

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

LENARA RAMIRES DOS REIS

**PROPOSTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE LEITURA DE NOTAS
FISCAIS EM UMA EMPRESA DE LOGÍSTICA DE MANAUS**

MANAUS

2025

LENARA RAMIRES DOS REIS

**PROPOSTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE LEITURA DE NOTAS
FISCAIS EM UMA EMPRESA DE LOGÍSTICA DE MANAUS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Escola Superior de Tecnologia da Universidade do Estado do Amazonas, como parte dos requisitos para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Profa. Dra. Nadja Polyana Felizola Cabete.

**MANAUS
2025**

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.

R375p

Reis, Lenara Ramires Dos

PROPOSTA PARA AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE
LEITURA DE NOTAS FISCAIS EM UMA EMPRESA DE
LOGÍSTICA DE MANAUS / Lenara Ramires Dos Reis. Manaus :
[s.n], 2025.

90 f.: color.; 21.0 cm.

TCC - Graduação em Engenharia de Produção- Universidade do
Estado do Amazonas, Manaus, 2025.

Orientador: Nadja Polyana Felizola Cabete.

1. Automatização de processos. 2. notas fiscais eletrônicas. 3.
logística. 4. OCR. 5. simulação de Monte Carlo. I. Nadja Polyana
Felizola Cabete (Orient.) II. Universidade do Estado do Amazonas.
III. Título

CDU(1997)658.5

LENARA RAMIRES DOS REIS

**PROPOSTA DE AUTOMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE LEITURA DE NOTAS FISCAIS
EM UMA EMPRESA DE LOGÍSTICA DE MANAUS**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia de Produção da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Data de aprovação: Manaus (AM), 26 de novembro de 2025.

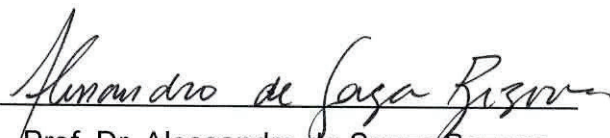
Banca examinadora:



Profa. Dra. Nadja Polyana Felizola Cabete
Universidade do Estado do Amazonas



Prof. Me. Carly Pinheiro Trindade
Universidade do Estado do Amazonas



Prof. Dr. Alessandro de Souza Bezerra
Universidade do Estado do Amazonas

DEDICATÓRIA

Eu dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser o alicerce da minha vida, a fonte de força, sabedoria e paz que me sustentou em cada momento de dificuldade.

Aos meus pais, Luiz Reis e Orbanete Garcia, que sempre foram minha base, meu exemplo e meu maior apoio, oferecendo amor incondicional, incentivo e os ensinamentos que moldaram quem eu sou.

E ao meu namorado, Jean, por estar comigo nas noites em claro, com paciência, compreensão e companheirismo, acreditando em mim mesmo quando eu duvidava.

Toda honra e glória a Deus, que tornou este sonho possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à professora Rejane Gomes por não me deixar desistir nos momentos mais difíceis da graduação e por suas palavras de incentivo, que sempre me encorajaram a seguir em frente. Sua presença foi fundamental para que eu permanecesse firme até o fim.

Agradeço à minha orientadora Nadja Polyana pela paciência, pela orientação cuidadosa e pela parceria constante ao longo desta caminhada. Sua dedicação, acolhimento e disponibilidade foram fundamentais para que este projeto ganhasse forma e sentido. Cada contribuição sua marcou profundamente o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também ao professor Alessandro Bezerra, por acreditar em mim e no meu potencial, pelos valiosos conselhos e pela orientação técnica que contribuíram diretamente para a realização deste trabalho.

Ao meu melhor amigo, Luís Fernando Andrade, que a graduação me deu de presente, por tornar os momentos de caos e desespero mais leves. Sua amizade, apoio e senso de humor foram fundamentais para transformar o percurso acadêmico em uma jornada mais tranquila e cheia de aprendizado.

Aos meus colegas Yara, Peres, João Gabriel Almeida e Gabriela Noronha, por compartilharem comigo os desafios, as risadas e as conquistas dessa caminhada. A presença e a parceria de cada um tornaram cada etapa mais especial e significativa, provando que a amizade é um dos maiores presentes da vida acadêmica.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista, deixo aqui minha mais sincera gratidão.

“A humildade é o caminho mais curto para a felicidade duradoura.” Dalai Lama (1999)

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de automatização do processo de leitura e conferência de notas fiscais em uma empresa de logística localizada em Manaus, considerando as limitações tecnológicas identificadas no fluxo atual e os desafios inerentes ao ambiente operacional da região. O problema central refere-se à dependência de atividades manuais na digitação e validação dos dados fiscais, o que resulta em retrabalho, inconsistências e aumento do tempo de processamento, especialmente devido à incapacidade dos equipamentos de leitura em interpretar documentos digitais e imagens com precisão adequada. O objetivo geral consiste em propor uma solução tecnológica que reduza o tempo de operação, minimize falhas humanas e aumente a confiabilidade do processo. A metodologia adotada caracteriza-se como estudo de caso aplicado, com abordagem qualitativa, utilizando ferramentas como o Diagrama de Ishikawa para identificação das causas raiz, mapeamento de fluxo para análise do processo atual e Simulação de Monte Carlo no MATLAB para modelar três meses de operação com variáveis reais. Os resultados evidenciam que a automatização por meio de tecnologias de captura digital e OCR tem potencial para reduzir o tempo médio de processamento para 2,3 minutos por documento, mitigando gargalos operacionais e diminuindo significativamente a necessidade de retrabalho. Conclui-se que a solução proposta apresenta viabilidade técnica e constitui um ponto de alavancagem para melhoria da eficiência operacional, apesar de sua implementação não ter sido realizada nesta fase por limitações de tempo e recursos.

Palavras-chave: Automatização de processos; notas fiscais eletrônicas; logística; OCR; simulação de monte Carlo.

ABSTRACT

This study proposes an automation solution for the reading and verification of tax invoices in a logistics company located in Manaus, addressing operational challenges caused by technological limitations and the intensive reliance on manual data entry. The problem identified concerns the inefficiency of manual processing, which leads to recurrent rework, transcription errors, and increased processing time due to the inability of current optical readers to interpret digital documents and images with sufficient accuracy. The main objective is to develop a technological approach capable of reducing operational time, improving data reliability, and minimizing human intervention. The methodology is structured as an applied case study with a qualitative approach, using tools such as the Ishikawa Diagram for root-cause identification, process flow mapping for operational analysis, and Monte Carlo Simulation in MATLAB to statistically model three months of operational variability. The results indicate that the automation of document capture and OCR-based data extraction can reduce the average processing time to 2,3 minutes per invoice, minimizing operational bottlenecks and reducing the need for manual rework. The findings demonstrate that the proposed automation presents technical feasibility and has significant potential to enhance operational efficiency, despite not being implemented in practice due to time and resource constraints.

Keywords: process automation; electronic invoices; logistics; OCR; Monte Carlo simulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama de Ishikawa.....	32
Figura 2 - Exemplo de estrutura do Fluxograma.....	34
Figura 3 - Interface Figma.....	36
Figura 4 – interface da plataforma Miro.....	39
Figura 5 - Interface da plataforma Matlab.....	40
Figura 6 - Simulação via Excel.....	42
Figura 7 - Diagrama de Ishikawa - Ineficiência na Leitura Fiscal.....	48
Figura 8 - Fluxograma do Processo.....	50
Figura 10 - Terminal de código do Matlab.....	54
Figura 11 - Histograma de estabilidade do processo.....	55
Figura 12 - Variação Semanal do Tempo de Digitação.....	56
Figura 13 - Relatório da Simulação de Monte Carlo.....	56
Figura 14 - Protótipo de Interface do app para o motorista (login).....	58
Figura 15 - Protótipo de Interface do app para o motorista (menu).....	59
Figura 16 - Protótipo de Interface do app para o motorista (seleção de cliente e filtro). 60	
Figura 17 - Protótipo de Interface do app para o motorista (aplicação do OCR).....	61
Figura 18 - Protótipo de Interface do aplicativo para o motorista (Solicitar e ícone de confirmação).....	62
Figura 19 - Telas de notas rejeitadas.....	64
Figura 20 - Tela de notas liberadas	65
Figura 21- Protótipo de Interface do app para o administrador (tela inicial do PC)....	66
Figura 22- Protótipo de Interface do app para o administrador (tela de seleção de NF ADM/PC).....	68
Figura 23 - Protótipo de Interface do app para o administrador (tela de confirmação ADM/PC).....	68
Figura 24 - Protótipo de Interface do app para o administrador (Dashboard ADM/PC). 69	
Figura 25 - Arquitetura e Funcionamento do Banco de Dados PostgreSQL.....	72
Figura 26 - Fluxo Operacional Remodelado com o Aplicativo.....	75
Figura 27 - Gráfico e Comparação entre cenários.....	78
Figura 28 - Gráfico de impacto da automatização.....	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estrutura do SGBD.....	71
Quadro 2- Comparativo dos Ganhos Entre o Processo Atual e o Processo.....	82

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ACID – Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade

AS IS – Como está / Processo Atual

AWS – Amazon Web Services

BPA – Automação de Processos de Negócio (Business Process Automation)

BPM – Gestão por Processos (Business Process Management)

BPMS – Suítes de Gerenciamento de Processos de Negócio (Business Process Management Suites)

COFINS – Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social

CSAT – Índice de Satisfação do Cliente (Customer Satisfaction Index)

DANFE – Documento Auxiliar da Nota Fiscal Eletrônica

EPM – Erro Padrão da Média

ERP – Enterprise Resource Planning

GED – Gestão Eletrônica de Documentos

GDPR – General Data Protection Regulation

GUI – Interfaces Gráficas Personalizadas (Graphical User Interface)

IA – Inteligência Artificial

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

IPI – Imposto sobre Produtos Industrializados

IoT – Internet das Coisas (Internet of Things)

KPIs – Indicadores-Chave de Desempenho (Key Performance Indicators)

6M – Método, Medição, Máquina, Meio Ambiente, Material, Mão de Obra

MOC – Manuais de Orientação do Contribuinte

MVCC – Controle de Concorrência Multiversão

NF-e – Nota Fiscal Eletrônica

NFS-e – Nota Fiscal de Serviço Eletrônica

OCR – Reconhecimento Óptico de Caracteres (Optical Character Recognition)

PDCA – Plan-Do-Check-Act

PIS – Programa de Integração Social

QR Code – Quick Response Code

RH – Recursos Humanos

RPA – Automação Robótica de Processos (Robotic Process Automation)

SaaS – Software as a Service

SEFAZ – Secretaria da Fazenda

SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados

SMC – Simulação de Monte Carlo

SOC 2 – Service Organization Control 2

SQL – Structured Query Language

SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats

TI – Tecnologia da Informação

TO BE – Como deve ser / Processo Futuro

UI – Interfaces de Usuário (User Interface)

UX – Experiência do Usuário (User Experience)

XML – Extensible Markup Language

XSD – XML Schema Definition

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1. TEMA.....	15
1.2. PROBLEMA DE PESQUISA.....	15
1.3. JUSTIFICATIVA.....	16
1.4. HIPÓTESES.....	16
1.5. OBJETIVOS.....	17
1.5.1. Objetivo geral.....	17
1.5.2. Objetivos específicos.....	17
1.6. USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) E CONSIDERAÇÕES ÉTICAS..	17
1.7. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	18
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	19
2.1. LOGÍSTICA 4.0: A NOVA FRONTEIRA DA EFICIÊNCIA.....	19
2.2. PROCESSOS.....	20
2.2.1. Processos Primários.....	20
2.2.2. Processos de Apoio.....	22
2.2.3. Processos gerenciais.....	24
2.3. HISTÓRICO E MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO SISTEMA DE NOTAS FISCAIS.....	25
2.3.1. Tecnologias utilizadas na emissão e leitura de notas fiscais eletrônicas..	27
2.4. AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS E TECNOLOGIAS HABILITADORAS.....	29
2.4.1. Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR - Optical Character Recognition):.....	29
2.4.2. Automação Robótica de Processos (RPA - Robotic Process Automation):.....	30
2.5. FLUXO DE PROCESSOS LOGÍSTICOS.....	30
2.6. FERRAMENTAS DE APOIO À ANÁLISE DE PROCESSOS.....	31
2.6.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	31
2.6.2 FLUXOGRAMA.....	33
2.6.3 FIGMA.....	34
2.6.4 MIRO.....	36
2.6.5 MATLAB.....	39
2.6.6 SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO (SMC).....	41
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	44
3.1. LOCAL E PERÍODO DA PESQUISA.....	44
3.2. ETAPAS DA PESQUISA.....	45
3.3. COLETA DE DADOS.....	46
3.3.1. Amostra e Período de observação.....	46
3.3.2. Instrumento de coleta: Cronometragem.....	46
3.3.3. Justificativa para Ampliação da amostra via Simulação.....	47

3.4. APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS.....	47
3.4.1. Diagrama de Ishikawa.....	48
3.4.2. Fluxograma do processo Atual (AS IS).....	49
3.4.3. Simulação de Monte Carlo (SMC).....	51
3.4.3.1. Implementação no MATLAB.....	51
3.4.3.2. Definição dos Parâmetros de Entrada.....	52
3.4.3.3. Configurações da simulação e Escala.....	52
3.4.3.3. Geração dos dados sintéticos (amostragem aleatória).....	53
3.4.3.4. Análise dos Resultados e Métricas Calculadas.....	53
3.5. PROTÓTIPO DE INTERFACE NO FIGMA.....	58
3.6. BANCO DE DADOS POSTGRESQL.....	69
3.2 Banco de Dados PostgreSQL: Implementação e Aplicação no Projeto...	70
3.6.1. Estrutura de Dados.....	70
3.6.2. Funcionalidade e Integração Logística.....	71
4. RESULTADOS.....	74
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
6. REFERÊNCIAS.....	83

1. INTRODUÇÃO

Em um cenário onde a agilidade define o sucesso, as empresas de logística em Manaus operam em uma realidade singular, ditada tanto pela imensidão da floresta amazônica quanto pelas complexidades fiscais da Zona Franca. Neste ambiente de extremos, onde o transporte fluvial e aéreo não são apenas opções, mas necessidades, e a burocracia tributária se revela um verdadeiro labirinto de incentivos e exceções, a busca por eficiência torna-se uma jornada estratégica. É nesse contexto desafiador que a automatização do processo de leitura de notas fiscais emerge não como um luxo, mas como uma ferramenta vital para a sobrevivência e competitividade.

O Polo Industrial de Manaus, coração econômico da região, pulsa ao ritmo de uma cadeia de suprimentos que enfrenta gargalos diários. A sazonalidade dos rios, a infraestrutura limitada e a dependência de modais de transporte específicos impõem uma pressão constante sobre as operações logísticas. Somam-se a esses desafios as particularidades tributárias da Zona Franca, que, ao mesmo tempo, em que fomentam a economia local com uma série de benefícios fiscais, como isenções e reduções de ICMS, IPI, PIS e COFINS, transformam cada nota fiscal em um documento complexo.

O processamento manual desses documentos, prática ainda comum em muitas empresas, abre uma perigosa margem para erros que podem custar caro. Desde a digitação incorreta de valores e a classificação equivocada de produtos até a aplicação indevida de incentivos fiscais, às falhas humanas resultam em prejuízos financeiros diretos, retrabalho, atrasos na liberação de cargas e, em casos mais graves, sanções fiscais. Para uma empresa de logística, onde a precisão e a velocidade são a moeda corrente, esses obstáculos representam uma ameaça direta à sua eficiência operacional e à satisfação de seus clientes.

Este estudo de caso mergulha na realidade de uma empresa de logística em Manaus para investigar como a implementação de um sistema automatizado para a leitura de notas fiscais pode revolucionar suas operações. Será analisado de que forma a tecnologia pode mitigar os riscos inerentes ao processo manual, garantir a conformidade fiscal em um ambiente de alta complexidade e, finalmente, otimizar o fluxo de trabalho, liberando capital humano para atividades mais estratégicas. A automatização, neste contexto, transcende a simples digitalização de documentos,

apresentando-se como uma resposta inteligente e estratégica aos desafios logísticos e fiscais únicos da Amazônia.

1.1. TEMA

Proposta de automatização do processo de leitura de notas fiscais em uma empresa de logística de Manaus.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

Na empresa de logística em estudo, localizada em Manaus, o processo de leitura e registro das notas fiscais ainda é realizado de forma manual, exigindo que cada colaborador digite aproximadamente 43 caracteres por documento. Essa rotina consome tempo, eleva significativamente o risco de erros operacionais e afeta diretamente a eficiência logística, uma vez que o código da nota fiscal é essencial para validar a aceitação da carga no porto. É por meio desse código que se verificam informações críticas como peso, tara, lacre e autorização de embarque. A situação torna-se ainda mais complexa diante do elevado fluxo de motoristas que aguardam agendamento, frequentemente ultrapassando 50 simultaneamente. Embora a empresa utilize leitores ópticos (bip), a limitação tecnológica permanece, pois, esses dispositivos são compatíveis apenas com documentos físicos. Na prática, os motoristas costumam enviar imagens das notas fiscais por meio digital, o que obriga os colaboradores a realizar a digitação manual, perpetuando a morosidade e a vulnerabilidade do processo. Por este motivo, surge a pergunta: Como a automatização de notas fiscais pode otimizar o fluxo logístico e reduzir gargalos operacionais em uma empresa de logística de Manaus?

1.3. JUSTIFICATIVA

A escolha deste tema se justifica pela necessidade de otimizar processos críticos na operação logística, especialmente na entrada de cargas em portos, onde a conferência das notas fiscais é determinante para a autorização do embarque. Atualmente, o registro manual desses documentos gera gargalos significativos, aumento do tempo de processamento e risco elevado de erros operacionais, comprometendo a eficiência do fluxo logístico.

Além disso, a empresa em estudo lida diariamente com um alto volume de motoristas e cargas, situação que intensifica os impactos de processos manuais e torna evidente a necessidade de soluções tecnológicas. A automação da leitura e do processamento das notas fiscais surge como alternativa capaz de reduzir o tempo de registro, aumentar a precisão das informações e melhorar o controle sobre as operações logísticas. Do ponto de vista acadêmico, este estudo é relevante, pois contribui para o conhecimento sobre a aplicação de tecnologias de automação em processos fiscais e logísticos, destacando seus impactos práticos em empresas que enfrentam alto volume operacional.

Do ponto de vista prático, oferece subsídios para que a empresa implemente soluções mais eficientes, garantindo maior confiabilidade, produtividade e segurança nas operações.

1.4. HIPÓTESES

A automatização da leitura e do processamento de notas fiscais pode transformar a operação logística, ao reduzir significativamente o tempo de registro manual, minimizar erros críticos na conferência das cargas e otimizar o fluxo de entrada de motoristas e mercadorias, promovendo maior eficiência e confiabilidade nos processos de empresas de logística em Manaus.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo geral

Propor uma solução automatizada para leitura e processamento de notas fiscais, com o intuito de reduzir o tempo operacional, minimizar erros de digitação e otimizar o fluxo logístico em empresas de transporte e armazenagem na região de Manaus.

1.5.2. Objetivos específicos

- Mapear e analisar o processo atual de leitura e registro de notas fiscais, identificando os principais gargalos operacionais, fontes de erro e impactos no tempo de processamento logístico;
- Identificar uma tecnologia de automatização aplicada ao recebimento digital de documentos fiscais, com capacidade de realizar a extração de dados por meio de reconhecimento óptico de caracteres (OCR) e integrar-se ao sistema logístico da empresa.
- Estimar os ganhos potenciais em tempo de processamento, redução de erros e melhoria na eficiência operacional do fluxo logístico com a introdução do aplicativo.

1.6. USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) E CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

Este trabalho contou com o uso da ferramenta de inteligência artificial Chat GPT (OpenAI), empregada unicamente para revisão ortográfica e aprimoramento da redação, sem interferência no conteúdo técnico ou científico.

1.7. ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho segue uma sequência lógica, iniciando com a seção 1, a Introdução, onde será apresentado o problema do processamento manual de notas fiscais na logística manauara, definindo os objetivos e a relevância da pesquisa.

Dando sequência, a seção 2, o Referencial Teórico, fundamentará o estudo com a exploração de conceitos sobre logística, notas fiscais e tecnologias de automação.

Na seção 3, a Metodologia, será detalhada a abordagem de estudo de caso, explicando como os dados da empresa foram coletados e analisados. Esta metodologia será aplicada na seção 4, o Estudo de Caso, no qual ocorrerá a comparação do fluxo de trabalho antes e depois da automação.

Com base nisso, a seção 5, Resultados e Discussão, apresentará os dados que comprovam os ganhos práticos da automação, como a redução de tempo e erros. Finalmente, a seção 6, a Conclusão, encerra a pesquisa, resumindo as descobertas, respondendo aos objetivos propostos e sugerindo temas para estudos futuros.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção visa apresentar os principais conceitos, teorias e estudos presentes na literatura, que servem de base para a compreensão e embasamento do tema abordado neste trabalho.

2.1. LOGÍSTICA 4.0: A NOVA FRONTEIRA DA EFICIÊNCIA

A logística é definida por Christopher (2011) como "o processo de gerenciar estrategicamente a aquisição, o movimento e o armazenamento de materiais, peças e produtos acabados (e os fluxos de informação relacionados) através da organização e seus canais de marketing, para maximizar as lucratividades presentes e futuras através do atendimento de pedidos de baixo custo". Tradicionalmente vista como uma área puramente operacional, a logística evoluiu para um pilar estratégico na busca por vantagem competitiva. Com o advento da Quarta Revolução Industrial, surge o conceito de Logística 4.0.

Este termo descreve a digitalização e a automação intensiva dos processos logísticos, integrando tecnologias como Internet das Coisas (IoT), Big Data, Inteligência Artificial (IA) e automação robótica para criar uma cadeia de suprimentos mais inteligente, conectada e autônoma (PWC, 2016). Dentro deste paradigma, a otimização não se limita apenas ao fluxo físico de mercadorias, mas se estende de forma crucial ao fluxo de informações. A gestão precisa e veloz dos dados que acompanham os produtos, como os contidos nas notas fiscais, é um componente essencial para a agilidade e eficiência da Logística 4.0.

2.2. PROCESSOS

A compreensão dos processos organizacionais é essencial para o desenvolvimento de práticas gerenciais eficazes e para a construção de uma estrutura organizacional orientada à geração de valor. Em termos conceituais, um processo pode ser definido como um conjunto de atividades inter-relacionadas que, ao serem executadas em sequência, transformam insumos (materiais, informações, recursos humanos, entre outros) em produtos ou serviços destinados a atender às necessidades de clientes internos ou externos. Essa definição é amplamente aceita por autores como Rummler e Brache (1994), que destacam que os processos atravessam fronteiras funcionais e são os verdadeiros responsáveis pela entrega de valor nas organizações.

A abordagem por processos surgiu como uma alternativa ao modelo funcional tradicional, que organiza as empresas em departamentos isolados, muitas vezes gerando redundâncias, falta de comunicação e baixa eficiência. A gestão por processos propõe uma visão horizontal da organização, focada no fluxo de trabalho e na integração entre áreas. Hammer e Champy (1993), ao introduzirem o conceito de reengenharia de processos, reforçaram a importância de redesenhar os processos com foco no cliente, na tecnologia e nos resultados, rompendo com estruturas burocráticas e promovendo inovação e agilidade.

Para que a gestão por processos seja eficaz, é necessário compreender os diferentes tipos de processos existentes em uma organização. De forma geral, os processos são classificados em três categorias principais: processos primários, processos de apoio e processos de gestão.

2.2.1. Processos Primários

No epicentro da estratégia e da execução organizacional, os processos primários, também conhecidos como processos finalísticos ou essenciais (core processes), constituem a espinha dorsal de qualquer entidade, sendo os vetores diretos da entrega de valor ao cliente externo. Intrinsecamente ligados à missão e à própria razão de existir da organização, esses processos englobam a sequência de atividades que transformam insumos em produtos ou serviços, culminando na satisfação das necessidades do mercado. Sua excelência não é apenas um objetivo

operacional, mas um imperativo estratégico que define a competitividade e a sustentabilidade de uma empresa.

Diferentemente dos processos de suporte (que viabilizam a operação, como RH e TI) e dos processos de gestão (que coordenam e controlam a organização), os processos primários são a face da empresa para o cliente. Eles representam a materialização da proposta de valor. Um exemplo clássico é a cadeia de valor de Michael Porter, que identifica atividades primárias como logística de entrada, operações, logística de saída, marketing e vendas, e serviços. Essa estrutura evidencia como cada etapa agrega valor de forma sequencial até o produto ou serviço final.

A natureza desses processos varia significativamente com o setor de atuação. Em uma manufatura, os processos primários incluem desde o desenvolvimento do produto e a gestão da cadeia de suprimentos até a produção e a distribuição. Em uma empresa de serviços, como uma consultoria, englobam a prospecção e qualificação de clientes, a elaboração de propostas, a execução do projeto e o relacionamento pós-entrega. Já no setor de tecnologia, os processos primários críticos podem ser o desenvolvimento de software (ciclo de vida do desenvolvimento de sistemas), a gestão da infraestrutura de nuvem e o suporte técnico ao cliente.

Uma visão aprofundada dos processos primários exige uma perspectiva "ponta a ponta" (*end-to-end*). Isso significa transcender as barreiras departamentais e analisar o fluxo de valor de forma contínua, desde a solicitação inicial do cliente até a entrega e o suporte. Essa abordagem holística permite identificar gargalos, eliminar redundâncias e otimizar a jornada do cliente, garantindo uma experiência coesa e satisfatória.

A performance dos processos primários é rigorosamente monitorada por meio de Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs). Esses indicadores podem incluir:

- Tempo de Ciclo (*Cycle Time*): O tempo total para completar um processo, da solicitação à entrega.
- Custo por Unidade Produzida/Serviço Prestado: A eficiência na utilização dos recursos.
- Índice de Satisfação do Cliente (CSAT): A percepção do cliente sobre o resultado do processo.
- Taxa de Entrega no Prazo (*On-Time Delivery*): A confiabilidade e a previsibilidade do processo.

- Qualidade na Primeira Vez (*First Pass Yield*): A porcentagem de saídas que não necessitam de retrabalho.

A busca pela excelência nos processos primários é um campo fértil para a inovação e a automação. A implementação de Suítes de Gerenciamento de Processos de Negócio (BPMS) permite modelar, executar, monitorar e otimizar esses fluxos de trabalho de forma contínua. Tecnologias como a Automação Robótica de Processos (RPA) e a Inteligência Artificial (IA) estão sendo cada vez mais empregadas para automatizar tarefas repetitivas, analisar grandes volumes de dados para prever demandas e personalizar a experiência do cliente, elevando a eficiência e a qualidade a novos patamares.

2.2.2. Processos de Apoio

Em contrapartida, aos processos primários, que estão na vanguarda da criação de valor, os processos de apoio, também denominados processos de suporte ou secundários, constituem a infraestrutura habilitadora essencial para excelência operacional. Embora não entreguem um produto ou serviço diretamente ao cliente externo, sua função é crítica: fornecer os recursos, serviços e o ambiente de controle necessários para que os processos operem com máxima eficiência, estabilidade e conformidade. A falha ou a ineficiência em qualquer um desses pode gerar um efeito cascata, comprometendo severamente a cadeia de valor da organização.

O escopo dos processos de apoio é vasto e permeia toda a estrutura organizacional. Exemplos canônicos incluem:

- Gestão de Pessoas: Abrange todo o ciclo de vida do colaborador, desde o recrutamento e seleção, passando por treinamento e desenvolvimento, até a gestão de desempenho e remuneração. Um processo de contratação lento ou ineficaz, por exemplo, pode deixar um processo primário (como o desenvolvimento de um novo produto) desprovido do talento necessário, atrasando a inovação e a entrega ao mercado.
- Tecnologia da Informação (TI): Responsável pela gestão da infraestrutura de hardware, software, redes e segurança da informação. A indisponibilidade de um sistema crítico de ERP (*Enterprise Resource Planning*), por exemplo,

pode paralisar a produção, o faturamento e a logística, interrompendo diretamente o fluxo de valor para o cliente.

- **Gestão Financeira e Contábil:** Inclui atividades como contas a pagar e a receber, tesouraria, elaboração de relatórios financeiros e conformidade fiscal. Erros na gestão de faturamento ou atrasos no processo de compras podem impactar negativamente o fluxo de caixa e o relacionamento com fornecedores estratégicos, essenciais para os processos primários.
- **Jurídico e Conformidade (*Compliance*):** Garante que a organização opere dentro dos marcos legais e regulatórios. A falha em garantir a conformidade pode resultar em multas, sanções e danos reputacionais que afetam a sustentabilidade do negócio na sua totalidade.
- **Compras (*Procurement*) e Manutenção:** Assegura a aquisição de materiais e serviços necessários e a manutenção preventiva e corretiva de equipamentos e instalações. Uma gestão de compras ineficiente pode levar à falta de matéria-prima, enquanto uma manutenção inadequada pode causar paradas não planejadas na produção.

Conforme destaca (Gonçalves, 2000) em seu influente artigo "As empresas são grandes coleções de processos", a distinção entre os tipos de processo é fundamental, mas a interdependência entre eles é ainda mais. Gonçalves argumenta que os processos de apoio devem ser geridos com o mesmo rigor metodológico e a mesma busca por otimização que os processos primários. A visão de que são meramente "centros de custo" é tecnicamente obsoleta. Na realidade, eles são centros de excelência habilitadores.

A maturidade na gestão de processos de apoio é frequentemente avaliada por meio de métricas de desempenho (KPIs) específicas, como o tempo de resolução de chamados de TI, o custo por transação no contas a pagar, o tempo para preenchimento de vagas (time-to-fill) no RH ou a disponibilidade de equipamentos (uptime) na manutenção. A otimização desses processos envolve iniciativas de automação (como o uso de RPA para tarefas financeiras), a centralização de serviços em Centros de Serviços Compartilhados (CSCs) e a adoção de frameworks de melhores práticas, como ITIL para serviços de TI e metodologias de gestão de suprimentos.

Portanto, a eficácia dos processos de apoio é um pilar estratégico. Eles não apenas garantem a continuidade e a legalidade das operações, mas também

impulsionam a eficiência, reduzem custos operacionais e liberam recursos para que a organização possa se concentrar em sua atividade principal: a entrega de valor superior ao seu cliente final. A negligência a essa infraestrutura invisível é um risco que nenhuma organização competitiva pode se permitir correr.

2.2.3. Processos gerenciais

Atuando como o sistema nervoso central da organização, os processos de gestão, ou processos gerenciais, são a espinha dorsal que conecta a intenção estratégica à realidade operacional. Sua função transcende a simples supervisão; eles constituem o mecanismo de governança que planeja, monitora, controla e direciona todo o ecossistema de atividades da empresa. É através desses processos que as metas são desdobradas em ações tangíveis, o desempenho é medido contra indicadores-chave (KPIs), as decisões são fundamentadas em dados e a organização se calibra continuamente em busca de seus objetivos. Eles são a materialização do ciclo de melhoria contínua (PDCA - Plan-Do-Check-Act), garantindo que a organização não apenas opere, mas também aprenda e evolua.

Conforme postulado por Harrington (1991), um dos pioneiros na melhoria de processos de negócios, a excelência nos processos de gestão é o catalisador para a criação de uma cultura organizacional orientada a resultados, inovação e aprendizado sistêmico. Sem uma governança processual eficaz, as diversas atividades operacionais correm o risco de operar em silos, de forma desarticulada e desalinhada com os vetores estratégicos, tornando a organização reativa em vez de proativa.

A ferramenta primordial para o exercício desta governança é o mapeamento sistêmico dos processos. Longe de ser um mero exercício de documentação, o mapeamento é um instrumento de diagnóstico estratégico que funciona como uma "radiografia" organizacional. Ele torna explícito o fluxo de trabalho, as interdependências críticas entre áreas e as interfaces que compõem tanto a entrega de valor final quanto às atividades habilitadoras internas. Ao visualizar a operação de ponta a ponta, a gestão pode identificar com precisão gargalos, latências, redundâncias e desperdícios os "Muda" da filosofia Lean que seriam invisíveis sob uma ótica puramente departamental.

Além da otimização, o mapeamento desempenha um papel crucial na gestão

do conhecimento, um ativo cada vez mais valioso. Como demonstra a pesquisa de Nascimento (2018), esta prática converte o conhecimento tácito aquele que reside na experiência dos colaboradores em conhecimento explícito e formalizado. Isso não apenas mitiga os riscos associados à rotatividade de pessoal, mas também cria uma base de conhecimento padronizada que pode ser sistematicamente analisada, aprimorada e utilizada para treinar novos talentos, garantindo a perenidade do capital intelectual da organização.

Esta abordagem centrada na governança por processos transcende o setor privado, encontrando aplicação crítica na esfera pública. Em um contexto onde a eficiência, a transparência e a accountability são demandas sociais prementes, a gestão por processos é fundamental para modernizar a prestação de serviços. Ela permite alinhar as atividades das instituições aos objetivos das políticas públicas, promovendo maior controle, auditabilidade e, crucialmente, uma cultura focada no valor entregue ao cidadão. Em tempos de transformação digital do Estado, redesenhar os serviços públicos com base em processos otimizados é essencial para atender às expectativas da sociedade.

De forma geral, o grau de maturidade de uma organização contemporânea reflete-se na complexidade e eficiência de seus processos de gestão. A implementação de práticas como Gestão por Processos (BPM), mapeamento e reengenharia tornam-se essenciais para lidar com os desafios atuais. Essas abordagens permitem que a liderança não apenas administre pessoas e recursos, mas também projete e otimize os sistemas responsáveis pela criação e entrega de valor, promovendo uma organização coesa, inovadora e sustentável.

2.3. HISTÓRICO E MODERNIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO SISTEMA DE NOTAS FISCAIS

O processo de emissão de notas fiscais no Brasil passou por uma significativa evolução histórica, acompanhando o desenvolvimento tecnológico e a necessidade de maior controle fiscal por parte do Estado. Originalmente, a nota fiscal surgiu como mecanismo de registro das operações de compra e venda de mercadorias e serviços, servindo de instrumento fundamental para garantir a arrecadação de tributos e combater práticas de sonegação. No Brasil, a obrigatoriedade deste documento foi consolidada a partir do Convênio ICMS s/nº de 1970, que padronizou

modelos e procedimentos em âmbito nacional (BRASIL, 1970).

Durante as décadas seguintes, o processo de emissão foi se modernizando. Inicialmente, as notas fiscais eram emitidas manualmente em blocos impressos fornecidos por gráficas credenciadas, e o controle fiscal era realizado pelas Secretarias da Fazenda por meio da comparação entre os talões utilizados e as declarações tributárias apresentadas (ITCNET, 2025). Na década de 1980, esse processo passou a contar com preenchimento mecanográfico, e, nos anos 1990, a informatização trouxe o uso de computadores e impressoras matriciais com formulários contínuos. O avanço foi consolidado em 1995, com o Convênio ICMS nº 57/1995, que autorizou a emissão por processamento de dados, dando às empresas maior autonomia na impressão e preenchimento dos documentos, desde que respeitado o layout autorizado pelo fisco (Brasil, 1995).

O marco decisivo para a modernização ocorreu em meados dos anos 2000, quando o governo lançou o projeto da Nota Fiscal Eletrônica (NF-e), documento de existência exclusivamente digital, emitido e armazenado eletronicamente, com validade jurídica garantida pela assinatura digital e pela autorização da Secretaria da Fazenda (Portal nacional da NF-e, 2025). A NF-e entrou em fase piloto em 2005 e ganhou validade jurídica em 2006 (Wikipédia, 2025). Entre os principais objetivos dessa inovação destacam-se a redução de custos com papel, impressão e armazenamento, a maior agilidade nos processos de emissão, a redução das possibilidades de fraude e sonegação, além do fortalecimento do controle em tempo real das operações comerciais por parte do fisco (Tecnospeed, 2025).

O processo atual de emissão da NF-e segue um fluxo digital padronizado. Primeiramente, a empresa emissora precisa estar devidamente credenciada junto à Secretaria da Fazenda de seu estado para obter autorização. Em cada operação sujeita à tributação, é gerado um arquivo digital no formato XML contendo as informações do emitente, do destinatário, dos produtos ou serviços, dos valores e tributos incidentes. Esse arquivo é assinado digitalmente com o uso de certificado digital, garantindo a autenticidade e a integridade dos dados (São paulo, 2025). O XML é transmitido ao ambiente da Secretaria da Fazenda, que valida as informações e, em caso de aprovação, concede a autorização para a emissão da nota, a partir da qual ela passa a ter validade fiscal.

Embora a NF-e exista exclusivamente em meio digital, pode ser emitido o Documento Auxiliar da Nota Fiscal Eletrônica (DANFE), versão simplificada em

papel que acompanha a mercadoria durante o transporte. O DANFE não possui valor fiscal próprio, mas contém a chave de acesso que possibilita a consulta da nota na base de dados do fisco (Sefaz, 2025). Tanto o emitente quanto o destinatário têm a obrigação legal de armazenar o arquivo XML pelo prazo de cinco anos, de modo a garantir a conformidade fiscal e a permitir auditorias ou comprovações futuras.

Além da NF-e, voltada para operações de circulação de mercadorias, o Brasil desenvolveu também a Nota Fiscal de Serviço Eletrônica (NFS-e), de competência municipal, destinada a documentar a prestação de serviços. Nos últimos anos, o governo federal tem promovido a padronização desse documento em nível nacional, com o objetivo de simplificar e unificar os procedimentos em todos os municípios, reduzindo custos e burocracias para empresas que atuam em diferentes localidades (Brasil,, 2025).

A transformação digital do processo de emissão de notas fiscais trouxe inúmeros benefícios para a administração pública e para as empresas, mas também gerou desafios. Enquanto o Estado conquistou maior eficiência no combate à evasão fiscal, por meio do cruzamento eletrônico de dados e do monitoramento em tempo real das operações, as empresas precisaram se adaptar às exigências tecnológicas, adquirindo certificados digitais, atualizando sistemas de gestão e capacitando equipes. Ainda assim, a Nota Fiscal Eletrônica consolidou-se como um marco da modernização tributária no Brasil, promovendo transparência, segurança e eficiência administrativa no relacionamento entre o fisco e os contribuintes.

2.3.1. Tecnologias utilizadas na emissão e leitura de notas fiscais eletrônicas

A emissão de uma Nota Fiscal Eletrônica (NF-e) no Brasil envolve um conjunto de tecnologias que garantem autenticidade, integridade e validade jurídica do documento.

O primeiro elemento essencial é o certificado digital, exigido no padrão ICP-Brasil. Esse recurso funciona como uma assinatura eletrônica, garantindo que a nota foi realmente emitida pelo contribuinte e que seu conteúdo não foi alterado. Segundo BrasilNFe (2025), os certificados podem ser do tipo A1, em formato digital, ou do tipo A3, armazenados em dispositivos físicos como tokens ou cartões inteligentes.

Outro recurso indispensável é o software emissor ou sistema de gestão integrado (ERP), responsável por montar o arquivo da nota no formato XML e preencher os campos obrigatórios exigidos pela Secretaria da Fazenda (SEFAZ). De acordo com a documentação da NS Tecnologia (2025), esse software organiza informações de emitente, destinatário, produtos, serviços e tributos, além de aplicar a assinatura digital ao documento antes do envio.

O formato XML é padronizado por esquemas (XSD) e Manuais de Orientação do Contribuinte (MOC), o que assegura a consistência de dados em nível nacional. Conforme a SEFAZ-RS (2025), qualquer inconsistência no layout ou ausência de campos obrigatórios leva à rejeição do documento.

Após sua geração e assinatura, o XML é transmitido à SEFAZ por meio de Web Services, geralmente em protocolos SOAP/XML. O ambiente da SEFAZ valida assinatura, integridade, registros do emissor e destinatário e, caso tudo esteja correto, devolve a autorização de uso da NF-e. Segundo o portal SPED-PR (2025), esse processo de comunicação ocorre de forma quase instantânea, garantindo maior agilidade às operações fiscais.

Outro elemento do processo é o DANFE (Documento Auxiliar da NF-e), uma representação simplificada da nota, impressa ou em PDF, contendo chave de acesso e QR Code para consulta pública. Embora não possua validade fiscal própria, serve como meio de transporte e de conferência. Ainda segundo a NS Tecnologia (2025), tanto emitentes quanto destinatários devem guardar os arquivos XML por, no mínimo, cinco anos, para atender exigências de fiscalização. Além da emissão, a leitura e processamento de notas fiscais emitidas por terceiros também demandam tecnologias específicas, principalmente quando as notas não estão no formato XML. Muitas vezes, empresas recebem documentos em PDF ou digitalizados, o que exige ferramentas de extração automática de dados.

Uma das tecnologias mais comuns é o OCR (Optical Character Recognition), ou reconhecimento óptico de caracteres, que converte imagens em texto editável. Segundo OOBJ (2025), o OCR permite transformar documentos digitalizados de notas fiscais em dados legíveis por sistemas, facilitando a automação do processo contábil.

Com os avanços recentes, soluções baseadas em Inteligência Artificial (IA) e Machine Learning passaram a complementar o OCR. Essas ferramentas conseguem identificar automaticamente os campos mais relevantes, como CNPJ, data de

emissão, valor total e tributos, independentemente do layout do documento. De acordo com EVT IT (2025), esse tipo de tecnologia é fundamental especialmente no caso da NFS-e, em que cada município possui um modelo próprio de documento.

Após a extração, os sistemas de gestão realizam a validação dos dados, verificando se os campos obrigatórios foram preenchidos corretamente, se os valores correspondem ao formato exigido e se os tributos estão de acordo com a legislação vigente. Segundo OOBJ (2025), quando há inconsistências, o sistema sinaliza a necessidade de revisão manual.

Por fim, esses dados são integrados a sistemas contábeis e ERPs, permitindo lançamentos automáticos, escrituração fiscal e cruzamento de informações com notas emitidas. Esse processo de integração garante conformidade fiscal e reduz a possibilidade de erros humanos.

2.4. AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS E TECNOLOGIAS HABILITADORAS

A automação de processos de negócio (BPA - Business Process Automation) refere-se ao uso da tecnologia para executar tarefas ou processos recorrentes que antes eram realizados por seres humanos. O objetivo principal é aumentar a eficiência, reduzir custos e minimizar a ocorrência de erros (van der Aalst, 2018). No contexto da leitura de documentos, duas tecnologias são proeminentes, conforme descrito abaixo.

2.4.1. Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR - Optical Character Recognition):

É a tecnologia que converte diferentes tipos de documentos, como documentos em papel digitalizados, arquivos PDF ou imagens, em dados editáveis e pesquisáveis. Segundo Sayed (2021), o OCR funciona "escaneando" o texto de um documento e traduzindo os caracteres em código, que pode então ser utilizado para processamento de dados. Esta tecnologia é a base para extrair informações de documentos que não nasceram em um formato estruturado, como o DANFE (Documento Auxiliar da Nota Fiscal Eletrônica).

2.4.2. Automação Robótica de Processos (RPA - Robotic Process Automation):

RPA utiliza "robôs" de software para automatizar tarefas digitais baseadas em regras e repetitivas. Esses robôs interagem com sistemas e aplicações da mesma forma que um humano faria: efetuando login, copiando e colando dados, preenchendo formulários e extraíndo informações (Santos, Vaz & Andrade, 2019). No processo de leitura de notas fiscais, um robô RPA pode ser programado para receber o arquivo da nota, acionar a tecnologia OCR para extrair os dados, validar essas informações em sistemas internos (ERPs) e, por fim, aprovar ou sinalizar o documento para verificação humana, operando 24 horas por dia com precisão e velocidade

2.5. FLUXO DE PROCESSOS LOGÍSTICOS

O fluxo dentro de uma empresa de logística compreende um conjunto de processos interligados que visam garantir a movimentação eficiente de produtos, informações e recursos financeiros desde o ponto de origem até o destino final. Esse sistema é essencial para o funcionamento das operações logísticas, pois permite que as atividades sejam realizadas de forma coordenada, reduzindo custos e aumentando a produtividade. De acordo com a Totv (2023), o fluxo logístico pode ser dividido em quatro categorias principais: fluxo de materiais, fluxo de informações, fluxo financeiro e fluxo reverso. Cada um desses elementos desempenha um papel estratégico na gestão da cadeia de suprimentos, contribuindo para a entrega pontual e segura dos produtos.

O funcionamento do fluxo logístico inicia-se com o recebimento de pedidos e envolve etapas como controle de estoque, separação, embalagem, transporte e entrega. A integração entre essas fases é fundamental para evitar falhas e garantir a eficiência operacional. Conforme aponta a NuvemShop (2023), a tecnologia tem papel decisivo nesse processo, com o uso de sistemas de rastreamento, softwares de gestão e automação que permitem o monitoramento em tempo real das operações logísticas, facilitando a tomada de decisões e a correção de desvios.

A importância do fluxo logístico está diretamente relacionada à competitividade das empresas no mercado atual. Segundo a Total Express (2023),

um fluxo bem estruturado permite reduzir desperdícios, otimizar recursos e melhorar a experiência do cliente, fatores que são determinantes para a fidelização e o crescimento sustentável das organizações.

2.6. FERRAMENTAS DE APOIO À ANÁLISE DE PROCESSOS

No desenvolvimento deste estudo, foram adotados diferentes recursos metodológicos voltados à análise, estruturação e avaliação do processo investigado. Essas ferramentas foram integradas de maneira complementar ao longo das etapas da pesquisa, contribuindo para a compreensão do fluxo atual, a identificação de oportunidades de melhoria e o suporte técnico necessário à definição da solução proposta.

O Miro foi utilizado para elaborar o fluxograma do processo, permitindo a visualização clara do fluxo de atividades e a identificação de gargalos operacionais. Em complemento, o Diagrama de Ishikawa, uma das principais ferramentas da qualidade, auxiliou na identificação das causas raízes dos problemas observados, fornecendo subsídios para a proposição de melhorias.

O MATLAB foi aplicado na simulação de Monte Carlo, ferramenta essencial para mensurar o desempenho do processo atual e projetar cenários de melhoria com base em dados estatísticos. Já o Figma foi empregado no desenvolvimento da interface do aplicativo, garantindo uma estrutura visual intuitiva e funcional, alinhada às necessidades operacionais levantadas nas etapas anteriores.

Dessa forma, as ferramentas se complementam de maneira integrada: o Miro e o Ishikawa foram fundamentais para mapear e compreender o processo, o MATLAB para validar e quantificar os resultados esperados, e o Figma para transformar as soluções propostas em uma aplicação prática e funcional.

2.6.1 Diagrama de Ishikawa

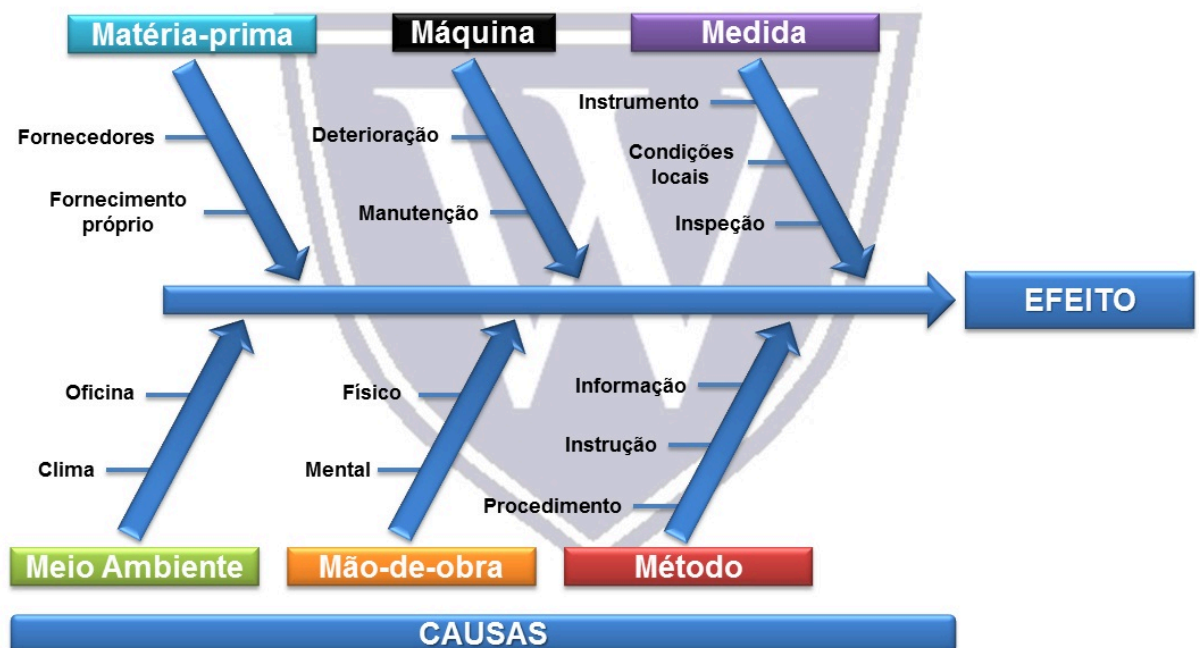
O Diagrama de Ishikawa, criado por Kaoru Ishikawa na década de 1960, é uma ferramenta essencial na gestão da qualidade, utilizada para mapear relações causais entre problemas e suas origens. Também denominado Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe, sua estrutura visual organiza o problema principal na

"cabeça" do diagrama, enquanto as "espinhas" representam categorias de causas potenciais, facilitando a análise sistemática (Miguel, 2001). Conforme Batista e Goes (2013), essas causas são tradicionalmente agrupadas em seis categorias, conhecidas como 6M:

- 1 Método: Refere-se aos procedimentos operacionais adotados.
2. Medição: Envolve critérios de avaliação e decisões baseadas em dados.
3. Máquina: Abrange aspectos técnicos e operacionais dos equipamentos.
4. Meio ambiente: Considera fatores internos e externos ao local de trabalho.
5. Material: Relaciona-se à qualidade e a fórmula da matéria-prima.
7. Mão de obra: Inclui competências e treinamento dos colaboradores

Essa categorização, ilustrada na Figura 1, permite uma análise hierárquica das causas, conforme destacado por Ballestero-Alvarez (2010), que defende a estruturação visual como meio para priorizar intervenções e compreender efeitos sobre a qualidade do produto.

Figura 1 – Diagrama de Ishikawa



<https://walkerbastos.wixsite.com/walker-bastos> / walkerbastos.blogspot.com.br

Fonte: Walker Bastos Consultoria (2017)

2.6.2. Fluxograma

O fluxograma, também conhecido como fluxograma de processos ou fluxograma funcional, é uma ferramenta gráfica utilizada para representar visualmente a sequência lógica de atividades, decisões e interações que compõem um processo organizacional. Por meio de símbolos padronizados, como retângulos, losangos, setas e círculos, o fluxograma permite mapear o fluxo de trabalho de forma clara e objetiva, facilitando a compreensão, análise e melhoria dos processos. Segundo Harrington (1991), o fluxograma é uma das ferramentas mais eficazes para identificar gargalos, redundâncias, falhas de comunicação e oportunidades de otimização dentro de uma organização.

A principal função do fluxograma é proporcionar uma visão sistêmica do processo, permitindo que gestores, colaboradores e analistas compreendam como as atividades se interligam, quais são os pontos críticos e como as decisões influenciam o resultado final. Essa representação visual é especialmente útil em ambientes complexos, onde múltiplas áreas estão envolvidas e a comunicação entre elas é essencial para o sucesso do processo. De acordo com Rummler e Brache (1994), o uso de fluxogramas contribui para o alinhamento entre os objetivos organizacionais e a execução operacional, promovendo maior eficiência e controle.

Além de facilitar o entendimento dos processos, o fluxograma serve como base para diversas iniciativas de melhoria contínua, como a reengenharia de processos, a automação, a padronização e a gestão da qualidade. Ao representar graficamente o estado atual de um processo (AS IS), é possível compará-lo com o estado desejado (TO BE) e identificar as mudanças necessárias para alcançar melhores resultados. Essa abordagem é amplamente utilizada em metodologias como BPM (Business Process Management) e Lean Six Sigma, que visam eliminar desperdícios e aumentar o valor entregue ao cliente.

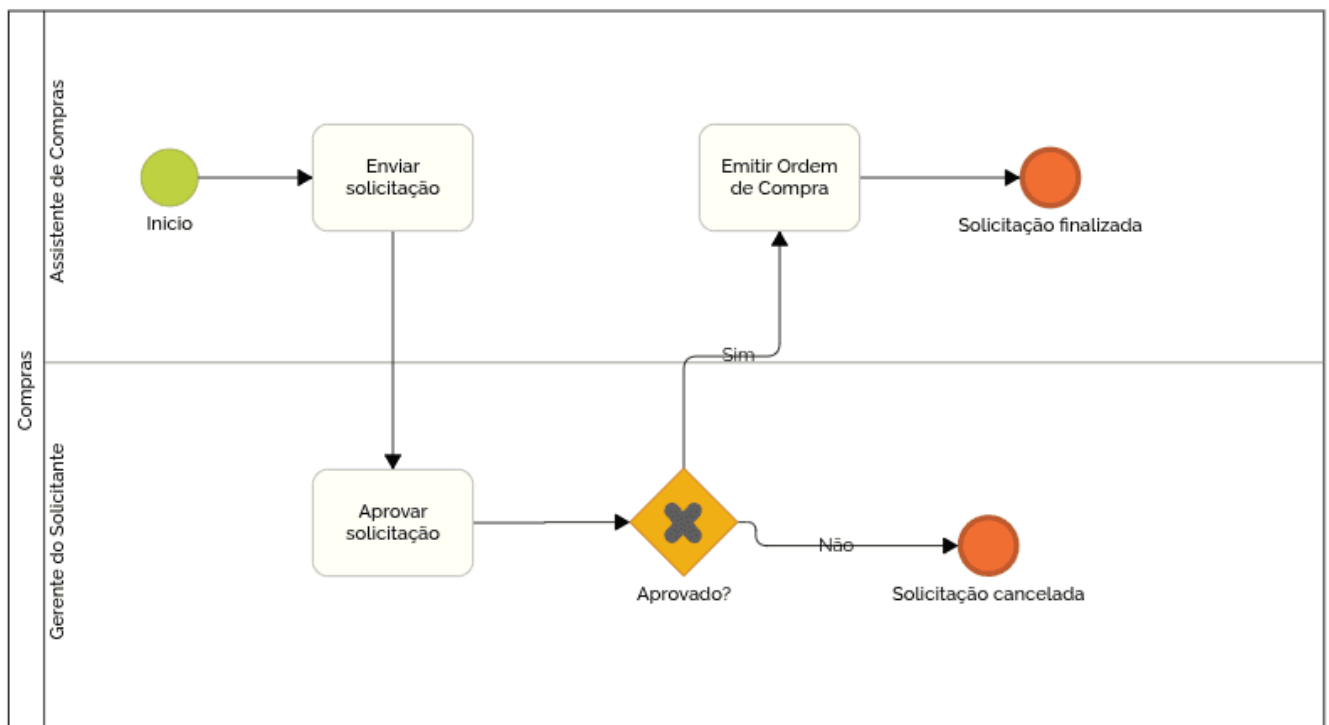
O processo de construção de um fluxograma envolve a identificação das etapas do processo, a definição dos responsáveis, a descrição das entradas e saídas, e a representação das decisões que influenciam o fluxo. Existem diferentes tipos de fluxogramas, como o fluxograma simples, o fluxograma funcional (ou de swimlanes), e o fluxograma de decisão, cada um com características específicas que atendem a diferentes necessidades analíticas. Segundo Gonçalves (2000), a escolha do tipo de fluxograma deve considerar o objetivo da análise e o nível de

detalhamento necessário.

Em ambientes organizacionais, o fluxograma também desempenha um papel importante na documentação de processos, na capacitação de novos colaboradores e na comunicação entre equipes. Ao padronizar a forma como os processos são descritos e compreendidos, o fluxograma contribui para a gestão do conhecimento e para a redução de erros operacionais. Schreiber e Schaab (2016) destacam que a visualização clara dos processos é um fator crítico para a inovação e para a adaptação das empresas às mudanças do mercado.

Através do fluxograma, conforme apresentado na figura 2, é possível visualizar de forma clara um fluxo bem estruturado de todo o processo, permitindo realizar planejamentos, análises e melhorias de maneira mais precisa e organizada. Além disso, as informações ficam dispostas de forma objetiva e de fácil interpretação, facilitando a compreensão do processo que se pretende aprimorar.

Figura 2 - Exemplo de estrutura do Fluxograma



Fonte: Figma (2025)

2.6.3 Figma

O Figma é uma ferramenta de design colaborativo baseada em nuvem,

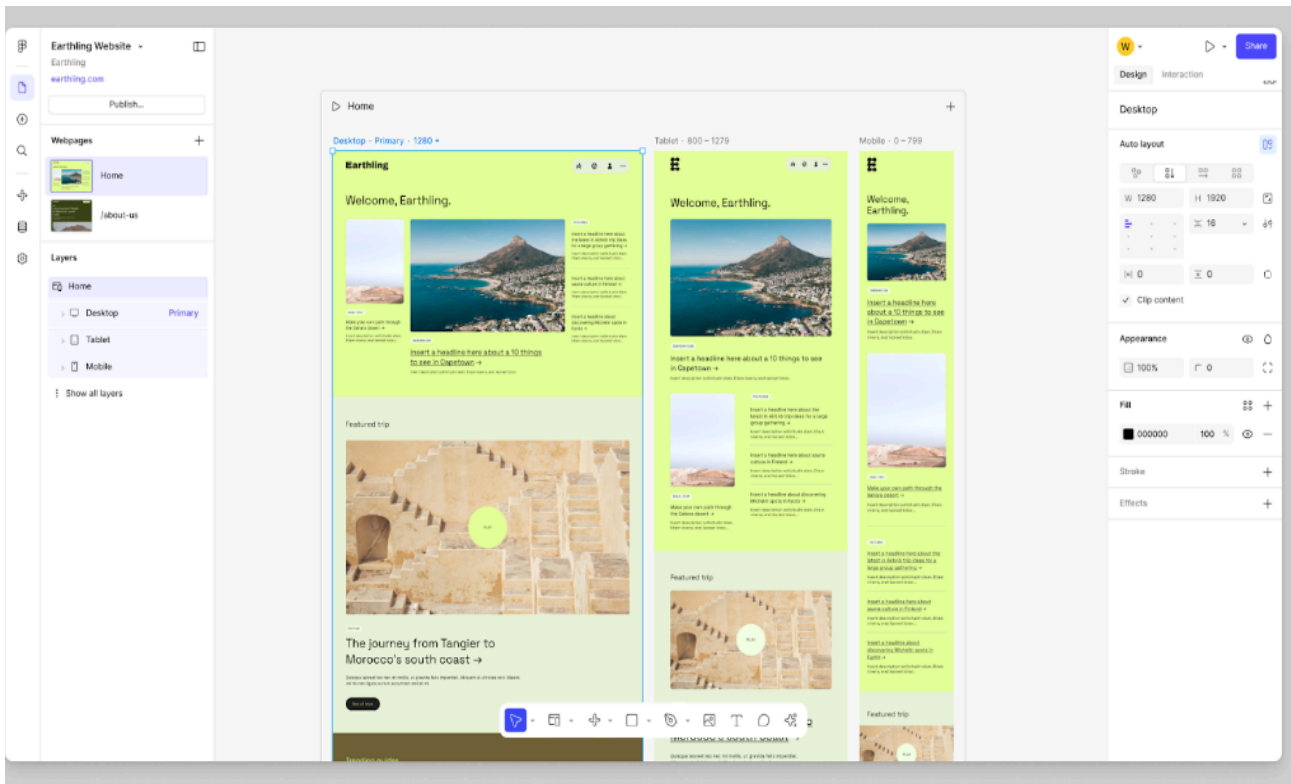
amplamente empregada no desenvolvimento de interfaces digitais e protótipos interativos. Desde seu lançamento em 2016 por Dylan Field e Evan Wallace, a plataforma se consolidou como um recurso estratégico para equipes multidisciplinares, permitindo a colaboração simultânea de designers, desenvolvedores e demais stakeholders, independentemente da localização geográfica (Alura, 2025).

A plataforma oferece um conjunto robusto de funcionalidades, destacando-se a criação de interfaces responsivas, que possibilita a elaboração de layouts adaptáveis a diferentes dispositivos e dimensões de tela; a prototipagem interativa, que permite a construção de protótipos navegáveis sem a necessidade de codificação; e a implementação de sistemas de design, mediante a criação de bibliotecas de componentes reutilizáveis que asseguram consistência visual e funcional nos projetos (Ebacoline, 2025). Ademais, o Figma proporciona colaboração em tempo real, com edição simultânea e recursos de comentários integrados, promovendo maior eficiência nos fluxos de trabalho e permitindo revisões imediatas durante o processo de desenvolvimento (Pm3, 2025).

No âmbito acadêmico, a ferramenta tem aplicação em diversas frentes, como o design de interfaces de usuário (UI), o aprimoramento da experiência do usuário (UX) por meio da criação de fluxos de navegação e testes de usabilidade, e o ensino de conceitos de design gráfico, prototipagem e práticas colaborativas. Entre suas vantagens, destacam-se a acessibilidade, em razão de sua operação via navegador sem necessidade de instalação local, a integração com diversos plugins que ampliam suas funcionalidades, e a facilitação do recebimento de feedback em tempo real, otimização de processos e garantia de maior qualidade nos produtos digitais.

Diante disso, o Figma constitui-se como uma ferramenta essencial no desenvolvimento de soluções digitais, promovendo a convergência entre design, prototipagem e colaboração, e consolidando-se como um recurso relevante tanto no contexto acadêmico quanto profissional. Sua interface, bem como as funcionalidades oferecidas pela ferramenta, podem ser visualizadas na Figura 3.

Figura 3 - Interface Figma



Fonte: Figma Lean (2025)

2.6.4 MIRO

A ferramenta Miro é uma plataforma de colaboração digital desenvolvida para permitir o trabalho visual e interativo entre equipes, independentemente de sua localização física. Baseada no conceito de Canvas infinito, ela oferece um ambiente virtual expansível onde é possível organizar ideias, planejar projetos, mapear processos e desenvolver atividades colaborativas em tempo real ou de forma assíncrona. Segundo a própria Miro (2024), o sistema é um workspace de inovação que possibilita que equipes “sonham, projetam e constroem o futuro juntas”, sendo utilizada por mais de 100 milhões de usuários e mais de 250 mil organizações em todo o mundo (Miro, 2022).

Tecnicamente, o Miro opera no modelo SaaS (Software as a Service), acessível via navegador ou aplicativos para desktop e dispositivos móveis. A hospedagem é feita em nuvem, com infraestrutura escalável, segura e compatível

com padrões internacionais de conformidade, como o SOC 2 e o GDPR (Miro, 2024). A principal característica técnica da ferramenta é o canvas ilimitado, que permite a livre disposição e interligação de elementos visuais, como sticky notes, fluxogramas, imagens, links e diagramas. Esse recurso favorece a prática do pensamento visual e o uso de metodologias de mapeamento de processos, brainstorming e modelagem organizacional.

A ferramenta oferece recursos avançados de colaboração em tempo real, permitindo que múltiplos usuários editem simultaneamente um quadro, façam comentários, compartilhem telas, utilizem chat e videoconferência integrados, além de registrar o histórico de alterações. Também é possível trabalhar de forma assíncrona, com contribuições em momentos distintos, garantindo rastreabilidade e continuidade das atividades (Miro, 2024). Outro aspecto relevante é o vasto conjunto de templates disponíveis mais de 300 modelos prontos que abrangem fluxogramas, diagramas de Ishikawa, mapas mentais, matrizes SWOT, quadros Kanban, entre outros. Esses modelos facilitam a adoção de metodologias de melhoria contínua e gestão de processos, especialmente em contextos corporativos.

Além disso, o Miro integra-se com diversas ferramentas de produtividade e gestão, como Microsoft Teams, Jira, Slack e Azure DevOps, permitindo a interoperabilidade com sistemas de controle de projetos, comunicação e gestão eletrônica de documentos (GED). Essa integração é fundamental para organizações que adotam práticas estruturadas de documentação e rastreabilidade, já que o Miro pode atuar como uma camada visual e colaborativa conectada aos sistemas formais de gestão da informação.

No contexto da gestão de processos e melhoria contínua, o Miro apresenta grande aplicabilidade. Na etapa de mapeamento de processos, o usuário pode criar fluxogramas e diagramas swimlane para representar entradas, atividades, saídas e responsáveis de cada etapa, facilitando a visualização e análise de gargalos. Durante a fase de verificação do ciclo PDCA (Plan–Do–Check–Act), a equipe pode usar o quadro para discutir melhorias, identificar causas de não conformidades e propor ações corretivas. O Diagrama de Ishikawa, por exemplo, pode ser desenvolvido visualmente no Miro, organizando causas e efeitos com notas e conexões em tempo real durante reuniões colaborativas.

Outra aplicação prática é na construção de uma Matriz SWOT, na qual o espaço visual é dividido em quatro quadrantes, Forças (Strengths), Fraquezas

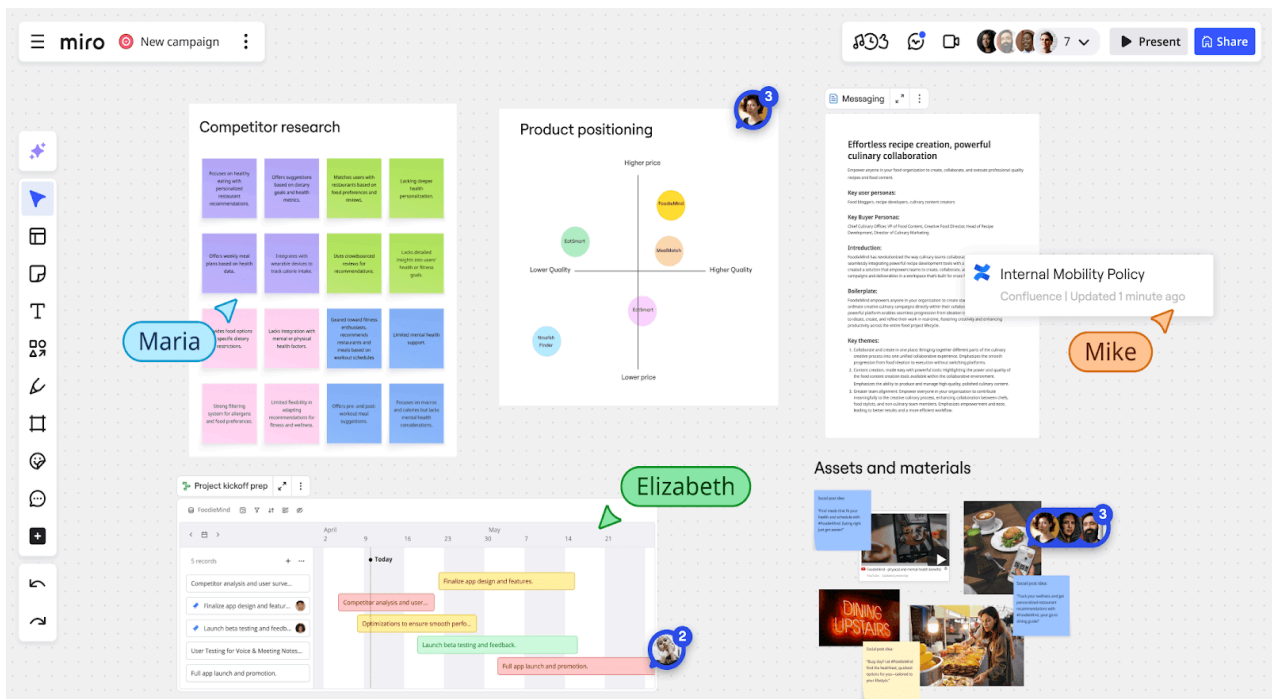
(Weaknesses), Oportunidades (Opportunities) e Ameaças (Threats). Os participantes inserem suas percepções em sticky notes, permitindo o agrupamento, a priorização e a discussão dos pontos levantados. Já para o método 5S, o Miro pode ser utilizado para estruturar planos de ação, atribuir responsabilidades e documentar a execução de cada etapa, integrando fotos e relatórios das melhorias implementadas. Essas funcionalidades tornam a ferramenta especialmente útil para a implantação de programas de qualidade, inovação e gestão visual, princípios centrais das metodologias de melhoria contínua.

Do ponto de vista técnico e organizacional, as vantagens do Miro incluem flexibilidade gráfica, suporte à colaboração distribuída, variedade de modelos visuais e integração com outras plataformas corporativas. A interface intuitiva facilita a adoção por equipes multidisciplinares e aumenta o engajamento em processos de discussão e tomada de decisão. No entanto, existem limitações a serem consideradas: o desempenho pode ser afetado em quadros muito extensos ou com muitos participantes simultâneos, e o controle de licenças e permissões de acesso exige gestão cuidadosa, especialmente em ambientes corporativos que lidam com informações sensíveis (Miro, 2022).

Para a aplicação do Miro em um projeto acadêmico ou em um contexto empresarial, recomenda-se definir previamente o escopo da atividade, escolher templates adequados à metodologia utilizada (como PDCA ou Ishikawa), organizar o acesso dos participantes e registrar as contribuições de forma estruturada. Após as sessões, o conteúdo dos quadros pode ser exportado em formato PDF ou imagem e incorporado a relatórios, sistemas de GED ou anexos de TCC. Essa prática garante a rastreabilidade das discussões e a formalização dos resultados, princípios essenciais para projetos de melhoria contínua e auditorias de processo.

Em síntese, o Miro é uma ferramenta robusta que promove colaboração, transparência e melhoria contínua por meio de um ambiente visual e interativo. Seu uso em atividades como mapeamento de processos, análise de causas e planejamento de melhorias contribui para maior produtividade e qualidade dos resultados. Algumas de suas principais funcionalidades podem ser visualizadas na interface apresentada na figura 4.

Figura 4 – interface da plataforma Miro



Fontes: Miro (2025)

2.6.5. MATLAB

O MATLAB (acrônimo de Matrix Laboratory) é uma poderosa plataforma computacional voltada para cálculos numéricos, análise de dados, simulação, modelagem de sistemas e desenvolvimento de algoritmos. Criado por Cleve Moler no final da década de 1970 e atualmente desenvolvido pela MathWorks, o MATLAB tornou-se uma das principais ferramentas utilizadas nas áreas de engenharia, ciência, economia, tecnologia da informação e pesquisa aplicada. Sua principal característica é a capacidade de trabalhar de forma nativa com operações matriciais e vetoriais, o que o torna altamente eficiente para cálculos complexos e manipulação de grandes volumes de dados.

Do ponto de vista técnico, o Matlab é uma linguagem de programação de alto nível, com sintaxe simples e intuitiva, que permite ao usuário realizar desde tarefas básicas de álgebra linear até simulações de sistemas dinâmicos complexos. Ele integra uma ampla gama de toolboxes, que são bibliotecas específicas para aplicações como controle automático, processamento de sinais, aprendizado de máquina, otimização, visão computacional e análise estatística. Essas extensões ampliam as capacidades do software, tornando-o uma plataforma completa para

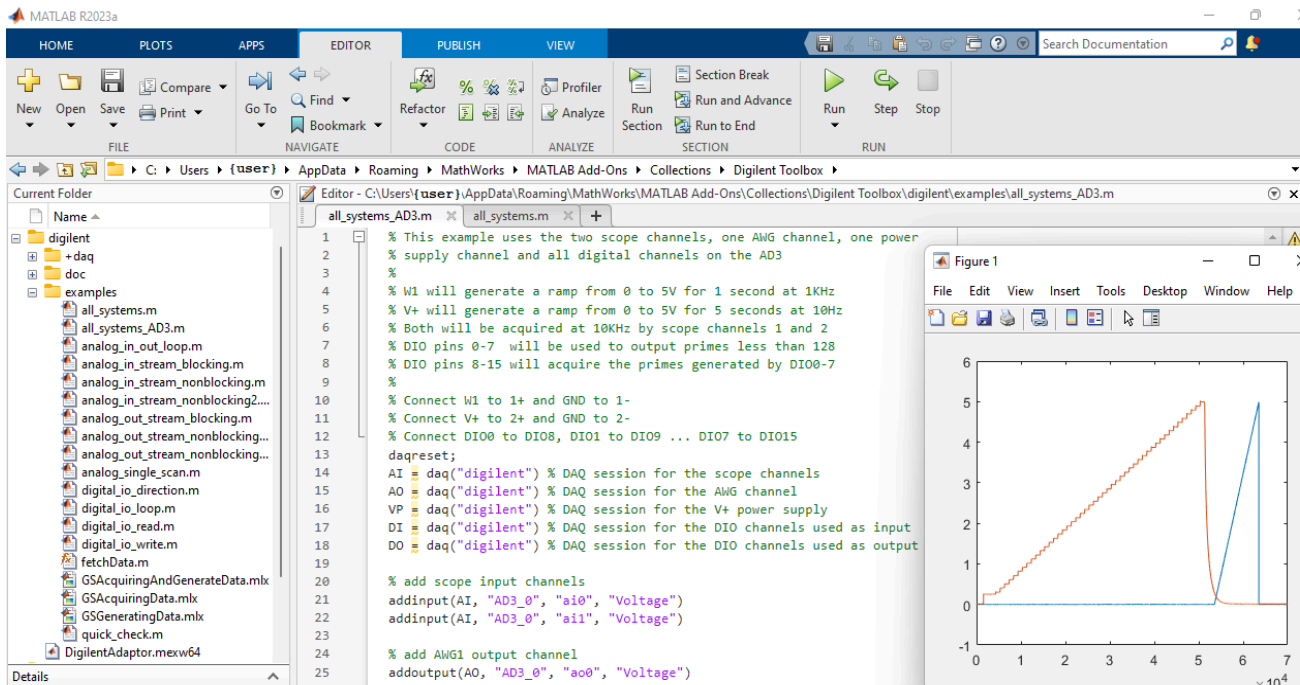
prototipagem rápida e experimentação científica (Mathworks, 2024).

Além disso, o ambiente gráfico do Matlab oferece recursos avançados de visualização de dados, permitindo a criação de gráficos 2D e 3D, dashboards interativos e interfaces gráficas personalizadas (GUI). Tais funcionalidades são amplamente utilizadas na análise exploratória de dados e na comunicação de resultados de forma visualmente clara e técnica. Outro diferencial relevante é sua integração com outras linguagens e sistemas, como Python, C/C++, Java, Simulink e bancos de dados relacionais, o que facilita a interoperabilidade em projetos multidisciplinares.

Na pesquisa científica e no desenvolvimento industrial, o Matlab é reconhecido por sua precisão numérica, estabilidade e confiabilidade, sendo amplamente empregado em simulações de processos industriais, modelagem matemática, análise de desempenho de sistemas e experimentos computacionais. Sua associação ao Simulink, ambiente complementar para modelagem e simulação de sistemas dinâmicos baseados em blocos, amplia ainda mais suas capacidades no campo da engenharia de controle, automação e sistemas embarcados (Ogata, 2010; Dorf; Bishop, 2017).

Em suma, o Matlab configura-se como uma ferramenta fundamental para profissionais e pesquisadores que demandam um ambiente robusto, flexível e integrado para análise e simulação de fenômenos complexos. Sua ampla aplicabilidade, aliada ao suporte da comunidade acadêmica e ao respaldo técnico da MathWorks, reforça sua posição como uma das plataformas mais relevantes no cenário científico e tecnológico contemporâneo. A figura 5 ilustra as configurações típicas de seu ambiente operacional.

Figura 5 - Interface da plataforma Matlab



Fonte: Digilent Reference (2025)

2.6.6. Simulação de Monte Carlo (SMC)

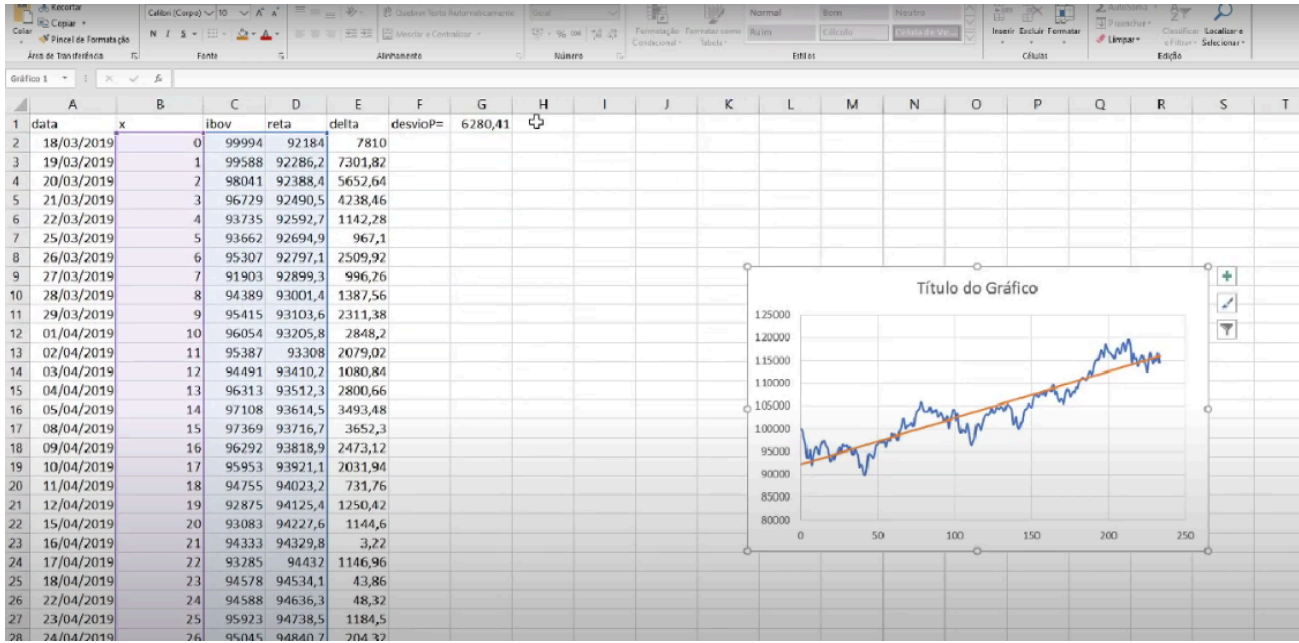
A simulação de Monte Carlo, também conhecida como método de Monte Carlo, é uma técnica computacional versátil usada para entender o impacto do risco e da incerteza em modelos matemáticos e sistemas complexos. Essencialmente, conforme define a Amazon Web Services (AWS), "A simulação de Monte Carlo é um modelo probabilístico que pode incluir um elemento de incerteza e aleatoriedade na previsão", o que significa que, ao invés de fornecer uma única resposta determinística, ela gera uma gama de resultados possíveis. O site Mais Retorno complementa, explicando que esta "é uma técnica utilizada para modelar a probabilidade de diferentes resultados em um processo que não pode ser previsto facilmente por conta da intervenção de variáveis aleatórias". O nome do método, cunhado por pesquisadores como John von Neumann e Stanislaw Ulam durante os trabalhos no Projeto Manhattan na década de 1940, é uma referência ao famoso cassino de Monte Carlo, em Mônaco, devido à sua dependência fundamental de números aleatórios e da repetição, similar a jogos de azar.

O funcionamento básico do método envolve a substituição de variáveis incertas por distribuições de probabilidade. A IBM explica o processo indicando que

se deve "Executar simulações repetidamente, gerando valores aleatórios das variáveis independentes" e continuar "até que resultados suficientes tenham sido reunidos para formar uma amostra representativa do número quase infinito de combinações possíveis". Em outras palavras, o modelo é executado centenas ou milhares de vezes, e a cada "iteração", ele extrai um conjunto diferente de valores aleatórios das distribuições de probabilidade definidas para as variáveis de entrada. Ao agregar todos esses resultados individuais, a simulação não fornece uma única "resposta certa", but sim uma distribuição de probabilidade dos resultados possíveis, permitindo analisar não apenas o resultado provável, mas também a probabilidade de resultados extremos, o melhor e o pior cenário.

Devido a essa capacidade de lidar com a aleatoriedade e quantificar a incerteza, a simulação de Monte Carlo é amplamente aplicada em diversos campos. A Minitab, empresa de software estatístico, destaca que a técnica "usa um modelo matemático do sistema, que permite explorar o comportamento do sistema de forma mais rápida, barata e possivelmente até segura do que se você experimentasse no sistema real". Em finanças, é usada para avaliar o risco de carteiras de investimentos, precificar opções complexas e projetar cenários de aposentadoria; na engenharia, ajuda a determinar a confiabilidade de componentes e a gerenciar cronogramas de projetos complexos, estimando a probabilidade de atrasos; e em áreas como física, biologia e até marketing, é usada para modelar fenômenos complexos, desde a difusão de partículas até a previsão de vendas sob diferentes condições de mercado. Os dados gerados pela simulação podem ser exportados de diversas formas, e uma das opções mais utilizadas é o Excel. A figura 6 ilustra esse formato de extração, apresentando como os dados simulados podem ser organizados e disponibilizados para análise.

Figura 6 - Simulação via Excel



Fonte: Caetano (2024)

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho configura-se como um estudo de caso, por concentrar-se na análise aprofundada de uma situação real e específica: a automatização do processo de leitura de notas fiscais em uma empresa de logística localizada em Manaus. Segundo Miguel (2012), o estudo de caso é um método de pesquisa que busca compreender um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. Assim, ao investigar o processo interno de uma empresa, com foco na aplicação de tecnologia para otimizar a leitura e o tratamento de notas fiscais, o estudo se enquadra nessa perspectiva.

A escolha pelo estudo de caso se justifica pelo caráter exploratório e prático da pesquisa. Conforme Gil (2019), essa metodologia permite ao pesquisador compreender em profundidade uma realidade organizacional, contribuindo para a identificação de problemas, potenciais soluções e oportunidades de melhoria. No caso em questão, a intenção é compreender como a automação poderia impactar a eficiência operacional, a redução de erros e o tempo de processamento documental em um ambiente logístico específico.

A natureza da pesquisa é aplicada, pois visa gerar conhecimento voltado à solução de um problema concreto enfrentado por uma organização (GIL, 2019). Ainda que o projeto não tenha sido implementado integralmente, o estudo mantém foco em resultados práticos e utilizáveis para o setor logístico, contribuindo para o aprimoramento dos processos internos e para a modernização tecnológica das empresas locais.

Quanto à abordagem metodológica, o estudo adota uma abordagem quali-quantitativa. De acordo com Creswell (2010), a pesquisa de métodos mistos permite uma compreensão mais ampla do fenômeno estudado, combinando dados qualitativos (observações, mapeamento de processos) com dados quantitativos (tempos de digitação, análises estatísticas).

3.1. LOCAL E PERÍODO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em uma empresa de logística de médio porte localizada em Manaus, Amazonas, que atua no segmento de transporte e

armazenagem com foco em operações portuárias. A escolha dessa empresa justifica-se pela relevância de suas operações no contexto do Polo Industrial de Manaus e pelas particularidades logísticas e fiscais inerentes à Zona Franca de Manaus.

A atuação da autora como colaboradora da empresa, proporcionou acesso direto aos processos operacionais, facilitou a observação in loco das atividades e permitiu o acompanhamento detalhado do fluxo de trabalho sem interferências externas. Essa inserção no ambiente organizacional é reconhecida por Gil (2019) como uma vantagem metodológica em estudos de caso, pois permite ao pesquisador captar nuances e especificidades que seriam de difícil percepção para observadores externos.

O período de coleta de dados estendeu-se de agosto a outubro de 2025, totalizando aproximadamente 2 meses de estudo, distribuídos em etapas sequenciais conforme descrito nas seções seguintes.

3.2. ETAPAS DA PESQUISA

Etapa 1 – Observação Direta e Coleta de Dados Primários (agosto a setembro de 2025): Observação sistemática do processo de digitação de notas fiscais e cronometragem dos tempos de execução, totalizando 6 dias úteis de coleta.

Etapa 2 – Mapeamento e Diagnóstico do Processo (outubro de 2025): Elaboração do Diagrama de Ishikawa para identificação das causas-raiz do gargalo operacional e desenvolvimento do fluxograma do processo atual (AS IS) utilizando a plataforma Miro.

Etapa 3 – A Simulação Estatística foi realizada em outubro de 2025, permitindo, a partir das informações coletadas previamente, a geração de dados sintéticos correspondentes a 77 dias úteis de operação, utilizando o método de Simulação de Monte Carlo no software MATLAB. Esse volume de dados possibilitou avaliar o desempenho do processo em um horizonte temporal equivalente a aproximadamente três meses de atividades.

Etapa 4 – Paralelamente, a proposta de solução, envolvendo a pesquisa de tecnologias de automação como OCR e RPA, bem como o desenvolvimento do protótipo conceitual da interface no Figma, foi elaborada entre setembro e outubro de 2025, consolidando as diretrizes iniciais para a futura melhoria do processo.

3.3. COLETA DE DADOS

A coleta de dados ocorreu por meio da observação direta e do registro sistemático das atividades operacionais, abrangendo as etapas do processo de recebimento e digitação de notas fiscais. O acesso facilitado ao ambiente organizacional possibilitou a observação do processo em condições naturais, sem interferências significativas no comportamento dos colaboradores, assegurando, assim, a fidedignidade das informações obtidas.

3.3.1. Amostra e Período de observação

A coleta de dados primários ocorreu durante 6 dias úteis consecutivos, no período de setembro de 2025. Essa quantidade de dias foi definida com base no ciclo semanal de trabalho da empresa, que opera de segunda a sábado. A amostra incluiu diferentes períodos do dia (manhã e tarde) para capturar a variabilidade do fluxo de motoristas e notas fiscais processadas.

Durante esse período, foi observado um volume médio de 50 motoristas por dia que necessitavam do processamento de suas notas fiscais para liberação de entrada no porto. Esse volume representa a demanda típica da empresa, conforme registros operacionais internos.

3.3.2. Instrumento de coleta: Cronometragem

O tempo de digitação manual de cada nota fiscal foi mensurado utilizando-se cronômetro digital, seguindo o método de cronometragem contínua. Segundo Barnes (1977), esse método consiste em acionar o cronômetro no início da atividade e registrar o tempo acumulado ao final de cada ciclo de trabalho. Para este estudo, um ciclo de trabalho corresponde à digitação completa de uma chave de acesso de nota fiscal, composta por 43 caracteres alfanuméricos.

Os tempos coletados foram registrados em uma planilha eletrônica no Microsoft Excel, contendo as seguintes informações:

- Data da observação
- Identificação do colaborador (código)

- Tempo de digitação em minutos (com precisão de segundos convertidos)
- Número de notas processadas por período

Além da observação direta, foram analisados exemplos de notas fiscais utilizadas no processo operacional, a fim de compreender a estrutura dos documentos, os campos de informação relevantes e as especificidades das notas fiscais emitidas no contexto da Zona Franca de Manaus. Não foram realizadas entrevistas formais, uma vez que a vivência cotidiana da autora no ambiente de trabalho já proporciona conhecimento tácito sobre as dificuldades e percepções dos colaboradores.

3.3.3. Justificativa para Ampliação da amostra via Simulação

Embora a coleta primária tenha sido realizada em 6 dias, reconheceu-se que essa amostra era insuficiente para inferências estatísticas robustas sobre o comportamento do processo ao longo do tempo. Conforme apontam Montgomery e Runger (2018), amostras pequenas apresentam limitações para a análise de variabilidade e para a construção de modelos preditivos confiáveis.

Diante dessa limitação, optou-se pela aplicação da Simulação de Monte Carlo (SMC), técnica estatística amplamente utilizada para gerar dados sintéticos a partir de distribuições de probabilidade estimadas a partir de amostras iniciais (Rubinstein; Kroese, 2016). A SMC permitiu expandir a amostra de 6 para 77 dias úteis (equivalente há 13 semanas ou aproximadamente 3 meses de operação), gerando um conjunto de dados representativo para análise de desempenho e confiabilidade do processo.

3.4. APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS

Como havia sido evidenciado, para atingir os objetivos propostos e responder ao problema de pesquisa, foram aplicadas distintas ferramentas de análise de processos, modelagem estatística e prototipagem de interface. A aplicação de cada ferramenta pode ser visualizada nas subseções a seguir, onde são apresentados o contexto de uso, a finalidade e a contribuição específica de cada uma para a construção e validação da solução proposta.

3.4.1. Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Diagrama de Causa e Efeito ou Espinha de Peixe, foi aplicado para identificar as causas-raiz do gargalo no processo de leitura de notas fiscais. Segundo Ishikawa (1993), essa ferramenta permite visualizar de forma estruturada as relações causais entre um problema (efeito) e seus possíveis fatores contribuintes (causas).

A construção do diagrama foi realizada pela autora, de forma individual, com base na observação do cenário operacional no qual está inserida. As causas foram organizadas nas seis categorias clássicas do método 6M: Método, Medição, Máquina, Meio Ambiente, Material e Mão de Obra. Essa abordagem é amplamente reconhecida na literatura de gestão da qualidade (Campos, 2004; Paladini, 2012) e permite uma análise sistemática dos fatores que impactam o desempenho do processo.

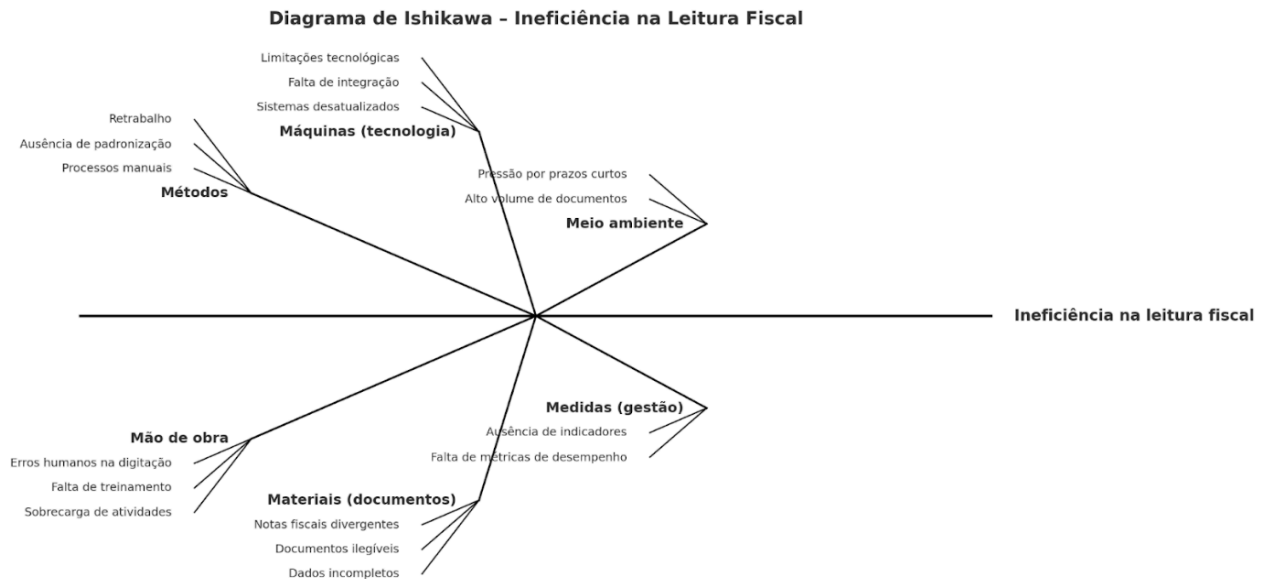
Como mostrado na figura 7, o diagnóstico da ineficiência no processo de leitura fiscal indica o eixo Máquinas (Tecnologia) como a principal causa do gargalo operacional. Essa conclusão decorre da limitação tecnológica dos equipamentos de leitura atualmente utilizados (como leitores ópticos) e da incompatibilidade no recebimento digital de documentos fiscais via imagem, fatores que impedem a automação adequada do processo.

A deficiência tecnológica identifica-se como a restrição central que sustenta os demais problemas observados nos outros eixos. A incapacidade dos equipamentos de ler e processar documentos com eficiência mantém a dependência de processos manuais, ampliando a ocorrência de retrabalho (eixo Métodos). Em consequência, erros de digitação e sobrecarga operacional (eixo Mão de Obra) tornam-se efeitos diretos dessa limitação, uma vez que a intervenção humana é exigida para suprir falhas do hardware e software disponíveis.

Observa-se também que as inadequações relacionadas aos Materiais como notas ilegíveis, documentos divergentes ou má qualidade das imagens tornam-se críticas porque as Máquinas atuais não dispõem de tecnologia robusta de integração e processamento, como OCR avançado, capaz de lidar com essas variações.

Assim, o aprimoramento tecnológico no eixo Máquinas representa o ponto de alavancagem do sistema. A adoção de soluções mais avançadas e integradas tenderá a eliminar ou mitigar grande parte das causas associadas aos eixos Mão de Obra e Métodos, caracterizando-se como o foco prioritário para a resolução do problema.

Figura 7 - Diagrama de Ishikawa - Ineficiência na Leitura Fiscal



Fonte: Própria autora (2025)

3.4.2. Fluxograma do processo Atual (AS IS)

Atualmente, o processo de leitura e conferência de notas fiscais na empresa ocorre de forma manual e envolve diversas etapas que impactam diretamente o tempo de operação e o fluxo logístico. Quando o motorista conclui o carregamento no cliente de origem (cliente X) e inicia o deslocamento para o porto, onde ocorrerá o procedimento de importação ou exportação, é necessário que as notas fiscais referentes à carga sejam processadas para liberação.

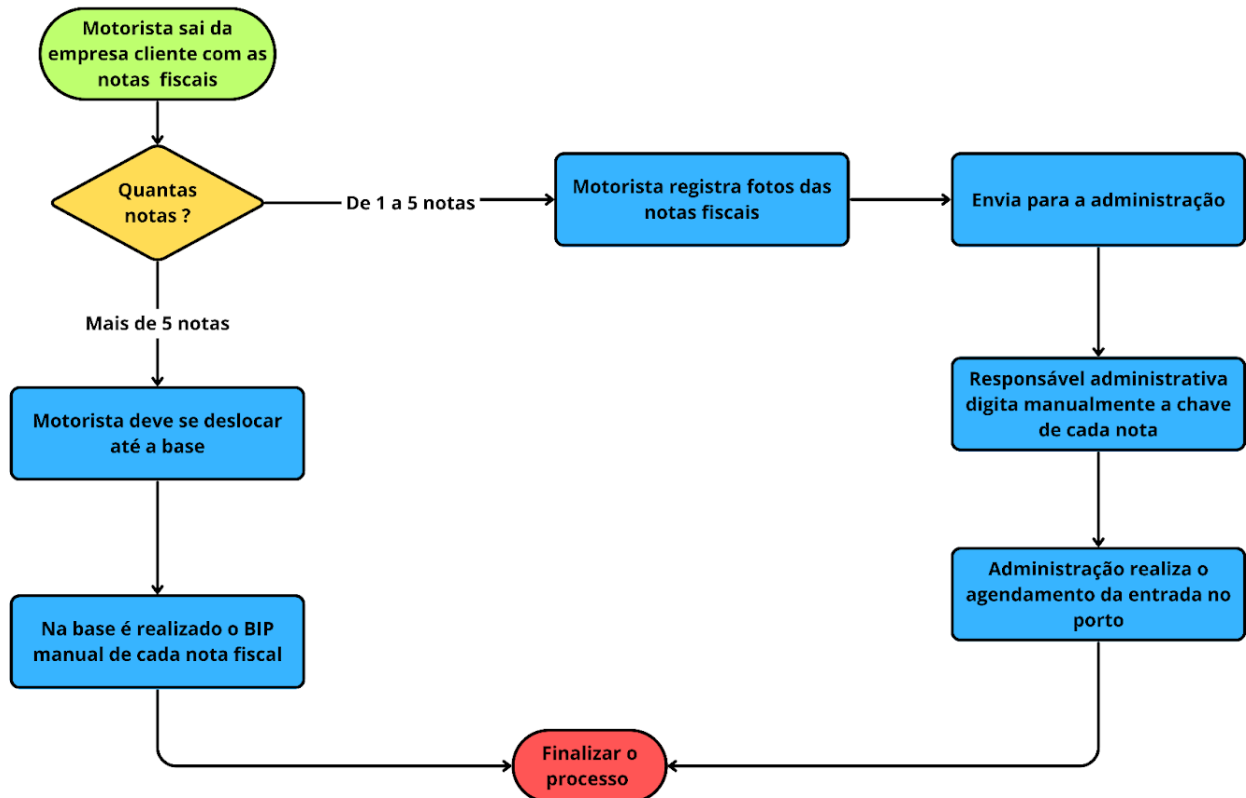
Essas notas fiscais contêm informações essenciais, como o peso do produto, o tipo de carga, o destino, o número de lacre e o setor de destino dentro do porto. Tais dados são imprescindíveis, pois a partir deles o porto realiza a validação e autorização de entrada, verificando se a carga está dentro dos limites de peso permitidos para o transporte marítimo.

No modelo atual, assim que o motorista deixa o cliente, ele envia fotografias das notas fiscais para um colaborador responsável por digitar manualmente a chave de acesso de cada nota, composta por 43 caracteres. Esse procedimento é realizado quando o volume de documentos é reduzido (geralmente de uma a cinco notas). Entretanto, quando o motorista transporta um número elevado de notas fiscais, o envio e digitação manual tornam-se inviáveis.

Nesses casos, o motorista precisa se deslocar até a base operacional da empresa, onde as notas são bipadas fisicamente para registro no sistema. Esse deslocamento gera gargalos logísticos significativos, pois implica em tempo de espera e formação de filas, considerando que diversos motoristas realizam o mesmo procedimento. Além disso, o motorista perde tempo de trajeto, o que pode comprometer o cumprimento dos agendamentos portuários, impactando diretamente na eficiência operacional e na pontualidade das entregas.

Dessa forma, o processo atual, tanto na digitação manual quanto no cadastro físico das notas, apresenta limitações de agilidade, alto risco de erro humano e baixa integração tecnológica. Essa realidade evidencia a necessidade de uma solução automatizada para a leitura e processamento das notas fiscais, de modo a reduzir o tempo de conferência, eliminar retrabalhos e otimizar o fluxo logístico entre o cliente e o porto, conforme mostra a figura 8.

Figura 8 - Fluxograma do Processo



Fonte: Elaboração Própria (2025).

3.4.3. Simulação de Monte Carlo (SMC)

A Simulação de Monte Carlo é uma técnica computacional que utiliza amostragem aleatória para modelar sistemas complexos e quantificar incertezas (Rubinstein; Kroese, 2016). Neste estudo, a SMC foi aplicada para gerar dados sintéticos de tempo de digitação, baseados na amostra de 6 dias e estendidos para o período de 77 dias de operação da empresa, considerando a escala de trabalho de 6x1, correspondente a 3 meses de serviço.

3.4.3.1. Implementação no MATLAB

A simulação foi implementada no software MATLAB (Matrix Laboratory), plataforma computacional amplamente utilizada para cálculos numéricos, modelagem estatística e simulação de sistemas (Mathworks, 2024). A escolha do MATLAB justifica-se por sua robustez em operações matriciais, facilidade de

programação e recursos nativos para geração de números pseudo aleatórios.

3.4.3.2. Definição dos Parâmetros de Entrada

A partir dos dados reais coletados durante os 6 dias de observação, que serviram como amostra inicial para calibrar o modelo, foram calculados os seguintes parâmetros estatísticos da variável de interesse, o tempo de digitação:

- Média Amostral ($\mu_{Amostra}$) Tempo médio de digitação por nota fiscal.
- Desvio Padrão Amostral ($\sigma_{amostra}$) Medida de dispersão dos tempos observados.

Assumiu-se que a variável Tempo de Digitação (min) segue uma distribuição normal (Gaussiana), um modelo estatístico adequado para variáveis contínuas sujeitas a flutuações aleatórias e amplamente aplicado em estudos de tempos e métodos (Montgomery; Runger, 2018).

3.4.3.3. Configurações da simulação e Escala

A Simulação de Monte Carlo (SMC) foi configurada para estender a análise, projetando o comportamento do sistema para uma escala temporal maior. Este processo é realizado através da geração de dados sintéticos que seguem a mesma distribuição de probabilidade definida pelos parâmetros ($\mu_{Amostra}$ e $\sigma_{amostra}$) calculados na amostra de 6 dias.

- Horizonte de Simulação (D): O período de observação de 6 dias foi extrapolado para simular 77 dias de operação da empresa (equivalente a 13 semanas \times 6 dias/semana), considerando a escala de trabalho de 6x1. Este horizonte de 77 dias corresponde ao período de um trimestre completo.
- Número de Iterações de Monte Carlo (N): $N = 10.000$ iterações por dia. O alto volume de iterações garante a convergência estatística dos resultados, conforme o teorema do limite central.
- Total de Cenários Gerados: O total de dados sintéticos gerados é de $77 \text{ dias} \times 10.000 \text{ iterações/dia} = 770.000 \text{ cenários sintéticos}$ de tempo de

digitação.

A escolha de 10.000 iterações por dia baseia-se na literatura de simulação estocástica, que indica que valores entre 1.000 e 10.000 iterações são suficientes para garantir a convergência estatística dos resultados (Law; Kelton, 2000). Esse volume de iterações assegura que a média e o desvio padrão das distribuições geradas sejam representativos do comportamento real do processo.

3.4.3.4. Geração dos dados sintéticos (amostragem aleatória)

Para cada dia simulado, foram gerados 10.000 valores aleatórios de tempo de digitação, utilizando a função rand do MATLAB, que gera números pseudo aleatórios a partir de uma distribuição normal padronizada. Os valores foram ajustados à escala do tempo de digitação pela fórmula:

$$X_{\text{simulado}} = \mu + \sigma \times Z$$

Onde:

- X Simulado = tempo de digitação simulado (minutos)
- μ = média amostral
- σ = desvio padrão amostral
- Z = número aleatório da distribuição normal padrão

Adicionalmente, foi aplicada uma restrição mínima ($X_{\text{Simulado}} \geq 1$ minuto) para evitar a geração de valores fisicamente implausíveis.

3.4.3.5. Análise dos Resultados e Métricas Calculadas

Os dados gerados pela SMC foram analisados por meio de:

- Valor esperado diário: média das 10.000 iterações para cada um dos 77 dias
- Erro Padrão da Média (EPM): métrica que quantifica a precisão da estimativa da média global, calculada como:

$$EPM = \sigma / \sqrt{n}$$

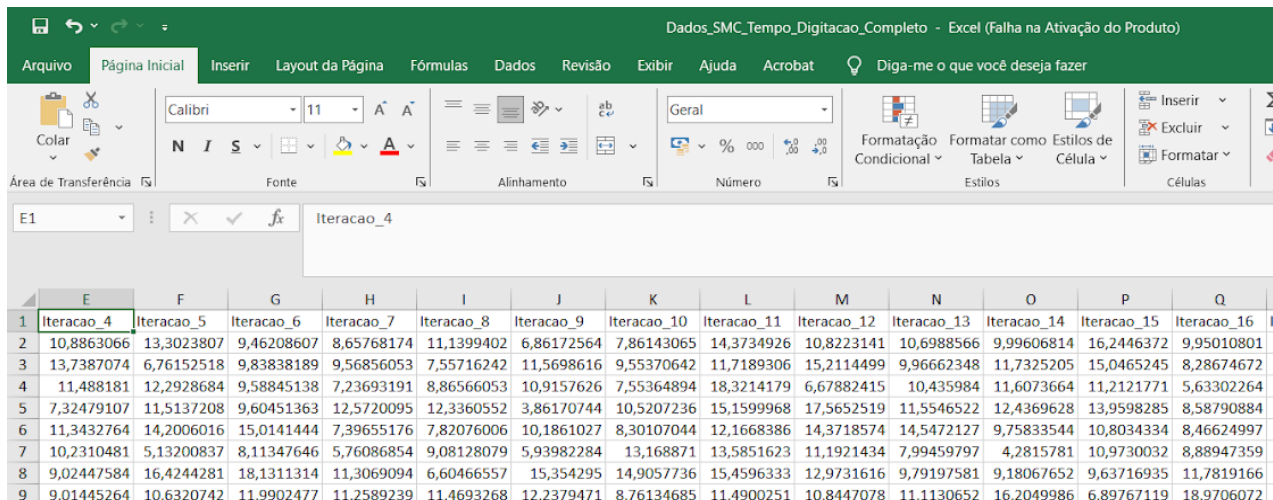
- Análise gráfica: construção de séries temporais, histogramas de frequência e gráficos de variação semanal para visualizar o comportamento do

processo

Os resultados foram exportados em dois formatos:

1. Arquivo Excel (.xlsx) contendo o conjunto completo de dados sintéticos, conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Dados gerados pelo SMC.



	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Iteracao_4	Iteracao_5	Iteracao_6	Iteracao_7	Iteracao_8	Iteracao_9	Iteracao_10	Iteracao_11	Iteracao_12	Iteracao_13	Iteracao_14	Iteracao_15	Iteracao_16
2	10,8863066	13,3023807	9,46208607	8,65768174	11,1399402	6,86172564	7,86143065	14,3734926	10,8223141	10,6988566	9,99606814	16,2446372	9,95010801
3	13,7387074	6,76152518	9,83838189	9,56856053	7,55716242	11,5698616	9,55370642	11,7189306	15,2114499	9,96662348	11,7325205	15,0465245	8,28674672
4	11,488181	12,2928684	9,58845138	7,23693191	8,86566053	10,9157626	7,55364894	18,3214179	6,67882415	10,435984	11,6073664	11,2121771	5,63302264
5	7,32479107	11,5137208	9,60451363	12,5720095	12,3360552	3,86170744	10,5207236	15,1599968	17,5652519	11,5546522	12,4369628	13,9598285	8,58790884
6	11,3432764	14,2006016	15,0141444	7,39655176	7,82076006	10,1861027	8,30107044	12,1668386	14,3718574	14,5472127	9,75833544	10,8034334	8,46624997
7	10,2310481	5,13200837	8,11347646	5,76086854	9,08128079	5,93982284	13,168871	13,5851623	11,1921434	7,99459797	4,2815781	10,9730032	8,88947359
8	9,02447584	16,4244281	18,1311314	11,3069094	6,60466557	15,354295	14,9057736	15,4596333	12,9731616	9,79197581	9,18067652	9,63716935	11,7819166
9	9,01445264	10,6320742	11,9902477	11,2589239	11,4693268	12,2379471	8,76134685	11,4900251	10,8447078	11,1130652	16,2049986	6,89767119	18,9706072

Fonte – Própria autora (2025)

2. Relatório visual (.png) contendo os gráficos estatísticos e as métricas de desempenho, conforme apresentado nas Figuras 10, 11, 12 e 13, exibidas a seguir.

A execução do código da Simulação de Monte Carlo no MATLAB foi realizada utilizando todas as variáveis apresentadas na Figura 10, na qual é possível visualizar claramente os parâmetros de entrada empregados na construção do modelo. A partir dessas variáveis, o script gerou valores aleatórios conforme suas distribuições, permitindo estimar o comportamento probabilístico do processo. Com base nos resultados obtidos, a simulação concluiu que o tempo médio de digitação por nota fiscal foi de 10,90 minutos, refletindo a variabilidade do sistema e a influência das ineficiências previamente identificadas.

Figura 10 – Terminal de código do Matlab

```

wnloads ▸ SMC
Editor - C:\Users\luize\Downloads\SMC\smc_vfinal.m
Workspace
Name ^ Value
chave_nota_amostra [172;258;344;430;...
dados_sinteticos_tempo 78x1 double
desvio_padrao_diario_tempo 78x1 double
desvio_padrao_total_tempo 2.7707
Dia_SMC 78x1 double
dias_por_semana 6
dias_simulados 1x78 double
epm_tempo 0.0031
i 78
media_total_tempo 10.9020
mu_tempo 10.9000
N_total 780000
nome_arquivo_excel 'Dados_SMC_Te...
nome_arquivo_relatorio 'Relatorio_SMC_...
notas_enviadas_amostra [4;6;8;10;8;7]
num_iteracoes_mc 10000
num_semanas 13
num_simulacoes 78
Relatorio_SMC_Metricas 312x781x3 uint8
relatorio_str 1x324 char
resultados_mc_tempo 78x10000 double
sigma_tempo 2.7720
Tabela_Iteracoes_Tempo 78x10001 table
tempo_digitacao_amostra [6.7000;9.5000;11...
tempo_simulado 1x10000 double
var_names 1x10000 string

Command Window
Iniciando Simulação de Monte Carlo...
Simulação de Monte Carlo concluída.

**Tabela de Iterações Exportada:** O arquivo "Dados_SMC_Tempo_Digitacao_Completo.xlsx" foi criado.

### Relatório de Resultados SMC (Tempo de Digitação) ###
-----
Média Global (Valor Esperado 3 Meses): 10.90 minutos/dia
Erro Padrão da Média (EPM): 0.003137
(Indica a precisão da sua média simulada)
-----

**Relatório de Métricas Exportado:** O arquivo "Relatorio_SMC_Metricas.png" foi criado.
>>

```

Fonte: Elaboração própria (2025).

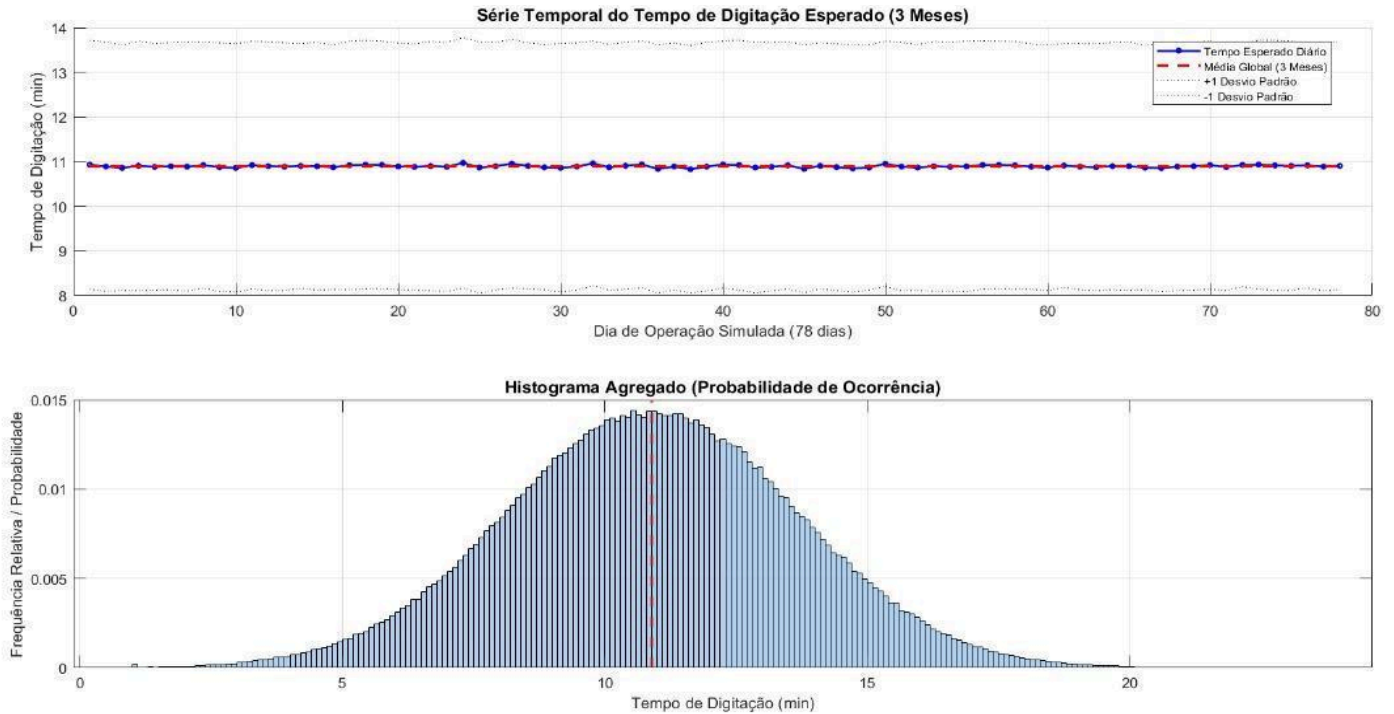
A Figura 11 apresenta, em uma única composição gráfica, a análise estatística do tempo esperado de digitação ao longo de um período simulado de três meses (77 dias úteis). A parte superior da figura exibe a série temporal dos tempos diários, na qual se observa que os valores permanecem próximos à média global, o que indica baixa variabilidade e demonstra que o processo opera sob controle estatístico. As linhas pontilhadas que delimitam um desvio-padrão acima e abaixo da média evidenciam que praticamente todas as observações estão contidas nesse intervalo, reforçando a estabilidade do processo e a ausência de flutuações significativas associadas a causas especiais de variação.

Ainda na parte inferior da figura 11, encontra-se o histograma que sintetiza a distribuição dos tempos de digitação, apresentando formato aproximadamente normal e concentrado em torno de 10,90 minutos, com reduzida dispersão. Essa concentração próxima ao valor médio demonstra que os tempos extremos possuem baixa probabilidade de ocorrência, confirmando a uniformidade e a consistência do processo modelado.

De forma integrada, os dois gráficos permitem concluir que o processo de

digitação apresenta comportamento estável, previsível e estatisticamente controlado, mantendo desempenho uniforme ao longo de todo o período simulado.

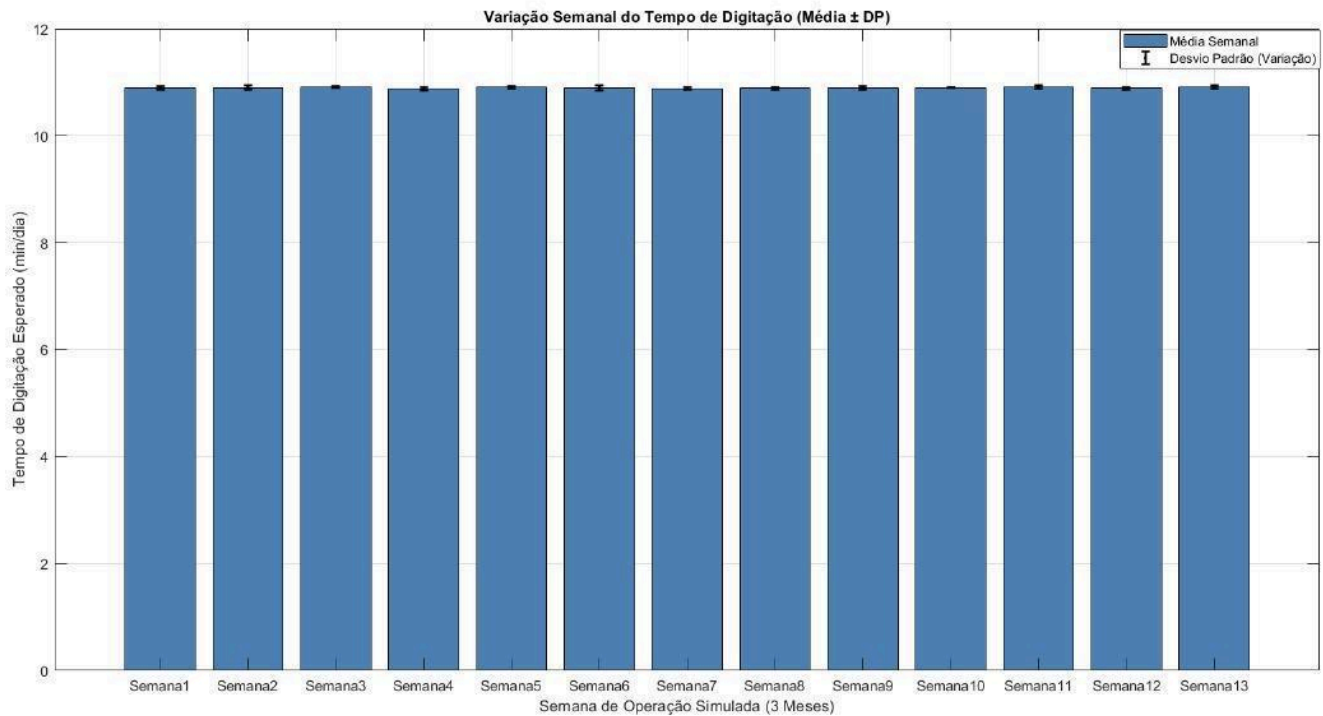
Figura 11 - Histograma de estabilidade do processo



Fonte: Elaboração própria (2025).

A Figura 12, que está abaixo, apresenta a variação semanal do tempo médio de digitação durante o período simulado de três meses. Observa-se que as médias semanais permanecem praticamente constantes, em torno de 10.90 minutos por digitação, com desvios-padrão muito reduzidos. Esse comportamento indica baixa variabilidade e estabilidade do processo, evidenciando que o sistema opera sob controle estatístico e com alto nível de padronização. A pequena dispersão dos dados demonstra que o desempenho é consistente entre as semanas, sem ocorrência de flutuações significativas. Em termos de análise de processo, esse resultado confirma a confiabilidade e previsibilidade operacional.

Figura 12 - Variação Semanal do Tempo de Digitação



Fonte: Elaboração própria (2025)

No relatório apresentado a seguir, conforme ilustrado na Figura 13, a Média Global corresponde ao valor esperado da variável analisada, resultando em 10,90 minutos por dia, o que representa o tempo médio estimado para a execução da atividade durante o período simulado. O Erro Padrão da Média (EPM), calculado em 0,003137, expressa o grau de precisão da média estimada, evidenciando baixa variabilidade entre as iterações realizadas. Esses resultados indicam que o modelo desenvolvido apresenta alta confiabilidade estatística e consistência nos valores obtidos, constituindo uma base sólida para a análise e posterior otimização do processo logístico investigado.

Figura 13 - Relatório da Simulação de Monte Carlo

Relatório de Resultados SMC (Tempo de Digitação)

Média Global (Valor Esperado 3 Meses): 10.90 minutos/dia

Erro Padrão da Média (EPM): 0.003137

(Indica a precisão da sua média simulada)

Fonte: Elaboração Própria (2025).

3.5. PROTÓTIPO DE INTERFACE NO FIGMA

O Figma é uma plataforma de design colaborativo baseada em nuvem, amplamente utilizada para criação de interfaces digitais e prototipagem interativa (Alura, 2025). Neste estudo, o Figma foi empregado para desenvolver um protótipo conceitual da solução automatizada proposta, representando visualmente como seria a interação entre motoristas, administradores e o sistema de leitura automática de notas fiscais.

A proposta foi desenvolvida individualmente pela autora e apresentada à equipe de liderança da empresa, que aprovou o conceito, considerando-o viável do ponto de vista operacional. Embora o protótipo seja apenas conceitual, ele exerce um papel fundamental na comunicação da solução e na visualização dos benefícios esperados com a automatização do processo. Para facilitar a compreensão do funcionamento do aplicativo, a seguir será apresentada uma sequência de imagens que ilustram, de forma “passo a passo”, cada etapa da operação. A lógica de apresentação das telas segue o fluxo natural do usuário, destacando as funções principais e a interação com o sistema:

Conforme ilustrado na Figura 14, a interface proposta desempenhará a função de autenticação do usuário. Nessa etapa, o motorista deverá inserir seu CPF e senha para acessar o sistema. Adicionalmente, a interface disponibilizará um link de “Esqueci minha senha”, permitindo a recuperação de credenciais de forma segura e autônoma.

Figura 14 - Protótipo de Interface do app para o motorista (login)



O protótipo de interface de login do app FluxNote apresenta um fundo escuro azul-marrom. No topo, à esquerda, há um ícone de uma lista com uma seta azul apontando para a direita, seguido pelo texto "FluxNote" em branco. Abaixo disso, centralizado, está um ícone branco de um perfil de usuário. Seguem-se dois campos de entrada de texto em branco: o primeiro, rotulado "Usuário", contém o texto cinza "Digite seu CPF"; o segundo, rotulado "Senha", contém o texto cinza "Digite sua senha". Abaixo dos campos, há um botão vermelho com o texto branco "Entrar". Na base da interface, centralizado, há um link em branco e sublinhado que diz "Esqueci minha Senha".

Fonte: Elaboração própria (2025)

Na Figura 15, apresenta-se a interface responsável por exibir ao motorista, após o login, uma mensagem de boas-vindas acompanhada do histórico de envios, organizado em ordem cronológica decrescente. Os registros são disponibilizados em cards individuais, cada um contendo o cliente, a data e hora da submissão e um ícone indicativo do status (pendente, correção necessária, aprovado ou liberado).

Figura 15 - Protótipo de Interface do app para o motorista (menu)



Fonte: Elaboração própria (2025)

A Figura 16 apresenta a interface destinada ao filtramento do histórico de envios por parte do motorista. Por meio de uma barra de seleção, o usuário poderá escolher um cliente específico ou optar pela visualização de “todos os clientes”. Após a seleção, a interface exibirá um campo para definição da quantidade de notas a serem enviadas, composto por um campo numérico e por botões de seleção rápida (25, 50, 75 e 100+), permitindo agilizar o preenchimento.

Figura 16 - Protótipo de Interface do app para o motorista (seleção de cliente e filtro)



Fonte: Elaboração própria (2025)

Na Figura 18, apresenta-se a interface responsável pela validação das imagens capturadas. Nela, o motorista poderá visualizar as fotos enviadas em miniaturas, permitindo conferir facilmente o conteúdo registrado.

Figura 18 - Protótipo de Interface do aplicativo para o motorista (Solicitar e ícone de confirmação)



Fonte: Elaboração própria (2025)

Na Figura 19, apresenta-se a interface que concentra as funcionalidades relacionadas ao acompanhamento do status das notas enviadas. Caso, após o envio, uma nota seja classificada como “rejeitada”, o sistema exigirá um novo envio por parte do motorista. Ao selecionar o card correspondente, o usuário poderá visualizar o motivo ou a observação registrada pelo administrador, permitindo corrigir as informações necessárias e proceder com um novo envio de forma adequada.

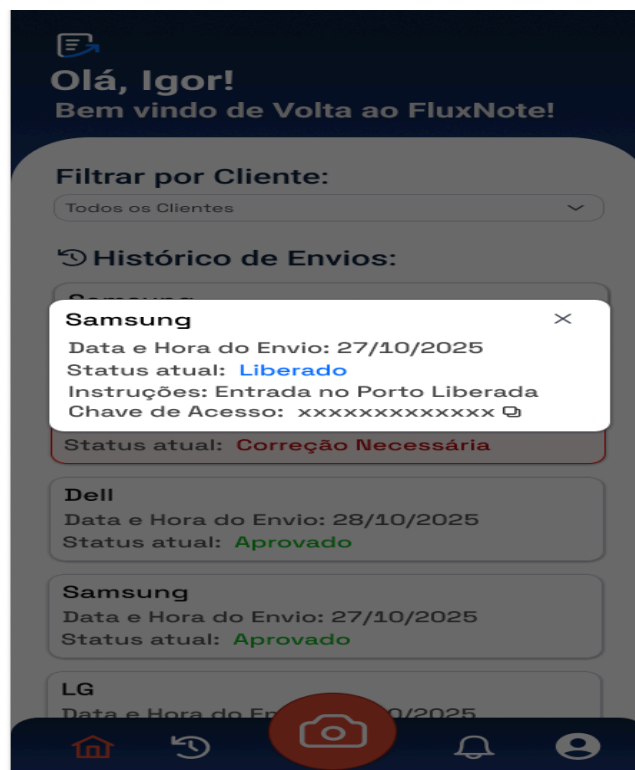
Figura 19 - Telas de notas rejeitadas



Fonte: Elaboração própria (2025)

Conforme ilustrado na Figura 20, quando a nota for aprovada, a interface exibirá o status “Liberado” destacado na cor azul, acompanhado da mensagem “ENTRADA NO PORTO LIBERADA”. Caso existam orientações adicionais, estas serão apresentadas de forma subsequente na mesma tela.

Figura 20- Tela de notas liberadas



Fonte: Elaboração própria (2025)

A Figura 21 apresenta a interface que exibirá a lista de documentos pendentes de verificação, incluindo informações como nome do motorista, cliente, horário da submissão e quantidade de documentos enviados. A tela também dispõe de um ícone de notificação (sino), responsável por sinalizar novas submissões ou atividades, emitindo alertas em tempo real sempre que novos envios forem recebidos.

Figura 21- Protótipo de Interface do app para o administrador (tela inicial do PC)



Fonte: Elaboração própria (2025)

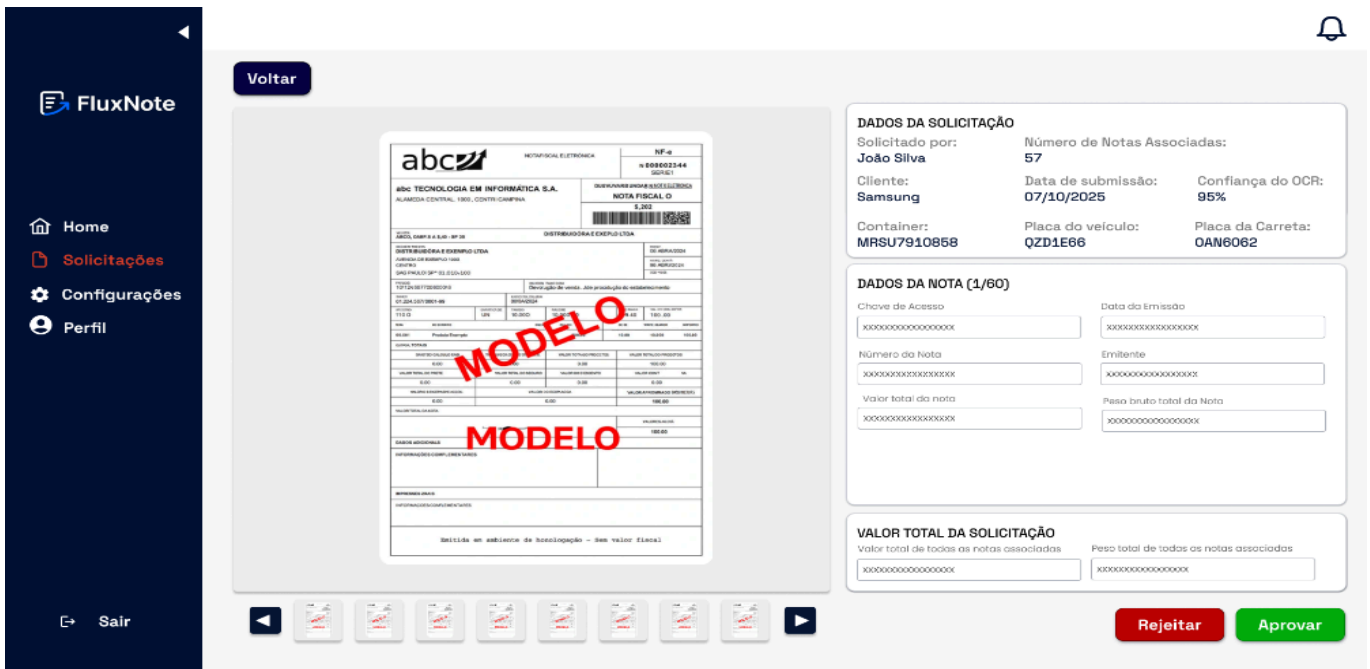
A interface apresentada na Figura 22 corresponde à tela em que o conteúdo é estruturado em duas colunas funcionais. Na coluna esquerda, são exibidas as imagens em alta resolução, acompanhadas de ferramentas de zoom, rotação e uma faixa de miniaturas que permite a navegação entre as fotografias capturadas.

Na coluna direita, são apresentados os dados extraídos automaticamente pelo mecanismo de OCR, substituindo o preenchimento manual anteriormente realizado a partir da chave da nota. Entre as informações disponibilizadas estão: valor total da carga, peso bruto, nome do motorista, cliente, quantidade de notas, data da submissão, número do contêiner, placa do veículo e placa da carreta. A tela também inclui um botão [Copiar] para facilitar a obtenção da chave de acesso.

O administrador pode editar manualmente qualquer campo extraído, caso identifique inconsistências, como ajuste de valores, correção de peso ou revisão da chave, antes de finalizar a análise.

Além disso, a interface disponibiliza o botão [Aprovar], destacado em verde, que ao ser acionado marca o envio como aprovado, registra a liberação, atualiza o status no dashboard e envia uma notificação push ao motorista informando a autorização.

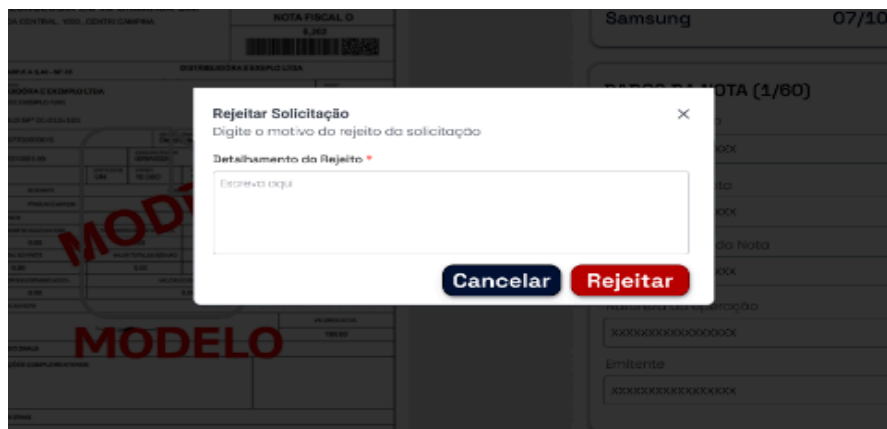
Figura 22- Protótipo de Interface do app para o administrador (tela de seleção de NF ADM/PC)



Fonte: Elaboração própria (2025)

Na Figura 23, o botão vermelho [Cancelar] exigirá que o administrador selecione um motivo para a rejeição, por meio de uma lista pré-definida ou de um campo de preenchimento livre. Após a confirmação, o sistema atualizará o status para “rejeitado” e enviará uma notificação ao motorista contendo a observação registrada.

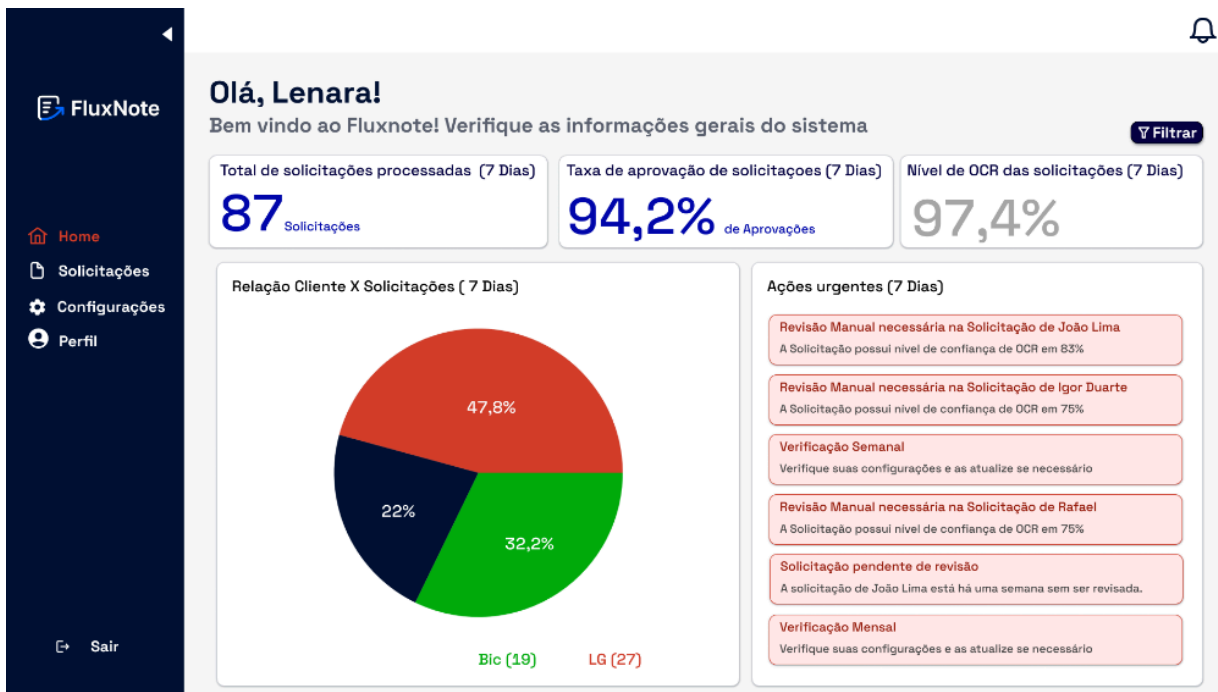
Figura 23 - Protótipo de Interface do app para o administrador (tela de confirmação ADM/PC)



Fonte: Elaboração própria (2025)

Na Figura 24, o dashboard exibirá contadores rápidos, como a quantidade de documentos pendentes e o total de aprovados nos últimos 7 dias, proporcionando uma visão imediata do workload. Além disso, o sistema indicará o nível de confiança/qualidade da extração OCR e permitirá filtrar itens com baixa confiança para direcionar a revisão manual.

Figura 24 - Protótipo de Interface do app para o administrador (Dashboard ADM/PC)



Fonte: Elaboração própria (2025)

3.6. BANCO DE DADOS POSTGRESQL

O PostgreSQL é um Sistema Gerenciador de Banco de Dados Objeto-Relacional (SGBDOR) de código aberto, amplamente reconhecido por sua robustez, confiabilidade e avançados recursos tecnológicos. Projetado para oferecer conformidade com padrões e extensibilidade, o PostgreSQL garante integridade e consistência dos dados, sendo frequentemente utilizado em aplicações empresariais críticas.

Seu modelo objeto-relacional permite suporte a conceitos como herança de tabelas e tipos de dados complexos, mantendo a capacidade de gerenciar informações relacionais por meio da linguagem SQL (Structured Query Language). O

PostgreSQL assegura a integridade transacional com base nas propriedades ACID (Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade) e utiliza o MVCC (Controle de Concorrência Multiversão), que possibilita a coexistência de operações de leitura e escrita com mínima interferência, garantindo alto desempenho.

Além disso, sua arquitetura modular e extensível permite a adição de funcionalidades específicas, como a extensão PostGIS para dados geoespaciais, tornando-o uma plataforma extremamente versátil. Por ser mantido por uma comunidade global e livre de custos de licenciamento, oferece uma alternativa robusta e econômica frente a sistemas proprietários.

3.2 Banco de Dados PostgreSQL: Implementação e Aplicação no Projeto

Considerando essas características, o PostgreSQL foi selecionado para o armazenamento dos dados coletados pela interface front-end do projeto, que realiza a extração e validação das informações de notas fiscais por meio de OCR.

A utilização de um SGBD relacional garante a persistência, integridade e segurança das informações, permitindo que os dados sejam organizados de maneira estruturada e acessível para consultas, atualizações e análises posteriores através de comandos SQL. Dessa forma, a implementação do PostgreSQL assegura a confiabilidade do novo fluxo logístico, consolidando a base de dados necessária para suportar o processo automatizado proposto. (PostgreSQL Global Development Group, 2024).

3.6.1. Estrutura de Dados

Para suportar o processo logístico, os dados extraídos pelo OCR e validados serão persistidos em uma estrutura de banco de dados relacional. A tabela principal de registro, conforme implementado, apresenta a seguinte estrutura:

Quadro 1 - Estrutura do SGBD

CAMPO	TIPO DE DADOS	DESCRIÇÃO
id	Integer (PK)	Chave Primária. Identificador único e sequencial para cada registro de nota processada.
numero_conhec er	Character varying (20)	Número de identificação do Conhecimento de Transporte (CT-e) ou da Nota Fiscal (NF-e).
peso_carga	Numeric	Peso total da carga ou produto, crucial para o controle logístico.
valor_nf	Numeric	Valor monetário total da Nota Fiscal ou Conhecimento, com duas casas decimais.
numero_a_nota	Character varying (13)	Número principal da Nota Fiscal de Serviço (NFS-e) ou outro documento associado.
nome_motorista	Character varying (100)	Nome completo do motorista responsável pelo transporte (para rastreabilidade operacional).
nome_cliente	Character varying (100)	Nome do cliente destinatário da mercadoria.
data_registro	Timestamp without time zone	Marcação de Tempo. Registra o momento exato em que o dado foi inserido no sistema, sendo essencial para calcular o tempo operacional e os ganhos de eficiência.

Fonte: Própria autora (2025)

Esta estrutura armazena todos os campos essenciais extraídos automaticamente, permitindo que a integração com o ERP logístico utilize estes dados para o registro final, garantindo a integridade e acelerando significativamente o processo de entrada de informações.

3.6.2. Funcionalidade e Integração Logística

O SGBD atua como um hub de dados. Após a validação final na interface front-end, os dados são persistidos no PostgreSQL.

- Finalidade Analítica: Este armazenamento estruturado facilita consultas SQL e análises futuras, permitindo estimar os ganhos de eficiência por meio da análise do data registro e da comparação com o processo manual.
- Integração com o ERP Logístico: O PostgreSQL serve como a fonte oficial dos dados validados. Em substituição à digitação manual, o Sistema de Gestão (ERP Logístico) da empresa será configurado para consumir os dados desta tabela (via API ou conexão direta), realizando a inserção automática no sistema e finalizando o processo. Isso elimina erros de digitação e assegura que os dados processados pelo OCR sejam a base única de registro do fluxo de entrada de documentos.

Figura 25 - Arquitetura e Funcionamento do Banco de Dados PostgreSQL

id [PK] integer	numero_container character varying (20)	peso_carga numeric (10,2)	valor_nf numeric (12,2)	numero_nota character varying (15)	nome_motorista character varying (100)	nome_cliente character varying (100)	data_registro timestamp without time zone
25	TGHU6543210	25000.00	902450.00	036064	Wesley Lopes	CargaPlus	2025-10-21 00:00:00
26	TRHU5432109	23500.00	755600.00	036065	Caio Mendes	RotaMax	2025-10-22 00:00:00
27	MSCU1122334	21400.00	654000.00	036066	Eduardo Rocha	TransWay	2025-10-22 00:00:00
28	MRSU2211334	23000.00	745900.00	036067	Felipe Souza	EcoCargo	2025-10-22 00:00:00
29	TGHU7766554	22650.00	703250.00	036068	Guilherme Alves	PortMove	2025-10-23 00:00:00
30	TRHU6655442	21500.00	650100.00	036069	Luciano Farias	CargoLog	2025-10-23 00:00:00
31	TEMU9988777	22000.00	710200.00	036070	Vitor Ferreira	MoveSul	2025-10-23 00:00:00
32	MSCU8899001	21000.00	650000.00	036071	Henrique Gomes	FastWay	2025-10-24 00:00:00
33	MRSU7788991	24500.00	780000.00	036072	André Martins	PortoTotal	2025-10-24 00:00:00
34	TGHU6677882	19800.00	592300.00	036073	Diogo Reis	EcoTrans	2025-10-24 00:00:00
35	TRHU5544332	22600.00	702500.00	036074	Fábio Carvalho	NaviMove	2025-10-25 00:00:00
36	TEMU4433221	23300.00	755200.00	036075	Murilo Duarte	CargasBR	2025-10-25 00:00:00
37	MSCU3344552	22000.00	689000.00	036076	Tiago Souza	ViaCargo	2025-10-25 00:00:00
38	MRSU4455667	23800.00	710000.00	036077	Daniel Almeida	EcoPort	2025-10-26 00:00:00
39	TGHU5566779	20000.00	602300.00	036078	Marcelo Lima	TransSul	2025-10-26 00:00:00
40	TRHU6677880	23400.00	760000.00	036079	Rafael Silva	PortExpress	2025-10-26 00:00:00
41	TEMU7788993	22000.00	698000.00	036080	Leonardo Costa	GreenCargo	2025-10-27 00:00:00
42	MSCU8899222	24800.00	890500.00	036081	Matheus Ramos	CargaNorte	2025-10-27 00:00:00
43	MRSU4433445	21500.00	645000.00	036082	Hugo Oliveira	EcoTrack	2025-10-27 00:00:00
44	TGHU5566112	22900.00	710000.00	036083	César Lopes	TransAlpha	2025-10-28 00:00:00
45	TRHU8899001	20300.00	605000.00	036084	Jonas Ribeiro	FastPort	2025-10-28 00:00:00

Fonte: Própria autora (2025)

4. RESULTADOS

O aplicativo proposto apresenta dois cenários operacionais distintos: o fluxo do motorista e o fluxo do administrador, responsável pela validação das notas fiscais na base da empresa.

No módulo do motorista, o processo inicia-se após a saída do cliente, momento em que o condutor possui um conjunto de notas fiscais que precisam ser validadas antes do deslocamento ao porto. Com o aplicativo previamente instalado, o motorista realiza o escaneamento individual de cada nota fiscal, independentemente da quantidade, seguindo todas as etapas de validação definidas pelo sistema. Após o processamento, os dados são registrados automaticamente no banco de dados (PostgreSQL). Concluída a submissão, o motorista permanece aguardando a aprovação do administrador, condição necessária para seguir ao porto para a etapa de despacho da carga no navio.

Em paralelo, no módulo do administrador, assim que o motorista envia as notas fiscais, o sistema o notifica em tempo real sobre a existência de uma nova atividade pendente de verificação. O administrador identifica imediatamente o solicitante e acessar a tela principal de validação, onde são exibidas todas as informações essenciais para a análise, incluindo: valores individuais e totais das notas, número do contêiner, placas do veículo e da carreta, identificação do cliente de origem, nome do motorista, quantidade de notas submetidas, data e hora da submissão e o índice de confiança do OCR.

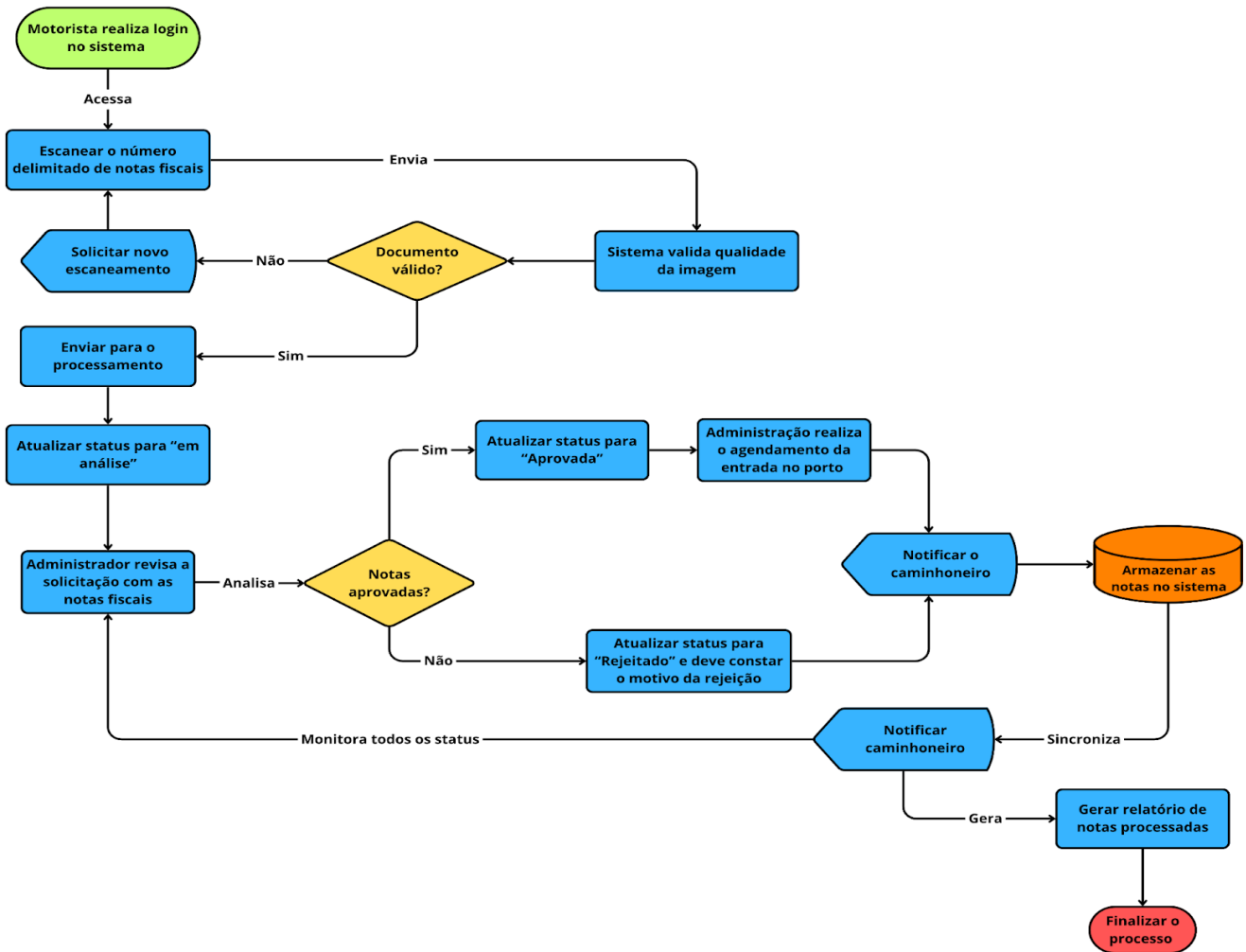
Com base nesses dados, o administrador realiza a conferência das informações e, constatando conformidade, efetua a validação das notas fiscais no próprio aplicativo. Ao concluir a aprovação, o sistema envia automaticamente uma notificação ao motorista, informando que a documentação está regularizada e autorizando sua ida direta ao porto, eliminando a necessidade de deslocamento à base para bipagem, formação de filas ou registros fotográficos sem padrão.

Do ponto de vista operacional, o administrador é o principal beneficiado, uma vez que o sistema elimina atividades manuais suscetíveis a erros, como a digitação

da chave de acesso de 43 caracteres. O aplicativo apresenta automaticamente as informações críticas para a tomada de decisão e realiza o cálculo do valor total das notas enviadas. Todos os dados permanecem armazenados no banco PostgreSQL, possibilitando rastreamento, histórico estruturado e consultas futuras, em substituição ao método atual de arquivamento de notas impressas, vulnerável a perdas e inconsistências.

O aplicativo será integrado ao setor denominado Gate, responsável pelos trâmites de liberação de motoristas e cargas, onde circulam aproximadamente 100 motoristas por dia. Nesse setor ocorre o agendamento de entrada no porto e todas as etapas operacionais relacionadas ao fluxo logístico. A solução proposta, portanto, otimiza significativamente o processo, reduz retrabalho, diminui tempo de operação e aumenta a confiabilidade das informações tratadas. A seguir, apresenta-se o fluxo do processo remodelado, considerando o cenário em que o aplicativo proposto fosse efetivamente implementado.

Figura 26 - Fluxo Operacional Remodelado com o Aplicativo



Fonte: Própria Autora (2025)

A observação sistemática do processo de leitura e registro de notas fiscais em uma empresa de logística, realizada durante seis dias úteis em setembro de 2025, permitiu caracterizar uma operação com média de 100 motoristas diários e cerca de 150 notas fiscais processadas. O processo atual funciona em duas modalidades: envio digital das notas (1 a 5 unidades) com digitação manual da chave de acesso de 43 caracteres, e leitura óptica presencial (bipagem) quando o volume é maior. O tempo médio de digitação foi de 10,90 minutos por nota, influenciado por fatores como legibilidade das imagens, qualidade das fotos e interrupções operacionais.

A análise de causas com o Diagrama de Ishikawa identificou a limitação tecnológica dos leitores ópticos como principal gargalo (eixo Máquina), pois são compatíveis apenas com documentos físicos, inviabilizando o processamento digital. Também se observou ausência de padronização de procedimentos (Método), falta de integração entre sistemas e carência de treinamento em automação (Mão de Obra). O layout inadequado da base (Meio Ambiente), a inexistência de indicadores de desempenho (Medição) e a baixa qualidade das fotos enviadas (Material) agravaram a ineficiência geral do processo.

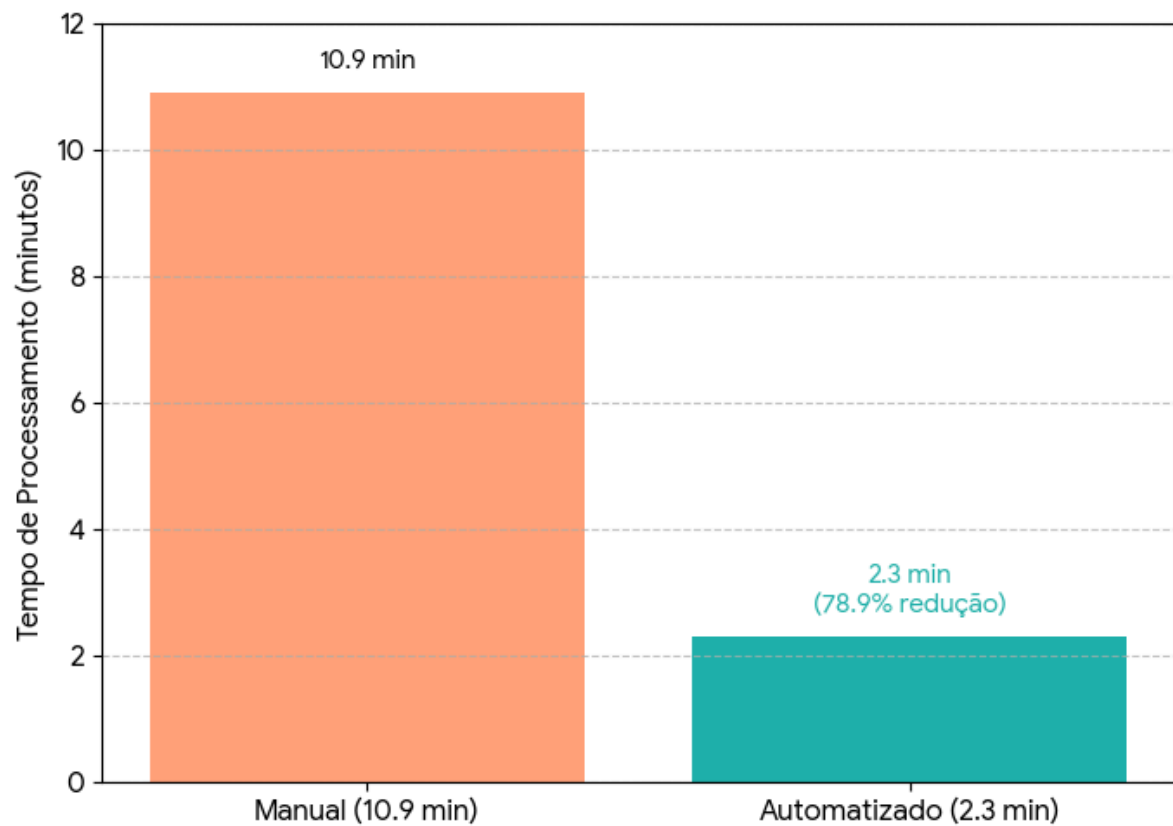
O mapeamento do fluxo “as is”, desenvolvido na plataforma Miro e validado pela liderança operacional, evidenciou bifurcação em dois caminhos: no primeiro, a digitação manual é suscetível a erros e atrasos; no segundo, o deslocamento do motorista à base para bipagem gera filas, perda de agendamentos e custos adicionais. A análise confirmou que a falta de um sistema unificado de processamento digital é o principal entrave à eficiência.

A emulação, no contexto de modelagem computacional, consiste na reprodução virtual do comportamento real de um processo, preservando suas características estatísticas e operacionais para permitir a avaliação de cenários alternativos com alta precisão. Essa técnica é amplamente utilizada quando se deseja projetar o desempenho de um sistema após a implementação de melhorias, sem a necessidade de interromper ou modificar o processo real. Assim, a emulação atua como um ambiente experimental seguro, no qual é possível testar hipóteses, estimar ganhos e analisar a variabilidade dos resultados com base em dados reais.

Com base nos dados coletados do processo manual, aplicou-se uma robusta simulação de Monte Carlo (SMC) no MATLAB como ferramenta de emulação do cenário de automação. A simulação utilizou como parâmetros de entrada a média real de 10,9 minutos e desvio-padrão de 3,2 minutos, sendo que os testes de normalidade (Shapiro–Wilk) confirmaram que o tempo de processamento segue uma distribuição normal, validando a adequação do modelo estatístico. Para garantir robustez e convergência, foram realizadas 770.000 iterações equivalentes a simular 77 dias úteis repetidos 10.000 vezes, ampliando significativamente a capacidade de representação dos dados observados.

A partir dessa modelagem, a emulação desempenhou papel central na estimativa do tempo otimizado de processamento, permitindo projetar com precisão o valor de 2,3 minutos para o cenário automatizado. Essa abordagem expandiu o horizonte analítico, antes limitado a uma amostra empírica de apenas seis dias, para o equivalente a setenta e sete dias simulados, resultando em setecentos e setenta mil cenários avaliados. Essa ampliação substancial da base amostral eliminou distorções ocasionais presentes nas coletas reais e aumentou a acurácia estatística dos resultados, garantindo que a projeção final fosse consistente, representativa e matematicamente fundamentada. Conforme figura 28.

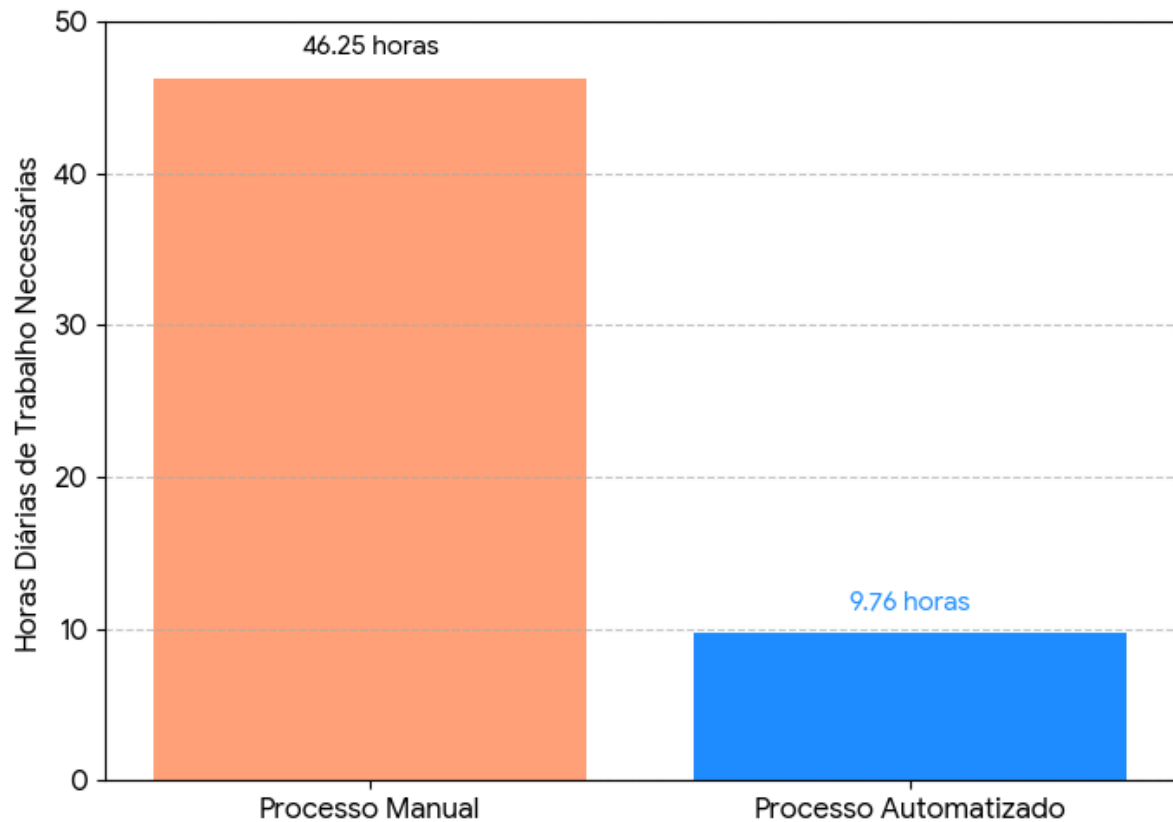
Figura 27 - Gráfico e Comparação entre cenários



Fonte: Própria Autora (2025)

Prosseguindo com a análise da distribuição de probabilidade, esta confirmou um comportamento previsível e normal do novo processo, indicando que 95% dos tempos de processamento estariam situados entre 1,5 e 17,3 minutos. Este dado comprova que a automação reduziria significativamente a variabilidade do processo. O impacto operacional dessa redução é que o tempo diário de digitação diminuiria de 46,25 para 36,5 horas, resultando em uma economia de cerca de 19 horas por dia. Essa otimização crítica permite que os colaboradores sejam redistribuídos para funções de maior valor agregado, além de minimizar atrasos operacionais.

Figura 28 - Gráfico de impacto da automatização



Fonte: Própria Autora (2025)

Adicionalmente, o novo sistema proporcionaria benefícios que vão além da economia de tempo de digitação, como a eliminação de deslocamentos presenciais, o que resultaria em uma redução de cerca de 35% no tempo de espera dos motoristas. Por fim, um ganho crucial em qualidade e conformidade é a drástica queda na taxa de erros de digitação: enquanto o processo manual apresentava uma taxa estimada entre 1% e 5%, a utilização de OCR e RPA reduziria essa taxa para menos de 0,5%, garantindo maior confiabilidade fiscal e prevenindo retrabalho e penalidades.

A automação proporcionaria padronização e rastreabilidade total, com etapas automatizadas de captura, extração, validação e registro em ERP, integradas a um banco PostgreSQL com trilhas de auditoria e relatórios gerenciais. A arquitetura proposta, composta por três camadas (front-end mobile/web, middleware de processamento e back-end de dados), é escalável e aderente às exigências do ambiente logístico.

A aplicação da emulação por meio da Simulação de Monte Carlo foi fundamental para estimar com precisão o tempo otimizado de processamento da atividade, permitindo chegar ao resultado projetado de 2,3 minutos. A simulação possibilitou ampliar a amostra real coletada em campo, inicialmente restrita a seis dias úteis de observação, para um horizonte de setenta e sete dias, gerando um total de setecentos e setenta mil cenários sintéticos. Essa expansão da base de dados, realizada com 10.000 iterações por dia, assegurou a robustez estatística necessária para eliminar distorções ocasionais e melhorar a representatividade dos resultados.



A emulação reproduziu fielmente o comportamento da atividade ao modelar os dados reais segundo uma distribuição normal, utilizando a média e o desvio-padrão observados no processo operacional. Dessa forma, cada iteração refletiu um cenário plausível de execução, o que garantiu que o valor final estimado não fosse apenas uma projeção subjetiva, mas sim um resultado estatisticamente fundamentado.

A simulação também permitiu isolar o impacto da automação proposta, possibilitando comparar o cenário atual, marcado por tempos médios elevados devido à digitação manual e à variabilidade operacional, com o cenário otimizado, no qual a intervenção humana é reduzida e o fluxo apresenta maior padronização. Essa abordagem evidenciou que, ao eliminar barreiras como erros de digitação, necessidade de retrabalho, baixa legibilidade das notas fiscais e deslocamentos internos dos motoristas, o processo tende a operar de forma mais estável e rápida, resultando no tempo médio estimado de 2,3 minutos. Ademais, o cálculo do Erro Padrão da Média, que apresentou valor extremamente baixo, comprovou a precisão das estimativas e reforçou a confiabilidade da simulação como instrumento de análise.

Diante disso, a emulação demonstrou ser essencial para compreender, prever e quantificar o comportamento do processo em um cenário aperfeiçoado, evidenciando que a adoção da solução automatizada é capaz de reduzir significativamente o tempo de processamento, aumentar a eficiência operacional e garantir maior previsibilidade no fluxo logístico. Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a simulação forneceu suporte metodológico sólido para validar estatisticamente a estimativa de tempo reduzido, assegurando que o valor de 2,3 minutos representa uma projeção realista e tecnicamente consistente do desempenho esperado após a implementação da solução proposta.

Conforme apresentado na Figura 27, a tabela consolidada de forma comparativa os principais ganhos obtidos com a proposta de automatização, evidenciando a evolução dos indicadores operacionais em relação ao processo atual. Nela, observa-se de maneira estruturada as melhorias associadas ao desempenho, precisão, padronização e eficiência do fluxo após a implementação do aplicativo. Por fim, reconhece-se que esses resultados refletem uma modelagem teórica e análises baseadas em simulação, não havendo aplicação prática devido a limitações de tempo e recursos. A amostra analisada, composta por seis dias, embora representativa, possui restrições estatísticas, e o protótipo construído no Figma permanece em nível conceitual, sem integração funcional. Dessa forma, a confirmação da viabilidade operacional e do desempenho real da solução dependerá de testes empíricos e de ajustes técnicos realizados em ambiente produtivo.

Quadro 2- Comparativo dos ganhos entre o processo atual e o processo automatizado.

ASPECTOS	SITUAÇÃO DO PROCESSO ATUAL (sem aplicativo) 	SITUAÇÃO APÓS A IMPLEMENTAÇÃO com aplicativo) 
Tempo de execução da atividade	Média de 10,9 minutos por nota fiscal, conforme simulação de Monte Carlo, devido à leitura e digitação manual dos dados.	O cenário automatizado apresentou ganhos estimados, destacando-se a redução de 78,9% no tempo médio de processamento, passando para apenas 2,3 minutos por nota.
Erros de digitação	Frequentes, decorrentes da entrada manual de informações.	Diminuição significativa dos erros, por meio do reconhecimento automático via tecnologia OCR, que lê e valida os dados das notas fiscais com maior precisão.
Retrabalho	Alto índice de retrabalho para correção de informações incorretas.	Eliminação quase total do retrabalho, com padronização dos dados e validação automática.
Uso de papel e anotações manuais	Dependência de registros físicos ou anotações em dispositivos pessoais, com risco de perda ou exclusão acidental.	Eliminação do uso de papel, com armazenamento digital seguro em banco de dados centralizado no PostgreSQL, garantindo integridade e fácil acesso às informações.
Agendamento de despacho no terminal portuário	Atrasos e perdas de agendamentos devido à demora na leitura e registro das notas.	Maior pontualidade e confiabilidade nos despachos, permitindo melhor controle logístico.
Atraso nas viagens	Ocorrência de atrasos decorrentes da lentidão na liberação das cargas.	Redução significativa de atrasos, com ganho de fluidez operacional.
Controle e rastreabilidade	Dificuldade para rastrear informações e monitorar históricos de notas.	Rastreabilidade total, com histórico armazenado e acessível para consultas e auditorias.
Gestão de indicadores	Ausência de métricas precisas sobre tempos, volumes e desempenho.	Geração automática de relatórios e indicadores de produtividade e acurácia.
Treinamento e capacitação	Processo manual exige maior tempo de adaptação de novos colaboradores.	Interface intuitiva do aplicativo reduz curva de aprendizado e erros operacionais.
Imagem organizacional	Impacto negativo na percepção de eficiência e profissionalismo.	Melhoria da imagem institucional, associada à inovação tecnológica e eficiência.

Fonte: Própria autora (2025)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado permitiu identificar que o processo manual de leitura e registro de notas fiscais da empresa analisada apresenta limitações estruturais que comprometem a eficiência operacional. A necessidade de digitação da chave de acesso de 43 caracteres, aliada ao recebimento de documentos em formato de imagem, gera atrasos significativos, formação de filas e dependência de deslocamento presencial para bipagem, fatores incompatíveis com o volume diário observado, que envolve aproximadamente 100 motoristas e 150 documentos.

A aplicação da Simulação de Monte Carlo (SMC) possibilitou expandir a análise a partir de uma amostra inicial de seis dias para um período equivalente a três meses de operação, totalizando 770.000 iterações. Os resultados demonstraram que o processo manual segue distribuição normal, apresentando média simulada de 10,9 minutos e desvio padrão de 3,2 minutos. O Erro Padrão da Média (0,003137 minutos) confirmou a alta confiabilidade estatística do modelo e reforçou a consistência dos resultados obtidos.

No cenário emulado do processo automatizado, com a utilização de tecnologias de Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR) e Automação Robótica de Processos (RPA), observou-se uma redução expressiva do tempo médio de processamento para 2,3 minutos por nota fiscal, o que representa um ganho de eficiência de 78,9%. Esta execução e simulação do software de RPA foi conduzida localmente em um ambiente de desenvolvimento isolado, permitindo a validação prática da proposta desse trabalho antes de sua futura implantação no ambiente operacional real.

A execução local deste protótipo não apenas validou o desempenho, mas também permitiu a análise detalhada da distribuição de probabilidade. A análise mostrou que 95% dos tempos simulados situam-se entre 1,5 e 7,3 minutos, indicando menor variabilidade e maior estabilidade operacional quando comparado ao processo atual.

Os impactos projetados incluem, ainda, economia aproximada de 19 horas de esforço diário de digitação, decorrente da redução no tempo total necessário para o

processamento das notas fiscais. Também se estima uma diminuição de cerca de 35% no tempo de espera dos motoristas, resultado da eliminação da necessidade de deslocamento à base para bipagem. Em termos de qualidade da informação, a redução da taxa de erros de digitação que tende a variar entre 1% e 5% no processo manual para menos de 0,5% no cenário automatizado reforça ganhos significativos em confiabilidade e conformidade fiscal.

A arquitetura proposta, composta por interface mobile/web, middleware de processamento e banco de dados PostgreSQL, mostrou-se tecnicamente aderente às necessidades da empresa e escalável para operações de maior porte. Todavia, ressalta-se que os resultados apresentados derivam de modelagem teórica e simulação computacional, uma vez que a solução ainda não foi implementada em ambiente real, devido às limitações de tempo e recursos. Dessa forma, recomenda-se que estudos futuros incluam testes empíricos, validação prática e análise comparativa de desempenho após a implementação piloto do sistema.

Conclui-se que a automatização do processo de leitura e registro de notas fiscais apresenta viabilidade técnica e elevado potencial de melhoria da eficiência operacional, redução da variabilidade do processo, mitigação de erros humanos e modernização tecnológica. A adoção das tecnologias propostas está alinhada aos princípios da Logística 4.0 e configura uma oportunidade estratégica para o aperfeiçoamento dos processos logísticos na região amazônica.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **CONVÊNIO ICMS S/Nº, DE 15 DE DEZEMBRO DE 1970**. Dispõe sobre a emissão de documentos fiscais e a escrituração de livros fiscais pelos contribuintes do ICMS. Disponível em: https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1970/CV001_70. Acesso em: 26 set. 2025.

BRASIL. **CONVÊNIO ICMS Nº 57, DE 28 DE JUNHO DE 1995**. Autoriza a emissão de documentos fiscais por processamento de dados. Disponível em: https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1995/CV057_95. Acesso em: 26 set. 2025.

CAETANO, Marco Antonio Leonel. **MÉTODO DE MONTE CARLO PARA SIMULAÇÕES NO EXCEL**. YOUTUBE, 2024. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ajsTUHZ8c4Y>. Acesso em: 20 nov. 2025.

CAMPOS, V. F. TQC: **Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 10. ed. Belo Horizonte: INDG, 2004.

CHRISTOPHER, M. **Logistics & Supply Chain Management**. 4. ed. Harlow: Prentice Hall, 2011.

DORF, R. C.; BISHOP, R. H. **Sistemas de Controle Modernos**. 13. ed. São Paulo: LTC, 2017.

ENTENDA O FIGMA: uma solução inovadora para projetos de design. ALURA. Disponível em: <https://www.alura.com.br/artigos/figma> Acesso em: 10 out. 2025.

FIGMA. WIKIPEDIA. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Figma>. Acesso em: 10 out. 2025.

FIGMA: o que é, por que usar e principais funcionalidades. PM3. Disponível em: <https://pm3.com.br/blog/figma/>. Acesso em: 10 out. 2025.

GONÇALVES, J. E. **Organização por processos**: um modelo para estruturar a organização com foco no cliente. São Paulo: Atlas, 2000.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengineering the Corporation**: A Manifesto for Business Revolution. New York: Harper Business, 1993.

HARRINGTON, H. J. **Business Process Improvement**: The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity, and Competitiveness. New York: McGraw-Hill, 1991.

INDUSTRY 4.0: BUILDING THE DIGITAL ENTERPRISE. GLOBAL INDUSTRY 4.0 SURVEY, 2016. PWC (PricewaterhouseCoopers). Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-buildin-g-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>. Acesso em: 12 set. 2025.

ISHIKAWA, K. **Introduction to Quality Control**. London: Chapman & Hall, 1993.

LOPES, M. **Figma: o que é e como usar, suas funcionalidades e vantagens**.

EBACON. Disponível em:

<https://ebaconline.com.br/blog/o-que-e-figma-e-como-usar?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 01 nov. 2025.

MATHWORKS. **MATLAB Documentation**. 2024. Disponível em:

<https://www.mathworks.com/help/matlab/>. Acesso em: 1 nov. 2025.

MCGILL, R.; TUKEY, J. W.; LARSEN, W. A. **Variations of box plots**. The American Statistician, Washington, D.C., v. 32, n. 1, p. 12-16, fev. 1978.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 15. ed. São Paulo: Hucitec, 2017.

MIGUEL, P. A. C. (org.). **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2ª. ed., Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MIRO (COLLABORATION PLATFORM). WIKIPEDIA. Disponível em:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Miro_\(collaboration_platform\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Miro_(collaboration_platform)). Acesso em: 1 nov. 2025.

NASCIMENTO, Isadora Dias. **Aplicação de mapeamento de processos para contribuição da gestão do conhecimento em uma empresa júnior**. 2018. 25 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Uberlândia, Ituiutaba, 2018.

NOTA FISCAL. WIKIPÉDIA. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Nota_fiscal. Acesso em: 26 set. 2025.

NOTA FISCAL ELETRÔNICA. WIKIPÉDIA. Disponível em:

https://pt.wikipedia.org/wiki/Nota_fiscal_eletr%C3%B4nica. Acesso em: 26 set. 2025.

NOTA FISCAL DE SERVIÇO ELETRÔNICA (NFS-E): padrão nacional para simplificar o cotidiano das empresas. Disponível em:

<<https://www.gov.br/receitafederal/pt-br/assuntos/noticias/2025/agosto/nota-fiscal-de-servico-eletronica-nfs-e-padrao-nacional-para-simplificar-o-cotidiano-das-empresas?utm=>>. Acesso em: 20 nov. 2025.

NOTA FISCAL ELETRÔNICA (NF-E): TUDO QUE VOCÊ PRECISA SABER. 2025.

TECNO SPEED. Disponível em:

<https://blog.tecnospeed.com.br/nota-fiscal-eletronica-nf-e-tudo-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 26 set. 2025.

O QUE É SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO - Minitab Engage - Support. MINITAB.

Disponível em:

<https://support.minitab.com/pt-br/engage/help-and-how-to/tools/monte-carlo-simulation/what-is-monte-carlo-simulation/> Acesso em: 01 nov. 2025.

O QUE É A SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO? – Explicação sobre a Simulação de

Monte Carlo – AWS. Disponível em:

<<https://aws.amazon.com/pt/what-is/monte-carlo-simulation/>>. Acesso em: 1 nov. 2025.

OLIVEIRA, J. J. M. de. **SPED e Sistemas de Informação**: Aspectos práticos e conceituais da escrituração digital. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2020.

PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade**: Teoria e Prática. São Paulo: Atlas, 2012.

PERGUNTAS FREQUENTES SOBRE A NOTA FISCAL ELETRÔNICA (NF-E).

Secretaria da Fazenda. Disponível em:

https://www.fazenda.sp.gov.br/nfe/perguntas_frequentes. Acesso em: 26 set. 2025.

PORTAL NACIONAL DA NOTA FISCAL ELETRÔNICA. Sobre a NF-e. Brasília: SEFAZ, 2025. Disponível em: <https://www.nfe.fazenda.gov.br/portal/sobreNFe.aspx>. Acesso em: 26 set. 2025.

REALTIMEBOARD, Inc. dba Miro System and Organization Controls Report (SOC 3). [s.l.: s.n.]. Disponível em: <https://miro.com/legal/documents/Miro-SOC3-2021.pdf>. Acesso em: 1 nov. 2025.

RECEITA FEDERAL DO BRASIL. Portal da Nota Fiscal Eletrônica. Disponível em: <http://www.nfe.fazenda.gov.br/portal/principal.aspx>. Acesso em: 12 set. 2025.

RUMMLER, G. A.; BRACHE, A. P. **Melhoria de desempenho**: como gerenciar a cadeia de valor. Makron Books, 1994.

TUKEY, J. W. **Exploratory Data Analysis**. Reading: Addison-Wesley, 1977.

SANTOS, F. A.; VAZ, J. C.; ANDRADE, R. M. Automação Robótica de Processos (RPA): Um Estudo de Caso sobre sua Aplicação em Processos de Negócio. **Anais do Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)**, 2019.

SAYED, S. **Hands-On Optical Character Recognition (OCR) with Python**. Birmingham: Packt Publishing, 2021.

SUFRAMA (Superintendência da Zona Franca de Manaus). Legislação e Incentivos Fiscais. Disponível em: <https://www.gov.br/suframa/pt-br>. Acesso em: 12 set. 2025.

SCHREIBER, D.; SCHAAB, R. **Gestão do conhecimento e competitividade organizacional**. 2016. **GEPROS**. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, SP, v. 11, n. 1, p. 145-157, jan./mar. 2016.

SILVA, R. L.; OLIVEIRA, M. L. Ferramentas da qualidade aplicadas na melhoria de processos organizacionais. **Revista de Administração e Inovação**, v. 14, n. 3, p. 211–222, 2017.

VAN DER AALST, W. M. P. **Process Mining**: Data Science in Action. 2. ed. Berlin: Springer, 2018.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 17. ed. São Paulo: Atlas, 2016.

VALLADARES NETO, J. et al. Boxplot: um recurso gráfico para a análise e interpretação de dados quantitativos. **ROBRAC** (Online), Bauru, v. 26, n. 76, p. 1-6, 2017.

REDDIT. Miro User Community Discussions. Disponível em: <https://www.reddit.com/r/miro/>. Acesso em: 1 nov. 2025.

OGATA, K. **Engenharia de Controle Moderno**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.

WHAT IS MIRO? Get To Know Our Visual Workspace For Innovation. MIRO. Disponível em: <https://miro.com/what-is-miro/>. Acesso em: 1 nov. 2025.