

Utilização AFN (960 min)	99,69%	99,76%	99,57%	99,48%	99,14%	98,98%
Utilização Méd. AFN	21,14%	28,07%	19,42%	20,11%	22,29%	22,14%
Utilização AFF (120 min)	38,60%	40,14%	37,29%	33,19%	38,19%	38,64%
Utilização AFF (300 min)	33,01%	37,77%	35,61%	33,43%	36,08%	34,81%
Utilização AFF (480 min)	35,00%	35,07%	32,09%	31,96%	29,94%	35,41%
Utilização AFF (660 min)	31,85%	32,68%	33,16%	29,62%	33,27%	34,60%
Utilização AFF (780 min)	91,75%	96,18%	95,44%	88,36%	92,82%	92,48%
Utilização AFF (960 min)	71,98%	69,26%	61,65%	56,60%	53,93%	52,86%
Utilização Méd. AFF	41,89%	78,32%	42,17%	39,45%	42,10%	43,01%

Fonte: Autoria Própria (2023).

No contexto da análise detalhada na Tabela 10, destaca-se que a escolha do cenário 6 emerge como a mais recomendada, especialmente quando consideramos o tamanho da fila média, alcançando um valor significativo de 14,25 pessoas.

Entretanto, é crucial notar que o cenário 5 também merece atenção, apresentando um valor muito próximo, com uma média de 14,97. Além disso, vale ressaltar que o cenário 6 oferece uma utilização mais eficiente dos agentes, registrando um índice de 53,93%. Isso indica que os operadores de *checkout* tendem a passar menos tempo ociosos, sugerindo uma gestão mais eficaz dos recursos disponíveis.

Nesse sentido, a escolha entre os cenários 5 e 6 envolve uma ponderação cuidadosa entre o tamanho da fila média e a eficiência na utilização dos agentes, buscando otimizar tanto o tempo de espera quanto a utilização dos recursos no sistema em questão.

5.4.2.2 Resultado da Simulação do Cenários para a Segunda Configuração - Estados

Com relação a segunda configuração, as médias referentes às métricas analisadas estão demonstradas na Tabela 11.

Tabela 11 - Resultados dos cenários para a segunda configuração TypeWM_21 - Estados

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN	214,70	263,50	138,50	189,40	159,20	105,70
Máx. FF	3,90	7,30	5,70	5,10	8,40	5,70
Méd. FN	21,29	25,09	13,66	17,63	14,15	9,53
Méd. FF	0,08	0,23	0,11	0,14	0,44	0,59

Tempo Máx. Espera FN	81,86	84,42	50,46	61,86	47,08	33,37
Tempo Máx. Espera FF	2,02	3,50	3,13	2,55	4,37	5,66
Tempo Médio Espera FN	10,28	11,06	7,15	8,26	6,81	5,17
Tempo Médio Espera FF	0,10	0,30	0,17	0,19	0,55	0,59
Utilização AFN (120 min)	51,29%	46,56%	39,93%	39,04%	37,31%	30,10%
Utilização AFN (300 min)	78,91%	80,20%	71,33%	62,62%	62,46%	54,17%
Utilização AFN (480 min)	83,25%	75,12%	67,55%	63,91%	54,00%	62,59%
Utilização AFN (660 min)	79,00%	70,58%	69,48%	63,37%	51,54%	50,96%
Utilização AFN (780 min)	81,24%	67,75%	69,05%	59,96%	51,25%	49,58%
Utilização AFN (960 min)	99,82%	99,80%	99,00%	99,42%	98,80%	94,32%
Utilização Méd. AFN	16,73%	17,86%	37,73%	17,03%	16,21%	24,74%
Utilização AFF (120 min)	26,65%	29,47%	26,82%	27,19%	29,11%	28,11%
Utilização AFF (300 min)	27,52%	24,85%	29,42%	29,24%	46,43%	31,11%
Utilização AFF (480 min)	26,28%	24,87%	27,04%	28,84%	25,16%	25,18%
Utilização AFF (660 min)	28,07%	24,79%	25,62%	24,18%	26,43%	281,33%
Utilização AFF (780 min)	60,18%	68,97%	60,52%	66,38%	65,72%	64,89%
Utilização AFF (960 min)	78,92%	73,34%	69,39%	64,72%	59,23%	56,95%
Utilização Méd. AFF	30,91%	31,80%	34,53%	32,14%	34,84%	75,89%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Para a Tabela 11 temos uma análise abrangente, observa-se um aumento significativo no número de clientes, atribuível à consideração de dias de sábado a domingo no início do mês, um período naturalmente mais movimentado devido aos pagamentos dos clientes.

Nesse contexto, o cenário mais eficiente revelado foi novamente o 6, apresentando um tempo médio de aproximadamente 5,17.

Contudo, na melhor avaliação, destaca-se o cenário 3 como uma das escolhas mais vantajosas, exibindo um tempo médio de espera de 7,15 clientes, associado a uma utilização dos caixas normais de 69,39%.

É relevante notar que, embora o cenário 3 demonstra eficácia no atendimento, há uma ressalva quanto à utilização dos caixas rápidos, que tendem a permanecer consideravelmente ociosos, registrando apenas 34,53% de utilização.

No entanto, essa lacuna pode ser encarada como uma oportunidade estratégica, permitindo a concentração de esforços na redução das filas normais. Dessa forma, ao direcionar

recursos para otimizar o atendimento nos caixas rápidos, é possível equilibrar a eficiência operacional, reduzindo o tempo de espera nas filas convencionais e, ao mesmo tempo, maximizando a utilização dos recursos disponíveis.

Essa abordagem integrada visa oferecer uma solução mais abrangente, buscando o equilíbrio entre eficiência e satisfação do cliente em períodos de alta demanda.

5.4.2.3 Resultado da Simulação do Cenários para a Terceira Configuração - Estados

Ao simular a terceira configuração, foram obtidos os valores presentes na Tabela 12.

Tabela 12 - Resultados dos cenários para a terceira configuração TypeWM_12 - Estados

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN	105,40	44,10	52,30	20,10	22,40	8,70
Máx. FF	5,10	4,60	5,20	4,70	5,40	5,10
Méd. FN	32,60	15,17	6,23	2,77	2,93	0,97
Méd. FF	0,16	0,10	0,16	0,18	0,20	0,13
Tempo Máx. Espera FN	68,59	28,61	28,13	10,62	11,14	3,78
Tempo Máx. Espera FF	2,63	2,52	2,64	2,61	2,63	2,89
Tempo Médio Espera FN	24,37	10,41	4,26	1,85	2,00	0,65
Tempo Médio Espera FF	0,16	0,10	0,16	0,12	0,19	0,13
Utilização AFN (120 min)	56,82%	50,74%	48,01%	42,29%	39,13%	37,31%
Utilização AFN (300 min)	89,71%	88,34%	83,57%	84,66%	75,11%	71,09%
Utilização AFN (480 min)	97,08%	92,79%	86,36%	79,49%	76,77%	69,29%
Utilização AFN (660 min)	95,94%	86,24%	83,76%	76,24%	66,03%	56,98%
Utilização AFN (780 min)	96,26%	86,62%	74,86%	72,07%	69,36%	57,10%
Utilização AFN (960 min)	95,90%	80,29%	69,72%	63,55%	55,79%	58,46%
Utilização Méd. AFN	29,77%	28,30%	28,51%	27,84%	30,49%	27,25%
Utilização AFF (120 min)	46,70%	50,13%	47,41%	53,87%	54,69%	53,07%
Utilização AFF (300 min)	52,04%	43,97%	48,45%	53,74%	51,06%	47,13%
Utilização AFF (480 min)	50,05%	47,56%	47,14%	49,63%	45,53%	42,35%
Utilização AFF (660 min)	42,46%	42,33%	41,42%	45,63%	50,33%	42,85%
Utilização AFF (780 min)	46,59%	39,57%	42,56%	39,86%	36,45%	44,16%
Utilização AFF (960 min)	88,62%	80,84%	74,38%	69,72%	63,70%	58,37%

Utilização Méd. AFF	44,60%	41,98%	42,58%	45,10%	44,76%	42,80%
---------------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Fonte: Autoria Própria (2023).

Esta análise, localizada na Tabela 12, focou nos dias de segunda a quinta, durante o período compreendido entre o 11º e o 20º dia do mês, caracterizando o meio do mês. Este intervalo, geralmente, representa um período mais tranquilo nas vendas.

Notavelmente, o cenário mais eficaz novamente foi o 6, registrando um tempo médio de aproximadamente 0,65 clientes. Contudo, em uma avaliação mais profunda, destaca-se o cenário 4 como a escolha mais vantajosa para este contexto específico.

O cenário 4 apresenta um tempo médio de espera de 1,85, combinado com uma utilização dos caixas normais de 69,72%. Esses resultados indicam uma eficiência considerável na gestão do fluxo de clientes, garantindo um tempo de espera relativamente baixo.

Além disso, o cenário 4 demonstra uma efetiva utilização dos caixas rápidos, com uma taxa de 45,10%. Essa abordagem integrada equilibra efetivamente a agilidade no atendimento com uma boa utilização dos recursos disponíveis, resultando em um desempenho notável durante esse período mais tranquilo de vendas.

Portanto, ao considerar o contexto específico do meio do mês, a preferência pelo cenário 4 se mostra uma escolha estratégica e eficaz.

5.4.2.4 Resultado da Simulação do Cenários para a Quarta Configuração - Estados

Os resultados obtidos para a quarta configuração, estão demonstrados na Tabela 13.

Tabela 13 - Resultados dos cenários para a quarta configuração TypeWM_22 - Estados

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN	170,00	144,00	87,40	65,00	25,70	22,50
Máx. FF	3,10	3,00	2,90	2,90	2,90	3,10
Méd. FN	84,18	58,92	36,38	19,44	4,00	2,48
Méd. FF	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04
Tempo Máx. Espera FN	116,90	90,82	51,42	34,70	12,90	11,54
Tempo Máx. Espera FF	1,69	2,02	1,50	1,63	1,66	2,00
Tempo Médio Espera FN	55,22	38,02	22,94	11,66	2,59	1,68
Tempo Médio Espera FF	0,05	3,05	0,04	0,06	0,05	0,05
Utilização AFN (120 min)	67,51%	60,10%	54,12%	48,86%	47,29%	45,40%
Utilização AFN (300 min)	97,74%	93,00%	88,30%	81,46%	78,05%	82,22%
Utilização AFN (480 min)	98,79%	97,51%	95,26%	88,80%	90,01%	81,71%

Utilização AFN (660 min)	99,99%	97,65%	95,42%	81,11%	78,74%	75,11%
Utilização AFN (780 min)	99,34%	95,53%	95,65%	86,66%	75,51%	74,24%
Utilização AFN (960 min)	98,68%	99,61%	82,13%	90,38%	67,12%	66,01%
Utilização Méd. AFN	20,95%	23,28%	22,52%	22,59%	21,19%	22,36%
Utilização AFF (120 min)	39,18%	34,20%	41,80%	35,54%	36,46%	41,51%
Utilização AFF (300 min)	41,86%	42,48%	38,08%	42,88%	41,33%	39,08%
Utilização AFF (480 min)	35,50%	37,08%	36,10%	36,32%	37,69%	35,93%
Utilização AFF (660 min)	32,12%	37,34%	36,45%	36,60%	34,95%	38,06%
Utilização AFF (780 min)	29,42%	31,99%	31,23%	39,94%	30,94%	32,19%
Utilização AFF (960 min)	93,68%	90,57%	85,15%	79,55%	72,79%	70,78%
Utilização Méd. AFF	33,17%	34,40%	34,36%	35,65%	33,76%	34,86%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Continuando, temos na Tabela 13 a análise que concentrou-se nos dias de sexta a domingo, abrangendo o período do 11º ao 20º dia do mês, um intervalo habitualmente mais tranquilo nas vendas.

O cenário mais eficaz, mais uma vez, foi o 4, registrando um tempo médio de aproximadamente 11,66 pessoas na espera da FN. Esse cenário também apresentou uma utilização dos caixas normais de 79,55%, situando-se na média comparativa com os outros cinco tempos analisados.

Além disso, destaca-se que o cenário 4 também obteve a melhor avaliação para os caixas rápidos, registrando uma utilização de 35,65%. Esses resultados sugerem que, mesmo durante um período relativamente mais tranquilo nas vendas, o cenário 4 demonstra uma eficiência notável tanto na gestão das filas normais quanto na otimização da utilização dos caixas rápidos.

Ao considerar a média equilibrada do tempo de espera e a eficiente utilização dos recursos, o cenário 4 surge como uma escolha estratégica durante o meio do mês. A capacidade de proporcionar um atendimento ágil, mantendo uma boa eficiência operacional, destaca esse cenário como uma opção sólida para otimizar a experiência do cliente, mesmo em períodos de demanda mais moderada.

5.4.2.5 Resultado da Simulação do Cenários para a Quinta Configuração - Estados

Quanto aos dados referentes a quinta configuração, a Tabela 14 demonstra as médias

para cada métrica.

Tabela 14 - Resultados dos cenários para a quinta configuração TypeWM_13 - Estados

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN	92,80	47,40	51,80	34,70	11,60	11,70
Máx. FF	4,30	4,10	4,80	4,50	3,90	5,10
Méd. FN	37,31	12,77	15,94	5,91	0,80	1,74
Méd. FF	0,10	0,08	0,13	0,14	0,09	0,13
Tempo Máx. Espera FN	64,67	190,74	31,46	18,67	5,47	5,62
Tempo Máx. Espera FF	2,23	2,37	2,52	1,88	2,09	3,10
Tempo Médio Espera FN	27,28	9,51	10,89	1,86	0,55	1,14
Tempo Médio Espera FF	0,09	0,09	0,13	3,13	0,10	0,13
Utilização AFN (120 min)	56,60%	51,10%	45,22%	43,15%	40,06%	36,22%
Utilização AFN (300 min)	98,35%	93,11%	84,04%	71,40%	66,36%	74,29%
Utilização AFN (480 min)	98,34%	91,01%	88,39%	83,54%	76,16%	68,55%
Utilização AFN (660 min)	95,80%	94,03%	83,83%	74,34%	64,74%	58,45%
Utilização AFN (780 min)	94,74%	85,86%	77,38%	69,55%	69,54%	65,52%
Utilização AFN (960 min)	91,73%	81,61%	72,12%	60,12%	60,24%	59,52%
Utilização Méd. AFN	28,60%	27,29%	29,11%	28,87%	27,89%	27,99%
Utilização AFF (120 min)	50,45%	53,39%	50,95%	45,52%	48,75%	55,93%
Utilização AFF (300 min)	54,56%	45,97%	54,76%	56,20%	52,06%	51,13%
Utilização AFF (480 min)	43,74%	49,19%	45,13%	44,08%	45,23%	41,05%
Utilização AFF (660 min)	43,70%	46,29%	43,98%	40,34%	45,85%	48,50%
Utilização AFF (780 min)	45,98%	41,89%	41,10%	38,38%	40,08%	44,92%
Utilização AFF (960 min)	89,26%	82,79%	75,16%	67,02%	62,85%	60,43%
Utilização Méd. AFF	44,51%	44,00%	44,17%	42,23%	43,31%	44,92%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Na Tabela 14 temos a análise que se concentrou nos dias de segunda a quinta-feira, abrangendo o período do 21º ao 30º dia do mês, caracterizando o final do mês. Em uma avaliação inicial, destaca-se que o cenário 6 parece ser o mais eficaz, pois apresenta as menores filas. No entanto, ao aprofundar a análise, torna-se evidente que uma das escolhas mais sólidas seria o cenário 1.

O cenário 1 se destaca ao oferecer filas médias, tanto na categoria normal quanto rápida,

com números de 37,31 e 0,10 pessoas por fila, respectivamente. Entretanto, essa escolha não é vantajosa apenas pelas dimensões das filas.

Ao examinarmos a utilização dos operadores de *checkout*, observamos que o cenário 1 ostenta a melhor eficiência em ambos os casos, atingindo 89,26% na FN e 44,51% na FF. Esses resultados sugerem que, mesmo no final do mês, quando a demanda pode variar, o cenário 1 se destaca por proporcionar não apenas um tempo de espera gerenciável para os clientes, mas também pela otimização na utilização dos recursos operacionais.

5.4.2.6 Resultado da Simulação do Cenários para a Sexta Configuração - Estados

Com relação à última configuração simulada para a filial Estados, os resultados estão apresentados na Tabela 15.

Tabela 15 - Resultados dos cenários para a sexta configuração TypeWM_23 - Estados

Cenários	1	2	3	4	5	6
Máx. FN	317,00	264,10	253,60	240,30	230,80	199,20
Máx. FF	5,90	7,50	5,50	7,60	13,50	11,70
Méd. FN	32,78	27,32	31,16	22,36	21,20	18,06
Méd. FF	0,15	0,25	0,13	0,34	0,85	0,72
Tempo Máx. Espera FN	99,63	82,87	85,79	72,12	64,58	56,30
Tempo Máx. Espera FF	2,93	3,70	3,02	3,87	5,93	5,85
Tempo Médio Espera FN	13,87	11,78	15,33	9,70	9,71	8,53
Tempo Médio Espera FF	0,21	0,31	0,16	0,45	1,01	0,86
Utilização AFN (120 min)	53,13%	48,62%	41,48%	40,45%	37,20%	34,02%
Utilização AFN (300 min)	87,89%	85,53%	72,65%	71,90%	55,62%	60,06%
Utilização AFN (480 min)	82,84%	88,28%	73,15%	66,72%	66,65%	57,86%
Utilização AFN (660 min)	87,36%	74,31%	71,60%	65,84%	52,00%	50,73%
Utilização AFN (780 min)	74,79%	72,23%	68,07%	57,12%	55,49%	50,81%
Utilização AFN (960 min)	99,78%	99,81%	99,73%	99,53%	99,64%	99,35%
Utilização Méd. AFN	17,21%	17,45%	18,91%	16,82%	17,69%	17,50%
Utilização AFF (120 min)	29,47%	32,54%	32,05%	32,06%	27,54%	28,68%
Utilização AFF (300 min)	28,87%	33,24%	31,06%	29,83%	31,73%	29,12%
Utilização AFF (480 min)	27,64%	25,50%	27,41%	28,50%	24,53%	24,17%
Utilização AFF (660 min)	24,71%	207,13%	25,89%	25,39%	26,08%	26,14%

min)						
Utilização AFF (780 min)	70,75%	72,83%	65,75%	73,51%	77,64%	78,85%
Utilização AFF (960 min)	80,97%	78,13%	71,11%	66,93%	61,10%	58,81%
Utilização Méd. AFF	33,11%	64,78%	33,51%	34,35%	34,20%	34,08%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Esta análise localizada na Tabela 15 focalizou os dias de sexta-feira a domingo, considerando o período do 21º ao 30º dia do mês. Neste contexto, o cenário que emerge como a melhor escolha é o cenário 2. Este cenário destaca-se ao apresentar uma FF com uma média de 0,25 e uma FN com 27,32 clientes, evidenciando uma eficiente gestão do fluxo de clientes.

Além disso, é notável a porcentagem de utilização das filas, onde a FN alcança 78,13%, e a FF atinge 64,78%. Esses números indicam uma ótima eficiência na utilização dos recursos disponíveis, com destaque para a capacidade de manter uma alta utilização mesmo durante os dias finais do mês, quando a demanda pode variar consideravelmente.

Vale ressaltar que a presença da FF desempenha um papel estratégico na diluição das FN. Embora as filas rápidas possam ficar mais tempo ociosas, sua capacidade de processar rapidamente transações pode contribuir significativamente para reduzir a pressão nas filas convencionais.

Portanto, o cenário 2 não apenas gerencia eficientemente as filas, mas também emprega uma abordagem equilibrada que maximiza a utilização dos recursos, contribuindo para uma experiência de atendimento mais eficaz durante os dias de maior movimento no final do mês.

5.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção, serão apresentadas as análises dos resultados mais promissores obtidos nas simulações e a avaliação final para determinar a opção mais adequada para a otimização do processo. O foco está na redução do tempo de espera dos clientes e na promoção de condições de trabalho mais favoráveis para os operadores de caixa.

5.5.1 Filial de Manaíra

Com base nos resultados apresentados na Seção 5.4.1, foi elaborada a Tabela 16, consolidando a síntese dos melhores resultados obtidos. Esta análise visa orientar a adoção do número adequado de colaboradores em diferentes períodos do mês e dias da semana,

otimizando os recursos humanos da empresa.

Essa abordagem visa evitar custos desnecessários para a empresa, evitando excesso de funcionários sem demanda, beneficiando clientes com menor tempo de espera nas filas dos supermercados e garantindo uma utilização eficiente dos operadores de *checkout*, evitando tanto a sobrecarga quanto a ociosidade excessiva em seus postos de trabalho.

Tabela 16 - Escolha dos melhores cenários- Manaíra.

Configuração	1	2	3	4	5	6
Melhor Escolha	4°	3°	4°	3°	4°	5°
Máx. FN	195,10	75,80	23,60	112,60	113,50	98,00
Máx. FF	58,70	4,60	5,80	4,80	40,10	5,60
Méd. FN	49,90	15,38	2,09	30,18	17,47	19,16
Méd. FF	7,83	0,09	0,17	0,10	4,04	0,13
Tempo Máx. Espera FN	90,26	36,99	15,66	55,82	53,46	42,35
Tempo Máx. Espera FF	28,22	2,28	2,92	2,42	18,38	2,75
Tempo Médio Espera FN	26,83	9,03	1,55	17,36	10,99	10,75
Tempo Médio Espera FF	5,77	0,11	0,18	0,13	3,28	0,15
Utilização AFN (120 min)	28,43%	41,51%	31,28%	35,04%	30,76%	35,63%
Utilização AFN (300 min)	80,50%	91,04%	66,81%	90,45%	73,92%	78,11%
Utilização AFN (480 min)	92,10%	81,23%	67,19%	85,29%	76,98%	83,69%
Utilização AFN (660 min)	86,79%	85,80%	64,69%	82,31%	78,56%	81,38%
Utilização AFN (780 min)	99,79%	93,04%	85,38%	94,39%	97,79%	97,73%
Utilização AFN (960 min)	82,40%	67,59%	42,68%	66,59%	68,40%	65,07%
Utilização Méd. AFN	78,34%	76,70%	59,67%	75,68%	71,07%	73,60%
Utilização AFF (120 min)	23,31%	18,63%	22,94%	16,96%	22,36%	19,30%
Utilização AFF (300 min)	64,79%	44,11%	49,47%	44,53%	56,95%	44,81%
Utilização AFF (480 min)	74,60%	41,64%	45,95%	38,75%	60,22%	46,05%
Utilização AFF (660 min)	60,23%	38,80%	45,35%	39,54%	63,86%	42,85%
Utilização AFF (780 min)	91,88%	53,85%	66,34%	56,84%	92,48%	61,57%
Utilização AFF (960 min)	42,37%	26,48%	29,14%	20,16%	39,70%	28,20%
Utilização Méd. AFF	59,53%	37,25%	43,20%	36,13%	55,93%	40,46%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Quadro 7 - Melhores cenários em relação ao operadores- Manaíra.

Cenário	Operadores FN	Operadores FF
4º	14	2
3º	13	2
4º	14	2
3º	13	2
4º	14	2
5º	15	2

Fonte: Autoria Própria (2023).

Ao desenvolver a análise conjunta da Tabela 16 e Quadro 7 temos a seguinte avaliação:

Durante o período inicial do mês, do dia 1 ao 10, de segunda a quinta-feira, o quarto cenário se destacou como a melhor escolha, apresentando uma média de 50 pessoas na FN e 9 na FF, com tempos médios de atendimento de 26,83 minutos e 5,77 minutos, respectivamente. A utilização média dos recursos foi de 78,34% para os AFN e 59,53% para os AFF.

Nas sextas e domingos do mesmo período, o terceiro cenário foi a melhor opção, com uma capacidade máxima de 76 clientes na FN e uma média de 15 pessoas, com tempo médio de espera de 9,03 minutos. A utilização média dos AFN foi de 76,70%. Na FF, não há filas na maioria das vezes, com uma capacidade máxima de 5 pessoas e uma utilização média de 37,25%.

Durante o período inicial do mês, do dia 11 ao 20, de segunda a quinta-feira, o quarto cenário se destacou novamente, com métricas menores em comparação com o período anterior, devido à permanência do mesmo número de atendentes de fila rápida. A utilização dos AFN foi de 59,67%.

Nas sextas e domingos do mesmo período, o terceiro cenário também se destacou, com uma média de 30 pessoas na FN e uma utilização média dos AFN de 75,68%. O tempo médio de atendimento foi de 17,36 minutos para a FN e 0,13 minutos para a FF.

No período inicial do mês, do dia 21 ao 30, de segunda a quinta-feira, o quarto cenário continuou sendo a melhor escolha, com uma média de 114 pessoas na FN e 17 na FF. A utilização dos AFN foi de 71,07%. Nas sextas e domingos do mesmo período, a quinta configuração se destacou, com uma utilização média dos AFN de 73,60% e um tempo médio de espera de 10,75 minutos.

5.5.2 Filial dos Estados

Ao considerar os resultados revelados na Seção 5.4.2, foi desenvolvida a Tabela 17, que compila a síntese dos resultados mais promissores obtidos. Essa análise novamente visa oferecer uma visão abrangente e estratégica dos avanços alcançados na otimização de processos, proporcionando direcionamentos valiosos para aprimorar a eficiência operacional.

Tabela 17 - Escolha dos melhores cenários- Estados.

Configuração	1	2	3	4	5	6
Melhor Escolha	6°	6°	4°	4°	1°	2°
Máx. FN	154,00	105,70	20,10	65,00	92,80	264,10
Máx. FF	48,70	5,70	4,70	2,90	4,30	7,50
Méd. FN	14,25	9,53	2,77	19,44	37,31	27,32
Méd. FF	4,18	0,59	0,18	0,04	0,10	0,25
Tempo Máx. Espera FN	47,16	33,37	10,62	34,70	64,67	82,87
Tempo Máx. Espera FF	18,19	5,66	2,61	1,63	2,23	3,70
Tempo Médio Espera FN	7,89	5,17	1,85	11,66	27,28	11,78
Tempo Médio Espera FF	3,33	0,59	0,12	0,06	0,09	0,31
Utilização AFN (120 min)	26,90%	30,10%	42,29%	48,86%	56,60%	48,62%
Utilização AFN (300 min)	52,94%	54,17%	84,66%	81,46%	98,35%	85,53%
Utilização AFN (480 min)	47,02%	62,59%	79,49%	88,80%	98,34%	88,28%
Utilização AFN (660 min)	46,06%	50,96%	76,24%	81,11%	95,80%	74,31%
Utilização AFN (780 min)	45,27%	49,58%	72,07%	86,66%	94,74%	72,23%
Utilização AFN (960 min)	98,98%	94,32%	63,55%	90,38%	91,73%	99,81%
Utilização Méd. AFN	22,14%	24,74%	27,84%	22,59%	28,60%	17,45%
Utilização AFF (120 min)	38,64%	28,11%	53,87%	35,54%	50,45%	32,54%
Utilização AFF (300 min)	34,81%	31,11%	53,74%	42,88%	54,56%	33,24%
Utilização AFF (480 min)	35,41%	25,18%	49,63%	36,32%	43,74%	25,50%
Utilização AFF (660 min)	34,60%	281,33%	45,63%	36,60%	43,70%	207,13%
Utilização AFF (780 min)	92,48%	64,89%	39,86%	39,94%	45,98%	72,83%
Utilização AFF (960 min)	52,86%	56,95%	69,72%	79,55%	89,26%	78,13%
Utilização Méd. AFF	43,01%	75,89%	45,10%	35,65%	44,51%	64,78%

Fonte: Autoria Própria (2023).

Quadro 8 - Melhores cenários em relação ao operadores - Estados.

Cenário	Operadores FN	Operadores FF
6º	14	2
6º	14	2
4º	12	2
4º	12	2
1º	9	2
2º	10	2

Fonte: Autoria Própria (2023).

Ao desenvolver a análise conjunta da Tabela 17 e Quadro 8 foi obtido a seguinte avaliação:

Durante o início do mês, do dia 1 ao 10, nas segundas e quintas, o sexto cenário emergiu como a melhor escolha, destacando-se pela fila média mais alta, atingindo apenas 14,25 pessoas.

Nas sextas e domingos do mesmo período, o sexto cenário também se destacou, com um tempo médio de espera de aproximadamente 5,17 minutos e uma boa taxa de utilização média na FF de 75,89%, embora a taxa dos AFN tenha sido a mais alta entre os cenários analisados, atingindo 24,74%.

Durante o período do dia 11 ao 20, nas segundas e quintas, o quarto cenário foi a melhor escolha, apresentando um tempo médio de espera de 1,85 minutos e uma eficiente utilização dos caixas normais, com 69,72%, e dos caixas rápidos, com 45,10%.

Nas sextas e domingos do mesmo período, novamente o quarto cenário se destacou, registrando um tempo médio de aproximadamente 11,66 pessoas na fila normal e uma utilização dos caixas normais na média comparativa com os outros cenários analisados.

No período do dia 21 ao 30, nas segundas e quintas, o primeiro cenário se destacou como a melhor escolha, oferecendo filas médias tanto na categoria normal quanto rápida, com números de 37,31 e 0,10 pessoas por fila, respectivamente. Além disso, apresentou a melhor eficiência na utilização dos operadores de *checkout*, atingindo 28,60% na fila normal e 44,51% na fila rápida.

Nas sextas e domingos do mesmo período, o segundo cenário foi a melhor escolha, evidenciando uma eficiente gestão do fluxo de clientes, com uma fila rápida com uma média de 0,25 pessoas e uma fila normal com 27,32 clientes. Além disso, apresentou altas porcentagens de utilização das filas, com 17,45% na fila normal e 64,78% na fila rápida.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, ao observar o panorama operacional das filiais Estados e Manaíra dos supermercados, ressaltam-se os desafios específicos enfrentados por cada unidade. Na filial Manaíra, a análise revelou um tempo significativo de ociosidade nas FF e uma alta porcentagem de trabalho nas FN, enquanto na filial Estados, a situação se inverte, com ociosidade nas FN e intensidade nas FF. A proposta de realocar operadores, utilizando os recursos de forma estratégica durante os períodos de pico, surge como uma abordagem sensata para mitigar essas disparidades e otimizar as experiências dos clientes.

Ao atingir os objetivos específicos delineados, desde a coleta de dados até o desenvolvimento do modelo no Anylogic, o estudo forneceu uma visão abrangente das operações, identificando áreas de intervenção crucial. A aplicação da teoria das filas permitiu uma análise detalhada das variáveis de desempenho, enquanto a quantificação da demanda em diferentes momentos do dia e do mês oferece *insights* valiosos sobre os gargalos no processo de pagamento.

Esses resultados não apenas fundamentam a recomendação de realocação estratégica de operadores, mas também estabelecem as bases para uma gestão operacional mais eficiente e adaptativa. Ao implementar práticas orientadas pelos dados, os supermercados estarão capacitados para oferecer um atendimento mais ágil, reduzir o tempo de espera nas filas e, em última instância, elevar a satisfação do cliente. A continuidade do aprimoramento operacional, ancorada nessas descobertas, é essencial para assegurar a competitividade e o sucesso contínuo no dinâmico cenário de negócios.

Ao utilizar esses resultados como base, a empresa pode implementar medidas concretas para aprimorar continuamente seus processos, alinhando-se às práticas mais eficientes e mantendo-se competitiva em um ambiente dinâmico de negócios. Essa síntese é essencial para orientar decisões futuras e assegurar a contínua melhoria da eficiência operacional da organização. Assim, por meio das metodologias e resultados apresentados neste estudo, projetos futuros poderão se beneficiar das contribuições oferecidas, fornecendo uma base sólida para a tomada de decisões mais simplificadas.

Além disso, ao destacar a importância da simulação computacional como uma ferramenta essencial para mitigar riscos e melhorar os resultados operacionais, seu estudo ressalta a relevância prática de tais abordagens. No mundo real, a capacidade de prever e modelar cenários operacionais complexos permite que as empresas testem diferentes estratégias e tomem decisões informadas antes de implementá-las no ambiente real. Isso não apenas reduz

os custos associados a experimentações diretas, mas também minimiza os riscos de potenciais falhas operacionais, proporcionando uma vantagem competitiva significativa.

Por fim, ao reconhecer o papel crucial da gestão da cadeia de suprimentos na competitividade e eficiência das operações, seus resultados oferecem percepções valiosas para aplicação prática. Por exemplo, ao identificar gargalos no processo de pagamento, o supermercado pode ajustar seus horários de trabalho, distribuir recursos de maneira mais eficiente e até mesmo explorar tecnologias como caixas de autoatendimento para otimizar a experiência do cliente. Essas medidas não apenas melhoram a eficiência operacional, mas também podem resultar em redução de custos e aumento da satisfação do cliente, impactando diretamente os resultados financeiros e a competitividade da empresa no mercado, esse é um exemplo de vários projetos que podem ser desenvolvidos partindo da perspectiva deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ANYLOGIC - Simulation Software Make Intelligent Decisions. São Petersburgo, Rússia, c1998. Disponível em: <<https://www.anylogic.com/>>. Acesso em: 01 set. 2023.

BANKS, B., *et al.* DISCRETE-EVENT system simulation. 4. ed. Londres, Reino Unido: Pearson, 1984. 271 p. Disponível em: <https://bayanbox.ir/view/2964535763283208541/DESS-JBanks-4thEd.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2023.

BICUDO, W. A. S. **Gerenciamento de filas: a aplicação no caso de um centro de distribuição varejista**. 2023. 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2023.

CAMELO, G. R., *et al.* 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. 1-16, dez. 2010.

CHEONG, M. L.; CHIA, Y Q. Simulation model to evaluate effectiveness of queue management tool in supermarket retail chain. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, Macau, p. 606-610, dez 2019.

CORONADO-HERNÁNDEZ, J. R., *et al.* Assessment of organizational policies in a retail store based on a simulation model. *In*: SAEED K.; DVORSKÝ J.. **Computer Information Systems and Industrial Management**, Polônia: Springer, 2021, p. 245-258.

DA ROCHA NASCIMENTO, M. A., *et al.* Discrete event simulation applied to single queue management: a case study at a bank agency. *In*: Rodrigues P. C. C.; Silva A. M.. **Independent Journal of Management & Production**. Jacareí - SP: **IJM&P- Independent Journal of Management & Production**, 2021. v. 12, n. 9, p. 831-842.

DA SILVA, D. R.; GRANDO, M. L.; SOSSANOVICZ, H. R. ANÁLISE DO PROCESSO DE INTEGRAÇÃO DA PRODUÇÃO NO SISTEMA ERP ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA TEORIA DAS FILAS. **Anais da Engenharia de Produção/ISSN 2594-4657**, v. 4, p. 1-18, 2023. Disponível em : <<https://uceff.edu.br/anais/index.php/engprod/article/view/564>>. Acesso em 02 jan. 2024.

DE ASSIS, M. C. Metodologia de Trabalho Científico. 2010.

DE MORAES, D. G.; DA SILVA, A. M. Simulação discreta aplicada à gestão de filas no varejo. **Exacta Engenharia de Produção**, São Paulo, v. 19, p. 659-677, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5585/exactaep.2021.14842>. Disponível em: <<https://uninove.emnuvens.com.br/exacta/article/view/14842/8919>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

DE OLIVEIRA RODRIGUES, G. S., *et al.* GESTÃO DE FILAS: UM ESTUDO DE CASO SOBRE O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE AÇAÍ EM UMA SORVETERIA. **Mythos (Interdisciplinary)**, Minas Gerais v. 18, n. 2, p. 21-30, dez. 2022. DOI: <https://doi.org/10.36674/mythos.v18i2.721>. Disponível em: <<https://www.periodicos.unis.edu.br/index.php/mythos/article/view/721/491>>. Acesso em: 15 nov. 2023.

DO NASCIMENTO JUNIOR, E. F.; SOUSA L. B.; MORAIS R. R. UTILIZAÇÃO DO SOFTWARE DE SIMULAÇÃO PARA O APRIMORAMENTO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA EMPRESA DO SETOR TÊXTIL. **EnGeTec Encontro de Gestão e Tecnologia**, São Paulo, v.1, p. 1-12 dez. 2018.

DO NASCIMENTO, F. R.; MENDES, R. L.; MORAIS, R. R. APLICAÇÃO DO SOFTWARE ARENA TEORIA DAS FILAS NO ATENDIMENTO AO CLIENTE. **FATECLOG**, São Paulo, v. 12, p. 1-9, jun. 2021.

DOILE, L. F. P. **Teoria de filas: analisando o fluxo de atendimento e o número de atendentes em um supermercado**. 2010. 49 p. Trabalho de Conclusão de Graduação - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2010. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/29741>>. Acesso em: 16 nov. 2023.

DOS SANTOS, R. S. B.; CAJUI, R. M. F.; DA SILVA, A. M. Simulação a eventos discretos aplicada à gestão de filas em uma loja de tecidos. **South American Development Society Journal**, São Paulo, v. 6, n. 17, p. 117-135, mai. 2020. DOI:<http://dx.doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v6i17p117-135>. Disponível em: <<https://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/313/286>>. Acesso em: 02 fev. 2024.

DULCE D. T. Estrutura Dinâmica. SAC em Planos de Saúde. Rio Claro – SP. Disponível em:<

FERREIRA, A. A. **SIMULAÇÃO DE SISTEMAS DE FILA M/M/c**. 2017. 77 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Computação) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro, 2017. Disponível em: <<http://www.univasf.edu.br/~brauliro.leal/tcc/AlissonAFerreira/AlissonAFerreira.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2023.

FERREIRA, J. O.; DE CARVALHO, S. V. SIMULAÇÃO DE FILAS GI/G/m. **Worcap, INPE**, São José dos Campos, p. 82-84, out. 2001.

FIGUEIREDO, D. D.; ROCHA, S. H. Aplicação da teoria das filas na otimização do número de caixas: um estudo de caso. **Iniciação Científica CESUMAR**, Paraná, v. 12, n. 2, p. 175-182, jul/dez. 2010.

FOGLIATTI, M. C.; MATTOS, N. M. C. Teoria de Filas. **Editora Interciência Ltda**, Rio de Janeiro, 1 ed. 2007. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/123784/pdf/0?code=Pj2me4pPiYKWLc/3ioD7NiyMUR3asNNur0INNIakpKYdHvvnEoH0Xe+TCu2nXp2XVXOaHN/JGZdivOpy4X8w2A=>>>. Acesso em: 02 set. 2023.

FRANCISCO, T. H. A., *et al.* A contribuição da avaliação in loco como fator de consolidação dos princípios estruturantes do SINAES. **Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior (Campinas)**, São Paulo, v. 17, p. 851-876, nov. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1414-40772012000300012>. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/aval/a/Fh8g9W9DV7JPrf8hdLj66Dv/?lang=pt#>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

GAVIRA, M. O. **Simulação computacional como uma ferramenta de aquisição de conhecimento**. 2003. 163 p. Tese de Doutorado - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

GIACOBO, F.; CERETTA, P. S. Planejamento Logístico: uma ferramenta para o aprimoramento do nível de serviço. **PPGEP/RS**, 2010.

GRIGORYEV, I. **AnyLogic 8 in three days: A quick course in simulation modeling**. 6 ed. 2023. 257 p. Disponível em : <<https://www.anylogic.com/upload/al-in-3-days/anylogic-in-3-days.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2024.

IGLESIAS, F. **Comportamentos em filas de espera: Uma abordagem multimétodos**. 2007. 148 p. Tese (Doutorado em Psicologia) - Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2007.

JESUS, A. R. G.; MELLONI, M. A. C. O.; OLIVEIRA, W. F. O. **IMPACTO DA IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE FILAS: TEORIA DE FILAS**. 2016. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso em Administração - Faculdade Doctum de Vitória, Vitória-BA, 2016.

JUNIOR, J. V. P.; DA SILVA, A. M.; DE MORAES, D. G. Discrete simulation applied to queue management in a supermarket. **Independent Journal of Management & Production (IJM&P)**, v. 11, n. 5, p. 1667-1684, set. 2020. DOI: <https://doi.org/10.14807/ijmp.v11i5.1296>. Disponível em: <<http://www.paulorodrigues.pro.br/ojs/ijmp/index.php/ijmp/article/view/1296/1436>>. Acesso em: 16 set. 2023.

JUNQUEIRA, F. **Modelagem e simulação distribuída de sistemas produtivos**. 2006. 224 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/T.3.2006.tde-11122006-150356>>. Acesso em: 01 jan. 2024.

LIRA, F. R. R. **Gestão estratégica de filas: o caso da unidade INSS/Bancários**. 2015. 62 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/1454>>. Acesso em: 05 nov. 2023.

LOPES, M.; TAMANINI, C.; WILTGEN, F.; CRUZ F. A Importância das Simulações na Manufatura Aditiva de Moldes Mecânicos. **Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão**, Paranaguá, v. 7, n. 1, p. 396-01, 396-24, set. 2022. DOI: <https://doi.org/10.21575/25254782rmetg2022vol7n11782>. Disponível em: <<https://revistas.ifpr.edu.br/index.php/mundietg/article/view/931/799>>. Acesso em: 19 fev. 2024.

MACHADO, G. M. V., *et al.* Estudo de caso de um sistema fotovoltaico instalado no campus da Unicamp em diferentes softwares de simulação. **Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS**. 2020. DOI: <https://doi.org/10.59627/cbens.2020.858>. Acesso em: 10 dez. 2023.

MARQUINI, M. F. *et al.* Simulação e análise de um sistema industrial de colunas de destilação de etanol. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 29, n. 1, p. 23-28, 2007. Disponível em:

<<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226518009>>. Acesso em: 05 dez. 2023.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 24, p. 77-86, jun. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-47442002000200002>. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/4gsZ3kVfMKNxGzMcyRBZzFq/#>>. Acesso em: 14 dez. 2023.

MEDEIROS, V. M. C.; SILVA, D. G. A.; CARVALHO, G. B.; EPIFÂNIO, M. E. P. Estudos e modelagem e simulação em filas de uma agência dos Correios. **Simpósio de Engenharia de Produção**, Recife, 2016. Disponível em: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/riufcg/30036/ESTUDO+DE+MODELAGEM+E+SIMULA%C3%87%C3%83O+EM+FILAS+-+ANAIS+IV+SIMEP+ARTIGO+2016.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 14 nov. 2023.

NEVES, R. C. A. **Sistema de gestão e previsão de filas de espera**. 2021. 78 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Electrónica) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Portugal, 2021.

PASTANA, A. J., *et al.* ESTUDO DE TEORIA DAS FILAS APLICADO EM UM SUPERMERCADO NO PERÍODO DA PANDEMIA DE COVID-19. **Anais do XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Foz do Iguaçu, out. 2021. Disponível em: <<https://encr.pw/2tEAt>>. Acesso em: 19 jan. 2023.

PEGAS, P. H. **Simulação baseada em agentes para uma cadeia de suprimentos com impressão 3D: uma análise comparativa utilizando AnyLogic**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/16138>>. Acesso em: 06 jan. 2024.

PRADO, D. S. **Teoria das Filas e da Simulação**. 6. ed. Nova Lima: FALCONI Editora, 2017. Disponível em: <<https://plataforma.bvirtual.com.br/Leitor/Publicacao/191040/epub/0?code=DQA46pIClHjBS9bf1UL4YQEsMgAsaKNvzXfVGgFE2QDxjcZ7YkOBa/xEmcHpokO3grjVmNGYSPIYwJi6WCvg7g=>>>. Acesso em: 02 set. 2023.

PRIYANGIKA, J. S. K. C.; COORAY, T. M. J. A. Analysis of the sales checkout operation in supermarket using queuing theory. **International Research Conference**, 2015. Disponível em: <<http://ir.kdu.ac.lk/handle/345/1322>>. Acesso em: 18 dez. 2023.

SANTOS, B.; SILVA, F. A.; SOARES, A.. Redes de sensores IoT em edifícios inteligentes: uma avaliação de desempenho usando modelos de filas. **Anais do XX Workshop em Desempenho de Sistemas Computacionais e de Comunicação**. Porto Alegre, p. 25-36, jul. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5753/wperformance.2021.15720>. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wperformance/article/view/15720>>. Acesso em: 22 nov. 2023.

SHORTLE, J. F., *et al.* **Fundamentals of queueing theory**. 5 ed. John Wiley & Sons, 2018. 576 p.

SILVA, D. Tempo médio de atendimento (TMA): o que é e como calcular?. **Zendesk**.

Disponível em: <<https://www.zendesk.com.br/blog/tempo-medio-de-atendimento-tma/>>. Acesso em: 03/04/2024

SILVA, M. M., *et al.* A teoria das filas como indicador de qualidade em serviços-estudo de caso em um grande varejista. *In: ANDRADE, D. F. (org.). GESTÃO DE SERVIÇOS: Artigos Brasileiros*. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2014. cap 10, p. 90-100.

SOUZA, A. C.; TOSONI, L. A.; CANASSA, R. C.; FÁTIMA, M. M. (2015). Estudo de filas em caixas rápidos de um supermercado utilizando simulação computacional. *Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção*, 3(4), 203-222.

SOUZA, G. M.; RODRIGUES, R. L. Simulação de sistemas mediante modelagem em uma empresa fictícia no Software Analogic. *SIMEP*, Rio de Janeiro, p. 1-5, 2022. DOI: 10.29327/xsimep.462689. Disponível em: www.even3.com.br/Anais/xsimep/462689-ANALISE-AMBIENTAL-MEDIANTE-AS-CINCO-FORCAS-DE-PORTER-E-O-MODELO-VRIO-EM-UM-PLANEJAMENTO-ESTRATEGICO-PARA-IMPULSIO. Acesso em 11 nov. 2023.

UTOMO, D. S.; INDRAYANA, M.; WIDIASTUTI, R. Application of Simulation for Cinema Queue Policy in the COVID-19 Era. *ICSET: International Conference on Sustainable Engineering and Technology*, v. 1, n. 1, p. 57-62, ago. 2022. Disponível em: <<https://seminar.ustjogja.ac.id/index.php/ICSET/article/view/209>>. Acesso em: 15 dez. 2023.

WELTER, F. C.; KRAISIG, A. R. Análise comparativa entre Redes de Petri, Cadeias de Markov e Teoria das Filas. *IV SFCT*, v. 7, p. 33-35, 2016.

Wiesner, A. K. (2016). Modelagem e simulação de uma solução de integração para identificação de gargalos de desempenho baseadas em formalismo matemático: uma abordagem orientada à Teoria das Filas.

YANG, Y.; LI, J.; ZHAO, Q. Study on passenger flow simulation in urban subway station based on anylogic. *Journal of Software*, v. 9, n. 1, p. 140-146, 2014.

ZALUSKI; P. R. S.; DANTAS, M. J. P. Aplicação de softwares de simulação no ensino de engenharia: um relato de experiências internacionais de sucesso em cursos de modelagem e simulação de sistemas. *Revista Brasileira de Ciência Aplicada*, v. 1, p. 170-181, ago. 2018. DOI: <https://doi.org/10.34115/basr.v2i1.345>. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BASR/article/view/345/300>>. Acesso em: 20 nov. 2023.

