

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS PROGRAMA DE
PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO E SISTEMAS

**MECANISMO PARA AUXILIAR OPERADORES NA
COLETA/SEPARAÇÃO DE PEDIDO**

CLARICE GONÇALVES BARRETO

2023

MECANISMO PARA AUXILIAR OPERADORES NA COLETA/SEPARAÇÃO DE PEDIDO

CLARICE GONÇALVES BARRETO

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção e Sistemas da
Pontifícia Universidade Católica de
Goiás como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestre em
Engenharia de Produção e Sistemas.

Orientador: Prof. Marcos Lajovic
Carneiro, *Dr.*

GOIÂNIA, 2023

Catálogo na Fonte - Sistema de Bibliotecas da PUC Goiás
Márcia Rita Freire -
Bibliotecária - CRB1/1551

B273m Barreto, Clarice Goncalves
Mecanismo para auxiliar operadores na coleta/separação
de pedido / Clarice Gonçalves Barreto. -- 2023.
86 f.: il.

Texto em português, com resumo em inglês.
Dissertação (mestrado) -- Pontifícia Universidade
Católica de Goiás, Escola Politécnica, Goiânia, 2023.

Inclui referências: f. 65-71.

1. Logística. 2. Distribuição de mercadorias. 3. Armazéns
gerais. 4. Inovações tecnológicas. I. Carneiro, Marcos
Lajovic. II. Pontifícia Universidade Católica de Goiás
- Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
e Sistemas - 30/03/2023. III. Título.

CDU: Ed. 2007 -- 339.14(043)
658.513.3(043)

MECANISMO PARA AUXILIAR OPERADORES NA COLETA/SEPARAÇÃO DE PEDIDO.

Clarice Gonçalves Barreto

Esta Dissertação julgada adequadamente para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, e aprovada em forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de produção e Sistema da Pontifícia Universidade Católica de Goiás em março de 2023.

Documento assinado digitalmente
 **MARCOS LAJOVIC CARNEIRO**
Data: 12/04/2023 09:35:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcos Lajovic Carneiro,
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção e Sistemas

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **MARCOS LAJOVIC CARNEIRO**
Data: 12/04/2023 09:36:11-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcos Lajovic Carneiro
Orientador



Prof. Dr. Clóves Gonçalves Rodrigues
Examinador Interno

4
SERGIO GRANATO DE ARAUJO:8679569470
Assinado de forma digital por
SERGIO GRANATO DE
ARAUJO:86795694704
Dados: 2023.04.12 19:35:54 -03'00'

Prof. Sérgio Granato de Araújo
Examinador Externo

GOIÂNIA, março de 2023

Dedico esta pesquisa a todos os meus
amigos e familiares que me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de bolsa CAPES pela oportunidade de realizar essa pesquisa.

Aos meus pais e minhas irmãs que deram todo apoio para não desistir e continuar na realização desse sonho.

As alunas e colegas de mestrado Myllenna Rodrigues de Abreu e Thamine Gomes Rodrigues.

Aos meus amigos Lucas Melo, Carlos Junior Silva e Vanderlei Alves por me ajudarem com o desenvolvimento do mecanismo.

Ao professor Marcos Lajovic Carneiro, pela orientação e paciência.

A Empresa de componentes eletrônicos D&D que cedeu seu centro de distribuição para que essa pesquisa fosse realizada.

Aos demais, que direta ou indiretamente contribuíram para que essa pesquisa fosse realizada.

“Fale, e eu esquecerei; ensine-me, e eu poderei lembrar; envolva-me, e eu aprenderei”

(Franklin, Benjamim)

RESUMO

Com o aumento do comércio eletrônico, a demanda dentro dos centros de distribuição tem mudado, eles têm recebido grande quantidade de pedidos contendo poucos itens por pedido. Esses pedidos normalmente chegam nos armazéns com prazos curtos e mesmo assim, é preciso ser coletado e separado em pouco tempo. Essas demandas têm gerado exaustão nos operadores, porém a necessidade de flexibilidade dificulta o uso de automação no processo. Tecnologias têm sido estudadas para atender a essa demanda, mas algumas apresentam custos elevados. Dentre as tecnologias propostas para resolver o problema existem as que não substituem o homem, mas o auxiliam. Três dessas tecnologias são RFID, Código de barras e *pick-by-light*. Cada uma delas auxilia em determinada etapa da atividade. Com isso, essa pesquisa tem como objetivo desenvolver um artefato que unifica essas três tecnologias, para que possa gerar melhor desempenho em todas as etapas da atividade a um baixo custo. O mecanismo foi desenvolvido usando o método de desenvolvimento de produto usado por ROSENFELD et al (2006). Ele foi testado em um armazém real e comparado com a coleta manual. O resultado mostrou que o artefato permite a redução do tempo em quase todas as etapas da atividade. Houve uma redução de 48% no tempo médio das viagens. Foi concluído que o artefato atinge os objetivos propostos e que pode ser trabalhado para atender outras demandas do armazém.

Palavras-chave: Coleta e separação de pedidos; Armazém; logística; tecnologia 4.0.

ABSTRACT

With the rise of e-commerce, the distribution center's demand has shifted; they have received many orders with few items per order. These orders typically arrive at warehouses with short deadlines, and even then, they must be collected and sorted quickly. These demands have exhausted the operators, but the need for flexibility makes automation in the process difficult. Technologies to meet this demand have been researched, but some are prohibitively expensive. There are technologies proposed to solve the problem that do not replace man, but rather assist him. RFID, barcodes, and pick-by-light are three of these technologies. Each of them contributes to the activity at a different stage. This research aims to create an artifact that combines these three technologies, resulting in improved performance at all stages of the activity at a low cost. It is expected that this will reduce the activity's time by more than 20% while avoiding collection errors. ROSENFELD et al product.'s development method was used to create the mechanism (2006). It was tested and compared to manual picking in a real warehouse. The findings revealed that the artifact allows for time savings in almost all stages of the activity. The only activity that did not show a decrease was the operation. The average travel time was reduced by 48%, according to what I heard. It was determined that the artifact meets the proposed objectives and that it can be improved to meet other warehouse demands, as well as provide data that, when processed.

Keywords: Order Picking; Warehouse; Logistics; Technology 4.0.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	PROBLEMÁTICA.....	11
1.2	JUSTIFICATIVA.....	14
1.3	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	16
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	18
2.1	COLETA E SEPARAÇÃO DE PEDIDOS.....	18
2.2	TECNOLOGIAS PARA A COLETA DE PEDIDO.....	20
2.2.1	Pick -by – light.....	22
2.2.2	RFID.....	23
2.2.3	Código de barras.....	24
3	METODOLOGIA.....	26
3.1	PLANEJAMENTO DO PROJETO.....	27
3.1.1	Projeto informacional.....	27
3.1.2	Projeto conceitual.....	28
3.1.3	Projeto detalhado.....	29
3.2	OBJETO DE ESTUDO.....	30
3.3	MÉTODO DE AVALIAÇÃO DO MECANISMO.....	33
4	DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO.....	35
4.1	DESCRIÇÃO DO PLANEJAMENTO DO PRODUTO.....	35
4.2	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO INFORMACIONAL.....	36
4.3	CONSTRUÇÃO DO PROJETO CONCEITUAL.....	39
4.4	DETALHAMENTO DO PROJETO.....	44
4.5	COLETA DE DADOS.....	50

5	RESULTADOS.....	51
5.1	MECANISMO.....	51
5.2	DADOS COLETA MANUAL.....	54
5.3	DADOS COLETA COM MECANISMO.....	57
5.4	COMPARAÇÃO DOS DADOS.....	59
6	CONCLUSÃO.....	63
	BIBLIOGRAFIA.....	65
	ANEXO I.....	72
	ANEXO II.....	73
	ANEXO III.....	81

1. Introdução

É perceptível que o modo como as pessoas fazem compras tem mudado. Parte dessa mudança acontece devido a introdução da internet e das tecnologias que têm surgido. Pode-se perceber que os consumidores têm migrado para plataformas *online* para realizar suas compras. Em seu estudo COPPALA (2022) afirma que em 2021 a venda eletrônica apresentou quase 19% do varejo em todo mundo e que a previsão para 2026 é que chegue a um quarto de todas as vendas. Já CHEVALIER (2022) apresenta em valores o crescimento das vendas de comércio eletrônico. Revelando que em 2021 em todo o mundo as compras no varejo eletrônico totalizaram aproximadamente 5,2 trilhões de dólares. A previsão é que até 2026 esse valor pode chegar a 8,1 trilhões de dólares, como pode ser observado na figura 1.1. Com toda essa mudança, as demandas das atividades dentro dos armazéns têm crescido. Sendo a coleta e separação de pedidos a atividade responsável por desempenhar um papel fundamental dentro da logística, o que determina o sucesso das empresas (DE KOSTER et al, 2007).

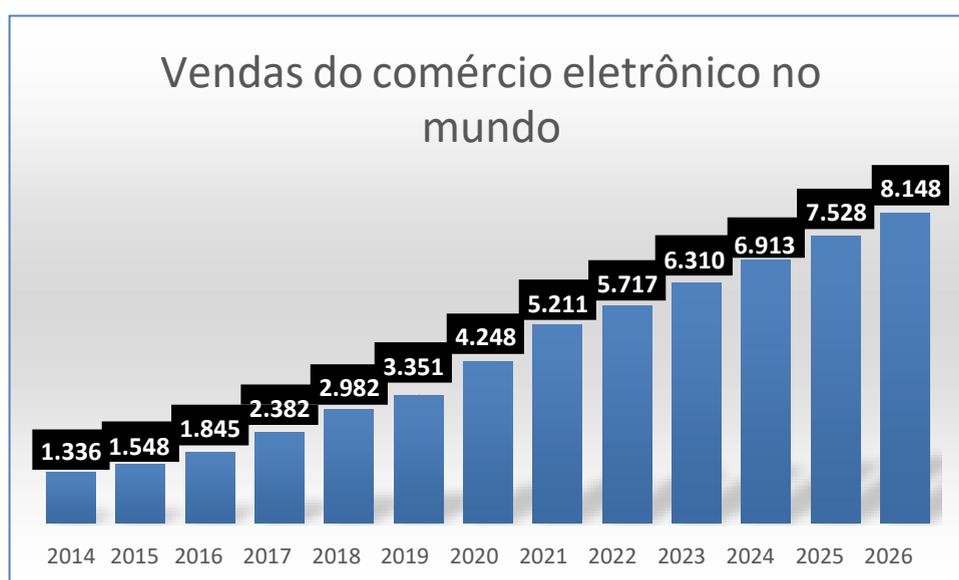


Figura 1.1 – Gráfico vendas do comércio eletrônico no varejo do mundo por ano –
Fonte: adaptado de Chevalier (2022).

Esse crescimento das vendas *online* teve um aumento significativo com o surgimento da pandemia da Covid-19 e a necessidade dos *lockdowns*. Isso fez com que as empresas dessem maior atenção para a área de logística dos armazéns e centros de distribuição. Empresas como Walmart e Amazon têm se envolvido em estratégias inovadoras para reestruturar a forma de distribuição. E empresas como Darkstory têm trabalhado para facilitar essa distribuição usando espaços urbanos (AYESE, et al, 2021). No Brasil, a empresa Varejista Magazine Luiza, em 2020, investiu 140 milhões de reais em operações logísticas e de distribuição, ficando atrás apenas no investimento da empresa em tecnologia. A mesma empresa registrou um aumento de 31 centros de distribuição em todo o país, isso porque sua demanda cresceu de 25 milhões de itens entregues em 2019 para 45 milhões em 2020 (MAGAZINE LUIZA, 2020).

Quando é falado sobre logística de distribuição, a tendência das empresas é aceitar pedidos com prazos curtos, precisando então gerar entregas rápidas e oportunas em um tempo pequeno (DE KOSTER et al, 2007). Após os *lockdowns*, a quantidade de pedidos aumentou e essa rapidez tem sido mais cobrada. No armazém, a área que destaca é a coleta e separação de pedidos. Para DE KOSTER et al (2007) essa é a principal atividade e impacta diretamente no desempenho do armazém de uma empresa. Sendo responsável por retirar do armazenamento os itens específicos dos pedidos, separá-los e arrumá-los para o despacho. Isso faz com que seja importante encontrar soluções para atender essa demanda de forma eficiente.

1.1 Problemática

Estudos propõem soluções para a coleta e separação de pedidos. Segundo BOYSER et al (2019), os chamados armazéns tradicionais não proporcionam o suporte necessário para atender a demanda, principalmente aquelas vindas das plataformas *online*. As mudanças na demanda estão relacionadas a uma quantidade maior de pedidos contendo poucos itens neles (CUSTÓDIO & MACHADO, 2019; VAN GEEST et al, 2021). Esses pedidos normalmente chegam nos armazéns com prazos curtos. Para isso é necessário ser coletados e separados em curto tempo. Para que essa operação seja realizada é preciso ter um processo eficiente e flexível (CHEN et al, 2015).

Analisando a literatura, é identificável o aumento de estudos apresentando mecanismos tecnológicos a fim de gerar melhor eficiência na atividade. Mesmo com tantos anos de desenvolvimento, CHEN et al (2015) indicam que aproximadamente 80% das atividades de coleta e separação de pedidos possuem operações manuais. Tal atividade é responsável por aproximadamente 50% do custo total da operação. A falta de flexibilidade foi um dos fatores encontrados na pesquisa de MARCHET et al (2015), que buscou junto aos tomadores de decisões os motivos pelos quais não era utilizada a automação em seus armazéns. A flexibilidade desejada na atividade pode ser obtida através da colaboração de seres humanos. WINKELHAUS et al (2021) observaram que a colaboração de seres humanos na atividade de coleta de pedidos é imprescindível. Porém, com o aumento das vendas online consequentemente a demanda da atividade no armazém tem crescido, o que gera a exaustão dos operadores. Gerando assim maiores gastos para os armazéns (BOYSER et al 2019, BATTINE et al 2015b). Com o avanço tecnológico e os pontos observados, alguns pesquisadores como REIF et al (2009) e ANDRIOLO et al (2016) se dedicaram em desenvolver mecanismos que fossem capazes de auxiliar operadores em sua atividade.

Alguns desses autores denominam esse tipo de mecanismo como coleta sem papel. O objetivo é colocar tecnologia na atividade mantendo os seres humanos. Essa interação entre o ser humano e a tecnologia abrange o conceito da indústria 5.0. Nela são utilizados seres humanos com suas características únicas, como a criatividade e a flexibilidade, juntamente com a agilidade e precisão de máquinas Maestri (2021). Os mecanismos apresentados por eles são capazes de proporcionar maior eficiência na atividade e aliviar fatores mentais e físicos dos operadores (KUDELSKA E NIEDRAL, 2020).

Dentre as tecnologias pesquisadas, 3 delas apresentaram bons desempenhos em algumas etapas da atividade. Essas tecnologias são:

- *pick-by-light* – utilizado para identificar por um sinal luminoso o nicho em que o produto se encontra.
- RFID – usado para direcionar o operador no trajeto dentro do armazém
- Código de barra – Usado para identificação de produtos.

Essas tecnologias são capazes de reduzir o que SHINGO (1996) descreve como atividades auxiliares do processo. Além de serem consideradas tecnologias de fácil acesso. Mas nenhuma delas atua na redução de todas as etapas da atividade. Essa observação levou à seguinte pergunta:

- Ao unificar as tecnologias de *pick-by-light*, RFID e código de barras em um único artefato todas as etapas da atividade terão melhor desempenho?

O desempenho apresentado na pergunta de pesquisa diz respeito à redução de tempo sem que haja aumento de erros cometidos na coleta. E que esse mecanismo não apresente um elevado aumento de custo. Dessa forma outra pergunta foi gerada.

- Quanto por cento de melhoria no tempo cada etapa poderia apresentar se comparado à coleta manual?

1.2 Justificativa

Nos últimos anos, a maioria das empresas tem buscado soluções para a eliminação de perdas no processo produtivo e a redução de custos (BORGES et al 2003). Para os profissionais de armazenagem, normalmente é buscado esse tipo de redução na atividade de coleta e separação de pedidos. Isso acontece devido ao fato de ser essa a atividade que demanda mais tempo e gera custos sem agregar valor (DE KOSTER et al, 2007). GROSSER et al (2013) sugerem que a identificação de melhoria considerável no desempenho do operador dentro da atividade seja através da redução de erros. Esses erros podem gerar aumento do tempo de entrega, e resultar em retornos do cliente devido às entregas erradas, gerando maior custo para a operação. GROSSER et al. (2013) identificaram que as características humanas dos catadores são importantes para investigar os fatores relacionados à produtividade na atividade. Levando em consideração os argumentos apresentados pelos autores, identifica-se que para obter melhora no desempenho dentro dessa atividade é preciso atuar nesses dois fatores. Levando em consideração a importância na redução do tempo, mas desde que essa redução venha acompanhada com a redução de erros. GROSSER et al (2013) dividiu a atividade em quatro etapas, sendo elas:

- Configuração: Momento em que o operador faz a separação ou recebe as listas das ordens que ele coletará.
- Viagem: Definida como o momento que o operador está transitando dentro do armazém a fim de chegar no endereço que o produto da lista se encontra.

- Pesquisa: Termo usado quando o operador está em frente à prateleira e a observa, com o propósito de encontrar o ponto exato de onde o item se encontra.
- Escolha: Atividade em que o operador coleta o item da estante ou nicho e separa, colocando de lado para ser recolhido posteriormente ou armazenado em um compartimento móvel.

Essa divisão permite melhorar a análise de cada ponto da atividade, e assim poder identificar os aspectos a serem eliminados ou alterados. Essa forma de estruturação pode ser vista no estudo do tempo e movimento apresentado por BARNE (1977). GROSER et al (2013) ressalta a importância da presença de seres humanos na atividade. Isso porque os seres humanos proporcionam para a atividade maior flexibilidade e capacidade para reagir às mudanças que ocorrem em tempo real, exigindo habilidades motoras e cognitivas. Porém, como apresentado na pesquisa de DARIA et al (2015), a demanda crescente de atividade tem causado exaustão aos operadores. Essa exaustão pode gerar maiores perdas aos centros de distribuição. Isso nos traz ao conceito da quinta revolução industrial. Segundo Akundi et al (2022) a proposta dessa nova revolução industrial é a colaboração entre seres humanos e máquinas. A ideia é priorizar o bem-estar dos trabalhadores mantendo a demanda. Isso faz com que as indústrias tenham as competências humanas como a flexibilidade e a agilidade das máquinas. Desta forma, essa pesquisa propõe o desenvolvimento de um mecanismo baseado em tecnologias sem papel. Tais tecnologias retiram o uso de pranchetas e através de sistemas e mecanismos, auxiliam o operador. Dentre elas se encontraram: o *pick by light*, RFID e código de barras. Elas possibilitam a redução de tempo e redução de erro em determinados pontos da

atividade, sem eliminar a atuação humana. Com a unificação dessas tecnologias tem-se os seguintes benefícios:

- O uso de um sistema para a coleta de pedidos pode reduzir consideravelmente o processo de configuração. Isso porque o próprio sistema já apresenta para o operador quais os pedidos a serem coletados.
- O RFID pode agilizar o percurso do operador entre as ruas do armazém, já que é capaz de identificar a localização e se em determinada rua apresenta itens a serem coletados. A redução nesse caso é do tempo da viagem e da pesquisa, pois o operador não precisará passar por ruas que não requerem coletas.
- O *Pick-by-light* apesar de requerer esforço maior para instalação, permite a agilidade na coleta dos itens dentro de uma rua. Essa agilidade acontece, pois o operador não terá o trabalho de buscar dentre os nichos da rua, qual o que encontra a mercadoria solicitada. Com a iluminação, o operador pode ir direto na localização exata da mercadoria.
- O código de barras presente na maioria das mercadorias permite a verificação do item coletado e assim facilita na identificação rápida de erros.

Ao analisar essa estrutura foi gerada a seguinte hipótese: O mecanismo é capaz de reduzir no mínimo 20% o tempo em toda a atividade, sendo a etapa de pesquisa ou inspeção a que apresentará o maior percentual de redução.

1.3 Objetivos da pesquisa

Para responder às perguntas de pesquisa e a hipótese seja refutada ou reforçada, foi identificado um objetivo geral do trabalho. Esse objetivo é construir um mecanismo

capaz de auxiliar o operador na atividade de coleta e separação de pedidos em um sistema de *picker-to-part*. Para que ele seja alcançado, foram divididos objetivos específicos sendo eles:

- Projetar e estruturar a construção do mecanismo que reúna as três tecnologias: *Pick-by-light, RFID e código de barras*;
- Reduzir o tempo e coleta ao máximo possível sem eliminar o ser humano da atividade;
- Melhorar a qualidade de vida do operador do armazém auxiliando no trabalho de busca;

1.4 Estrutura do trabalho

A pesquisa está estruturada da seguinte forma: no primeiro tópico tem a introdução contendo as lacunas de pesquisa. No segundo tópico é apresentada a revisão da literatura, apontando o fundamento da atividade estudada juntamente com suas variações. É mostrado também como a literatura apresenta as tecnologias encontradas nessa pesquisa e o conceito do método do estudo do tempo e movimento utilizado para análise de desempenho estudado nesse trabalho. A metodologia utilizada para a pesquisa encontra-se no capítulo 3. No capítulo 4 descreve o desenvolvimento do mecanismo, no capítulo 5 tem os resultados da pesquisa e no capítulo 6 a conclusão e pesquisas futuras.

2.Revisão da literatura

Para que o objetivo dessa pesquisa fosse alcançado, foi preciso identificar quais as etapas encontradas na atividade em estudo, bem como identificar suas possíveis variantes, apresentados no tópico 2.1. No tópico 2.2 são apresentadas as tecnologias de auxílio ao operador na coleta e separação de pedido. Nesse tópico são descritas as três tecnologias usadas na construção do artefato.

2.1 Coleta e separação de pedidos

O armazém faz parte da logística dentro de uma empresa. Normalmente é usado para tratamentos de *buffering* ou armazenar produtos. Podendo variar a terminologia usada, conforme a atividade principal. Para essa pesquisa será usado o termo Armazém. Dentro deles, a principal atividade é a coleta de pedidos. Isso porque essa é a operação mais intensa, sendo a atividade que mais requer recursos e tempo (GROSSER et al 2013; CHEN et al 2015). Para DE KOSTER et al (2007), A coleta de pedidos envolve o agendamento dos pedidos, a liberação de pedidos para operação, a escolha dos artigos na localização armazenada e a coleta dos itens escolhidos. Já para GROSSER et al (2013) o processo consiste em 4 etapas principais, já apresentadas no tópico 1.2 deste trabalho.

Os pedidos podem vir diretamente dos clientes, como no caso de comércio eletrônico, ou podem vir das lojas vinculadas ao armazém. Esses pedidos possuem várias especificações. Em cada uma delas encontra-se a especificação do artigo, denominada como SKU (Stock Keeping Unit), Juntamente com a quantidade desse item que foi solicitado. O conjunto dessas informações pode conter pedidos de um único cliente (*pick-by-order*) ou elas podem ter uma combinação de itens de vários clientes (*pick –*

by-batch). (CHEN et al 2015). Devido à diversidade no armazenamento e na coleta, a literatura apresenta diferenças de sistemas na coleta e separação dos pedidos. JAGHBEER et al (2020) mostram a classificação dos tipos dessas operações. Uma classificação parecida também é observada no artigo de DE KOSTER et al (2007). As junções das duas classificações podem ser observadas na figura 2.1. Nela as classes são divididas entre o uso de mecanismos que visam a troca de seres humanos por máquinas e a coleta realizada por seres humanos. Nos quadrados tracejados são apresentados os tipos de mecanismos e tecnologias que são usadas para cada uma das categorias.

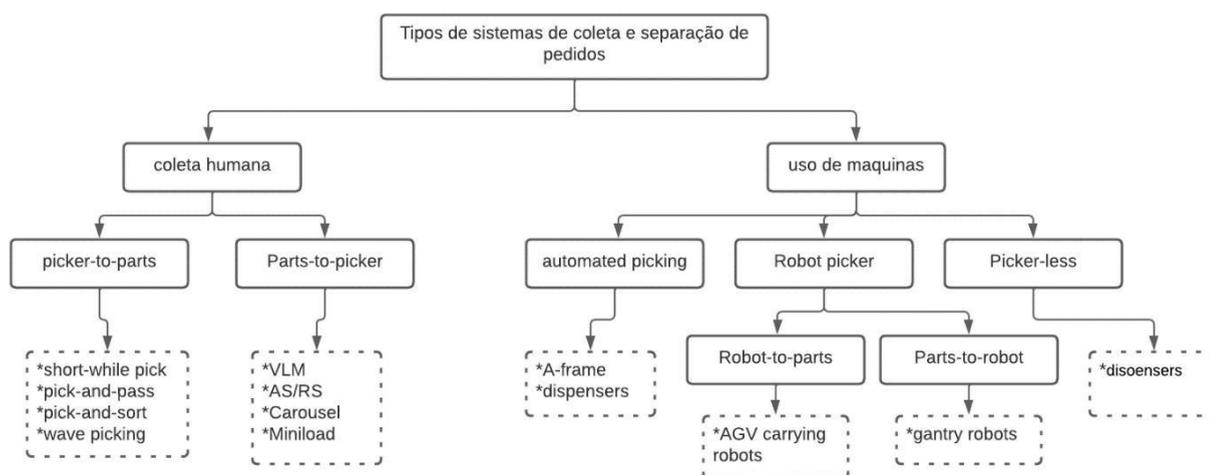


Figura 2.1 - Classificação das configurações de coleta e separação de pedidos
Fonte: adaptado de JAGHBEER et al (2020) e DE KOSTER et al (2007).

A escolha do sistema de *picking* a ser adotado precisa levar em consideração vários fatores como o *layout* do centro de distribuição, o tipo de SKU, o fluxo de entrada e saída de mercadoria, entre outros. O sistema escolhido para estudo é da categoria *Picker-to-part* onde o operador caminha pelo corredor do centro de distribuição a fim de coletar os itens encontrados na lista. Na literatura, a realização da coleta pelo operador possui variações, que são configuradas da seguinte forma:

- Separa enquanto coleta (*Sort-while-pick*): Nessa categoria o operador sai com uma lista de pedidos e enquanto ele coleta os itens no armazém, já faz a separação conforme a solicitação do cliente (DE KOSTER et al, 2007). Essa é a configuração abordada neste trabalho;
- Coleta depois separa (*Pick-and-sort*): Nele existe uma divisão das atividades, pois o operador faz a coleta dos itens dentro do centro de distribuição de vários clientes juntos. Ao término da viagem a separação de itens é feita (DE KOSTER et al, 2007);
- *Coleta e passa (Pick-and-pass)*: Consiste em uma divisão dentro do centro de distribuição, e vários operadores ficam responsáveis por uma dessas áreas, ao receber a lista de itens a serem coletados de sua área eles fazem a coleta do item e, em seguida, enviam (normalmente através de esteiras) para outra área que será responsável em fazer a separação de outros itens (DE KOSTER et al, 2007);
- Coleta por onda (*Wave picking*): Assim como o *pick-and-pass*, essa configuração também tem o armazém dividido em zonas, e cada operador fica em sua área específica. A diferença é que nesse caso a coleta é realizada em lotes, onde é determinada uma lista de itens a serem coletados e o tempo para que isso aconteça. Cada operador dentro da sua área realiza a escolha dos itens e espera pelo próximo lote de pedidos (DE KOSTER et al, 2007).

2.2 Tecnologias para a coleta de pedido

BARRETO e MACHADO (2022) apresenta em seu artigo um levantamento bibliográfico contendo as tecnologias estudadas para a atividade de coleta e separação de pedidos. Os autores categorizam como Tecnologia para Auxílio à coleta manual

de pedido. Elas têm como objetivo indicar ou conduzir o operador na execução da atividade. Essa configuração, que inclui tecnologia e operador, possibilita a manutenção da atividade humana com flexibilidade, permitindo que os operadores atuem de forma ágil e com melhor desempenho, sem sobrecarregá-los.

Os autores na categoria de auxílio a coleta manual apresentam 8 tipos de tecnologias. Sendo elas descritas no quadro 1 contendo o nome da tecnologia e os artigos em que se encontram:

Quadro 2.1 – Artigos que abordam tecnologias de auxílio a coleta e separação de pedidos

Tecnologia	Artigos
<i>Pick-by-light</i>	DE VRIES et al (2016) BATTINI et al (2015) GUO et al (2015) KIM & HONG (2020) BOYSEN et al (2020) GJSEK et al (2020) FÜCHTENHANS et al (2021)
RFID	POON et al (2009) CAO et al (2018) CHOY et al (2017) BATTINI et al (2015) FONTIN & LIN (2020) DE VRIES et al (2016)
<i>Pick-by-voice</i>	BATTINI et al (2015) FONTIN & LIN (2020) DE VRIES et al (2016) GAJSEK et al (2020)
Leitor de código de barras	BATTINI et al (2015) FONTIN & SHI-LIN (2020)
<i>Pick-by-vision</i> /realidade aumentada/ mista	HANSON et al (2017) SCHWERDTFEGGER et al (2011) FANG & ZEWU (2020) REIF et al (2010) GUO et al (2015) REIF et al (2009) LATIF & SHIN (2020) GIALOS & ZEIMPEKIS (2020).
<i>Pick-by-light</i> com RFID	BATTINI et al (2015) ANDRIOLO et al (2016)

Fonte: adaptado de Barreto e Machado (2022).

Dentre essas tecnologias, apenas a *pick-by-light*, RFID, e código de barras têm enfoque nesse trabalho. O mecanismo proposto trabalha com a junção dessas tecnologias, considerando que a unificação proporciona que o mecanismo englobe soluções para todas as etapas das atividades. Outro fator determinante para a escolha delas é a acessibilidade dos componentes para desenvolvê-las. Suas características estão mais detalhadas nos tópicos subsequentes.

2.2.1 *Pick -by – light*

Pick-by-light pode ser desenvolvido com variações, mas seu principal objetivo é indicar ao operador, através de sistema luminoso, o endereço da mercadoria a ser coletado. Ao acionar a tecnologia, os mecanismos luminosos são acionados mostrando assim o endereçamento da mercadoria a ser coletada. Esse mecanismo é desligado a partir do momento que o operador indica o término da coleta. Somente quando todos os mecanismos luminosos são desligados é indicado que a coleta foi finalizada. Dentre as variações encontradas na literatura existe a utilização de *display* que permite a apresentação da quantidade de itens a serem coletados no endereço indicado. O uso de botão que permite ao operador a indicação que a coleta do item foi finalizada (DE VRIES ET AL, 2016). Para KIM E HONG (2020) essa tecnologia é interessante em uma configuração de coleta por zoneamento, equilibrando a ociosidade existente em algumas zonas. Já para BATTINI et al (2015a) o uso de lista, podendo ser portátil ou de papel, é indispensável quando existe mais de um operador a atividade é separada por zoneamento. Na pesquisa realizada por BOYSEN et al (2020) foi identificado que a coleta com essa tecnologia é mais apropriada em coleta

multinível e prateleiras simples. A pesquisa contou com análise computacional usando quatro configurações de *layouts*.

Ao analisar a estrutura da tecnologia *Pick-by-light*, é perceptível que ela é capaz de atender as demandas de centros de distribuições dinâmicas. Isso porque em centros de distribuição dinâmicas, as mercadorias têm seu endereço constantemente alterados. Apesar dos armazéns dinâmicos apresentarem o melhor desempenho na otimização de armazenagem, eles interferem negativamente na curva de aprendizado do operador. Com o uso de mecanismo luminoso, esse problema é sanado. Isso acontece, pois, o operador não perderá tempo na busca do novo endereço. Grosser et al (2013) fala sobre o gráfico de aprendizagem do operador e afirma que em casos de mudança de endereço dos itens, gera redução na produtividade do operador e aumento do índice de erros cometidos.

2.2.2 RFID

Essa é uma tecnologia que utiliza a frequência de rádio. Sendo utilizada para detecção e informação de objetos ou posições em ambientes fechados (POON ET AL, 2009). Para seu funcionamento, dois aparatos são necessários, leitor e *tags*. Cada *tag* possui um identificador único que pode ser detectado por um leitor. Mas para isso é preciso saber em qual frequência se encontram, podendo ser três: LF 135 kHz; HF 13,56 MHz e UHF entre 850 e 960 MHz. Cada uma dessas frequências encontra algumas limitações. A LF tem um alcance de leitura pequeno. A HF, apesar de conseguir ler mais de um led por vez, sofre restrições com materiais metálicos e as UHF tem frequência de dados muito altas e longas distâncias de leitura, porém é limitada em relação a diversos materiais (BATTINI ET AL. 2015a). No Brasil quem faz a regulamentação dos espectros é a ANATEL Conforme prevê a Lei nº 9.472/1997. As

faixas de frequências apresentadas não requerem licenciamento do órgão regulador. As *tags* podem ser colocadas em pontos estratégicos do armazém com o objetivo de gerar um controle de rota. Essa finalidade pode reduzir a viagem do operador uma vez que o leitor ao identificar a *tag*, identifica as ruas que requerem coletas. Outra forma de usar é através da etiquetagem dos produtos. Apesar dos custos delas serem baixos, esse tipo de configuração pode ser inviável, dependendo da quantidade e preço dos SKUs. Além disso, seu uso em produtos requer que outra atividade seja adicionada na reposição de itens, a atividade de etiquetagem das *tags* em cada produto novo.

WOO et al. (2009) e STEVENS et al (2010) utilizam da tecnologia para o desenvolvimento de seus dispositivos. Os primeiros utilizam de *tags* em estantes, e ao ser lida o operador recebe em um dispositivo a informação exata da localização da mercadoria na prateleira. STEVENS et al (2010) utilizam do RFID juntamente com o *Pick-by-light* para ajuste de *layout* em armazém. Quando a *tag* presente no compartimento da mercadoria é identificada, um mecanismo luminoso é acionado com o propósito de indicar o compartimento em que a mercadoria deve ser realocada.

2.2.3 Código de barras

O código de barras é usado para identificação. Ele pode ser combinado com outras tecnologias ou mecanismos, como por exemplo, as telas portáteis. (BATTINI ET AL., 2015a). Ele também pode ser encontrado em dois formatos diferentes, 1d ou 2d (Gialos & Zeimpekis, 2020). BATTINI et al. (2015a) fizeram a comparação com outros quatro tipos de escolha de pedido sem papel e constataram que o leitor de código de barras, assim como o RFID, tem melhor desempenho em armazéns de

pouca complexidade, com um número de SKUs reduzido.

Na identificação de objetos, a diferença entre o código de barras e o RFID está principalmente ligado ao preço das tecnologias. Uma vez que o código de barras pode ser obtido através de impressoras comuns, enquanto o RFID utiliza antenas em suas *tags*.

O código de barras pode ser configurado para atuar junto com outras tecnologias.

CHEN et al. (2019) e WILLIAMS et al. (2016), trazem mecanismos utilizando dessa configuração. O primeiro consiste em um dispositivo de código de barras que emitem informações sobre o conteúdo da carga e um indicador de luz é acionado para determinar o melhor lugar de armazenagem da mercadoria, esse dispositivo tem como objetivo facilitar o despacho de cargas. Já a segunda, gera códigos de barras relacionados para melhor identificação do layout do armazém. Podendo ser usados leds para identificação de nichos conforme a leitura apresentada no código de barras das prateleiras.

3. Metodologia de Pesquisa

A metodologia usada para essa pesquisa foi retirada da obra de ROSENFELD et al (2006) como referência principal para o desenvolvimento do produto. Os autores separam o desenvolvimento em 3 macro fases, sendo elas: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. Tendo em foque nessa pesquisa apenas algumas subcategorias da macro fase desenvolvimento que se aplicam à construção do mecanismo. As etapas retiradas não se aplicam pois atuam em catálogos empresariais e equipes de P&D de instituições, as etapas voltadas para a aplicação do produto no mercado não é foco da pesquisa, ficando então as etapas de elaboração e desenvolvimento do produto. Após a construção do mecanismo, ele é instalado em um armazém real. A instalação tem como objetivo testar o seu funcionamento e desempenho. Sendo o último analisado conforme as etapas dentro da atividade. Seu desempenho é comparado com o desempenho da coleta manual. Respondendo assim à questão de pesquisa.

ROSENFELD et al (2006) dividem a macro fase de desenvolvimento em 6 subdivisões conforme figura 3.1. Dessas 6 divisões apenas as 4 primeiras são tratadas na pesquisa.

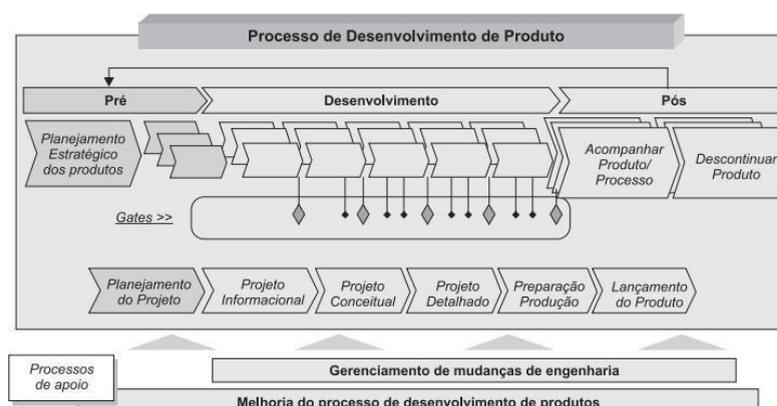


Figura 3.1 – Etapas do desenvolvimento de produto
Fonte: ROSENFELD et al (2006).

3.1 Planejamento do projeto.

No planejamento do projeto são determinados o escopo e os seguintes pontos: a justificativa do projeto, descrição básica do produto, objetivo do projeto e suas restrições. Para a escrita dessa fase do projeto foram consideradas as informações obtidas na revisão bibliográfica e a análise feita no armazém.

3.1.1 Projeto informacional

A determinação da especificação meta é apresentada nessa etapa do projeto. Ela permite que a equipe de desenvolvimento tenha em mente quais partes do projeto requerem maior foco e identificar os pontos que não podem ser mudados no decorrer do desenvolvimento. Para determinar as especificações metas é levado em consideração o problema que deseja resolver, os requisitos do cliente e os requisitos do projeto apresentado no escopo. As etapas para a obtenção da especificação meta pode ser observada na figura 3.2.

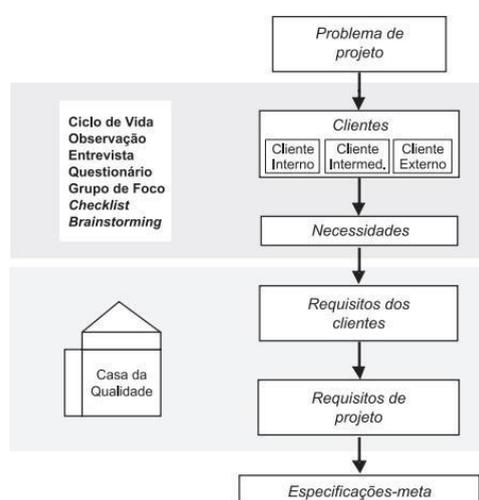


Figura 3.2 – Etapas para a criação das especificações meta
Fonte: ROSEVELT et al (2006).

O problema de projeto é apresentado na justificativa de pesquisa, presente no tópico 1.2 deste trabalho. Dentre as perspectivas de clientes, o armazém da empresa D&D localizada em Goiânia foi escolhido. Através de observação do processo e entrevista com o operador, foram obtidas informações do processo e seu detalhamento são apresentadas no tópico subsequente. Com as informações obtidas são identificados os requisitos dos clientes e os requisitos do projeto. Ambos são usados para o desenvolvimento da Matriz da Casa da Qualidade do QFD (*Quality Function Deployment*), gerando assim as especificações-metas do projeto, apresentado na seção 4.

3.1.2 Projeto conceitual

Dentro do projeto conceitual é obtida a concepção do produto. Nele é entregue a integração dos princípios de solução do produto, a arquitetura do produto, *layout* e estilo do produto, macroprocesso de fabricação e lista inicial dos SSC (sistemas, subsistemas e componentes) principais. Foi desenvolvida a estrutura da função com o objetivo de descrever o fluxo básico da atividade contendo uso de energia, matérias e sinais. Através de fluxograma é descrito como a atividade será realizada utilizando o mecanismo. O sistema é mostrado no formato de figura. Essas três estruturas foram feitas usando o aplicativo Miro que permite o desenho de *templates*. O *layout* do produto foi produzido pelo programa Fusion que permite a criação de objetos em 3d. Para a estrutura do *software* foi usada a arquitetura rest. Essa arquitetura é descrita por De Oliveira (2017).

3.1.3 Projeto detalhado.

No projeto detalhado são apresentadas as etapas do projeto conceitual com maior detalhe. Dentre elas, a lista atualizada do SSC, os desenhos do produto e a entrega do protótipo funcional. No projeto desenvolvido nessa pesquisa, essa etapa foi dividida em duas partes: desenvolvimento da parte física que será chamada no projeto como *hardware* e a parte do sistema denominada *software*.

No desenvolvimento do *hardware* foi preciso estruturar e montar os componentes no compartimento móvel de coleta (equipamento para transporte de SKUs da empresa). O carrinho e os equipamentos presentes nele foram obtidos através de fornecedores, gerando assim apenas a necessidade de unificação dos componentes (junto) ao carrinho. Para que a fixação do sensor RFID pudesse ser acoplado no compartimento móvel, foi criada *case* em uma impressora 3D. Para a estrutura *pick-by-light*, foram desenvolvidas duas placas de circuito impresso, a primeira para receber os dados do sistema, e a segunda para que os LEDs fossem acionados. Nos dois casos o esquema elétrico e o desenho do circuito foram desenvolvidos pela plataforma Kicad.

O desenvolvimento do *software* consiste em duas estruturas interligadas, a primeira para gerir o estoque e outra que é executada no compartimento móvel, permitindo a interação do operador no momento da atividade. Ambos os sistemas se interagem via comunicação HTTPs e utilizam o banco de dados MongoDB. No primeiro sistema foi usada a linguagem de programação Javascript no Visual Studio Code (VScode) para o frontend foi usado também o *framework* Angular. No sistema do mecanismo é usada a linguagem de programação Java 11. A estrutura é apresentada no formato de mapa mental na figura 3.3.

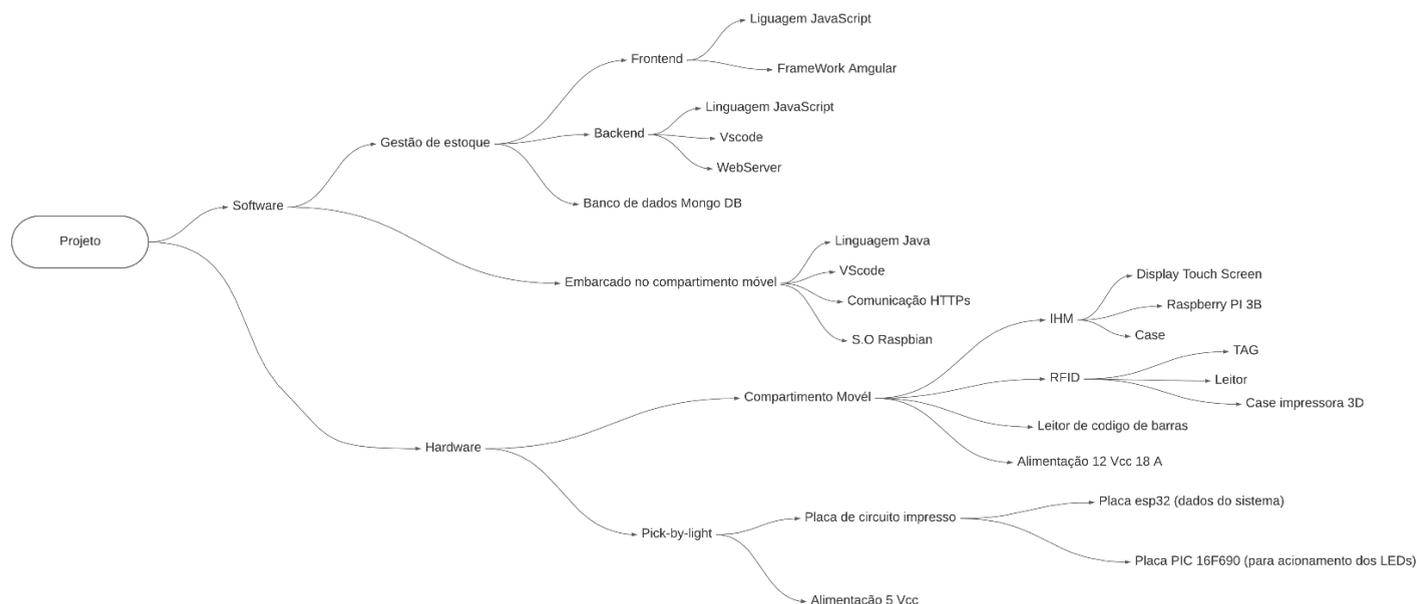


Figura 3.3 – Detalhamento do projeto
Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 Objeto de estudo

Para objeto de estudo, foi escolhido o armazém de uma empresa que vende componentes eletrônicos e materiais áudio visuais, situado na cidade de Goiânia, em Goiás. A quantidade de SKUs trabalhados por ela é de aproximadamente 5 mil. Atualmente trabalha com duas lojas e um armazém. No ano de 2022 decidiu investir em vendas *online*. O centro de distribuição foi implementado devido à loja não ter mais espaços para armazenar as mercadorias. Nem todos os SKUs são armazenados no centro de distribuição, alguns componentes pequenos, como é o caso dos componentes discretos (resistores, botões, circuitos integrados) são armazenados nas lojas, ficando para o armazém a responsabilidade apenas dos componentes maiores como cabos, *displays*, fontes, transformadores entre outros.

O ponto de vendas mais próximo do armazém é o que apresenta maior demanda. Seu público principal é composto por técnicos. Por esse motivo tem o maior número de armazenamento de componentes discretos. Sendo a loja que demanda mais do

armazém. O segundo ponto de venda que fica um pouco mais distante, trabalha principalmente com equipamentos, materiais de robótica e seus módulos.

O armazém conta apenas com um funcionário, responsável por todas as atividades.

Dentre elas estão:

- Gerenciamento do armazém;
- Recebimento de mercadoria;
- Etiquetagem dos produtos;
- Alocação de mercadorias;
- Dar entrada nas notas das mercadorias recebidas;
- Manter o armazém organizado;
- Identificar os itens que precisam ser repostos;
- Fazer lista de pedidos para os fornecedores;
- Fazer controle de estoque;
- Receber os pedidos de mercadoria das lojas;
- Fazer coleta e separação de pedidos;

O galpão onde está localizado o armazém é de fácil acesso e próximo às lojas da empresa. No fundo do galpão há um mezanino onde são armazenadas as mercadorias que são menos requeridas. Elas são armazenadas em paletes e em uma estante pequena junto à parede, divididas por marcas. Embaixo desse mezanino há uma sala onde fica o escritório, com uma mesa e computador, para que seja feita a gestão do estabelecimento e onde o operador pega a lista de pedidos para fazer a coleta. No armazém tem 10 estantes, mas devido à falta de espaço para armazenamento, algumas mercadorias são colocadas em paletes. Eles geram uma ilha com 6 paletes e uma rua com sete paletes encostados na parede e colocados em sequência, conforme mostrado na figura 3.4.

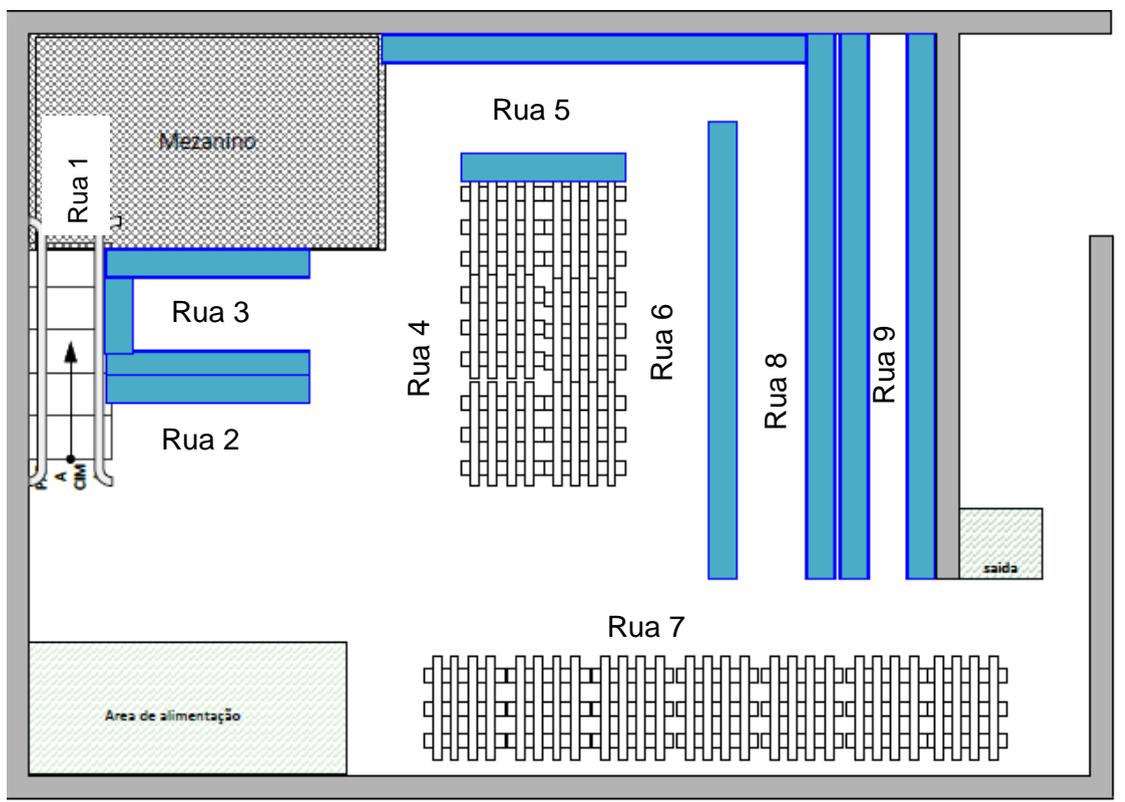


Figura3.4 - Planta baixa do *layout* do armazém

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a forma em que os armários se encontram, formam-se corredores que são denominadas ruas. Essas ruas são numeradas (conforme a figura 3.4), para facilitar o endereçamento dos materiais. O mezanino também é considerado rua e a contagem começa por ele. A estrutura seguida para a organização dos materiais é a seguinte:

- As mercadorias que têm mais pedidos ficam situadas na rua 9, mais próxima da saída;
- Os rolos de cabos ficam na ilha de paletes, entre as ruas 4 e 6, pois as estantes não suportam seu peso;
- No mezanino ficam os equipamentos de som;

- na rua 5 ficam as mercadorias mais largas, isso porque a estante não possui divisórias;
- Todas as mercadorias são registradas em uma planilha de Excel contendo seu endereçamento;
- As divisórias das estantes têm etiquetas indicando sua numeração do endereçamento;

3.3 Método de avaliação do mecanismo

A avaliação do mecanismo acontece com a análise do método de estudo do tempo e movimento. Nesse método são coletados dados precisos para identificar o desempenho da atividade. O experimento tem duas fases. Na primeira fase da pesquisa são coletados dados referentes ao processo convencional. A segunda fase acontece depois da implementação do mecanismo. Ambos os dados são coletados seguindo os mesmos critérios. Essa escolha permite que os resultados tragam maior precisão.

Os dados são coletados utilizando tabela de fluxo do processo como apresentado no artigo de BORGES et al (2003). Na folha são registradas as informações da atividade e uma tabela onde são preenchidos os seguintes dados:

- Descrição da tarefa executada;
- O tempo gasto;
- Qual etapa ela se enquadra;

Essa coleta é feita com um responsável que está na posse da folha, semelhante à do anexo A deste trabalho. O cronômetro do celular também é usado para contar os microssegundos. Essa pessoa observa o processo do operador sem exercer qualquer tipo de influência.

Os símbolos presentes na tabela representam o tipo de tarefa realizada, tendo um

ajuste para o processo de coleta e separação de pedidos conforme apresentado a seguir:

 Esse símbolo é utilizado para representar a operação. No contexto da coleta de pedidos, ele representa o momento em que o operador encontra o item do pedido e começa a separá-lo. Sendo então a atividade principal do processo.

 Em uma configuração geral esse é o símbolo usado para a atividade de inspeção. Para esse processo é considerado inspeção, o momento em que o operador está procurando o item a ser coletado, ou quando está observando a prancheta com o intuito de identificar os itens coletados ou o próximo item a ser coletado.

 A espera que normalmente acontece em alguns processos utiliza-se desse símbolo. Como a coleta de pedidos não requer uma espera no decorrer da atividade, esse símbolo é usado apenas nos casos em que o operador precisa fazer uma pausa, seja para descanso, atender telefone ou atender a porta.

 A seta representa o transporte, seja da mercadoria ou do operador. Ele é usado na pesquisa para identificar os momentos em que o operador se move entre as ruas do centro de distribuição.

 O triângulo é usado para identificar armazenamento em um contexto generalizado. Nesse estudo, o símbolo representará o término da separação. Sendo no decorrer da atividade em que ele para com o intuito de juntar os itens em caixas ou sacolas, ou no término da operação.

4. Construção do artefato

O desenvolvimento do artefato passou por todas as etapas do planejamento do projeto, projeto informacional, projeto conceitual e o projeto detalhado. Depois de construído o mecanismo, foi feita a instalação no armazém e coletados os dados para a análise de desempenho. As descrições das etapas são realizadas nos tópicos subsequentes.

4.1 Descrição planejamento do produto

Conforme apresentado no tópico 1.2 dessa pesquisa, a coleta e separação de pedidos apresenta gargalos em muitos armazéns que tem migrado para a atividade de comércio eletrônico. Empresas de médio e pequeno porte muitas vezes não podem competir com grandes empresas devido a suas estruturas de automação. A complexidade encontrada na atividade consiste na necessidade de flexibilidade para lidar com os diversos pedidos solicitados. Essa flexibilidade é obtida através de seres humanos que atuam na atividade. Porém muitos operadores não conseguem lidar com o aumento da demanda, sendo observado que o uso de tecnologia pode ajudar o operador a desempenhar a atividade de forma mais precisa e rápida. Pensando nisso foi identificada a possibilidade de desenvolvimento de um mecanismo capaz de auxiliar o operador em todas as etapas da atividade.

O mecanismo sugerido consiste em um compartimento móvel equipado com tecnologias específicas capazes de auxiliar o operador em toda a sua atividade. O compartimento móvel, através da sua interface, comunica com o sistema que tem as informações do armazém e os registros e situação dos pedidos a serem coletados. Com essas informações, o mecanismo consegue guiar o operador direto aos itens solicitados daquela viagem, informar de qual pedido é o item, gerar conferências que

evitam erros na coleta.

O objetivo principal do projeto é desenvolver um mecanismo que auxilie o operador na atividade fazendo com que ela seja feita com mais rapidez e menos erros.

Para que o objetivo seja alcançado, o projeto tem como foco apenas a atividade de coleta e separação de pedidos, apesar de poder posteriormente ser usado para reposição de itens de estoque. Podendo também fornecer dados da atividade. Foram estipuladas algumas delimitações para que fosse identificado o perfil de armazém que o mecanismo atende. São elas:

- Armazéns que tem como foco a coleta e separação de pedidos contendo poucos itens e com variados mix de produtos.
- Ter até 1000 SKUs.
- O peso dos itens ser de até 50 kg.
- Tamanhos variados entre 5cm e 1 metro.

4.2 Desenvolvimento do projeto informacional

Foi realizada uma visita ao armazém objeto de estudo com o propósito de conhecer a estrutura e suas atividades. A visita aconteceu junto ao operador responsável por todo o galpão. Nessa visita foi apresentado cada uma das estantes, como é gerado o endereçamento, qual a lógica usada para o *layout* das mercadorias, e as etapas do processo. Também foi apresentado como acontecem os pedidos e quais as demandas de cada loja. Uma segunda visita foi realizada com o propósito de observar uma viagem de coleta e separação de pedidos.

Dessas duas visitas foi identificado que as solicitações de pedidos acontecem no início da manhã por volta das 8:30h e a coleta é feita logo em seguida. Os principais clientes do armazém são suas duas lojas físicas. As demandas de pedidos acontecem principalmente no início e no fim de semana. No primeiro para repor os itens vendidos no fim de semana e no segundo para atender a demanda do fim de semana. No galpão é armazenado 1490 SKUs divididos entre 226 compartimentos.

Os pedidos podem ser recebidos de duas formas: através do WhatsApp, por ligação ou através de uma simulação de orçamento no sistema da empresa. Esses pedidos normalmente são feitos em consulta com o operador para saber se tem a mercadoria desejada. A realização dos pedidos muitas vezes ocorre pelos vendedores das lojas. Normalmente são pedidos pequenos com pouca quantidade de itens. No entanto, de tempos em tempos o gerente passa pelas lojas anotando os materiais que precisam ser abastecidos, gerando pedidos grandes com vários itens.

O operador solicita que os pedidos aconteçam na parte da manhã, mas esporadicamente aparecem pedidos fora do horário e com urgência de entrega.

Quando o operador faz a coleta ele imprime os pedidos, coloca em uma prancheta e inicia a viagem. Ele observa os itens dos pedidos e começa por aqueles itens que ele tem decorado seu endereço. Ele vai até o local, retira o item da prateleira e coloca em um canto da rua, e segue para o próximo item, seguindo essa sequência até finalizar os pedidos ou chegar nos itens que ele não tem memorizado o endereço. No segundo caso, ele vai ao escritório consultar sua planilha com os endereços e então volta para as ruas para coletar os itens faltantes. Ao término desse processo ele passa pelas ruas pegando os materiais separados e colocando na saída onde ficam armazenadas as mercadorias de saída separadas conforme a loja que a requereu. Para que os pedidos das lojas não se misturem, o que pode gerar erros de envio de mercadoria, as coletas

são separadas conforme as lojas. Ao término da coleta e separação dos pedidos de uma loja, ele volta para iniciar a viagem novamente, agora com os pedidos da outra loja. Mas essa divisão não é corriqueira, pois muitas das vezes os pedidos das lojas vêm em dias diferentes.

Com as informações obtidas da revisão bibliográfica e a análise do funcionamento da atividade no armazém, foi elaborada uma QFD conforme figura 4.1.

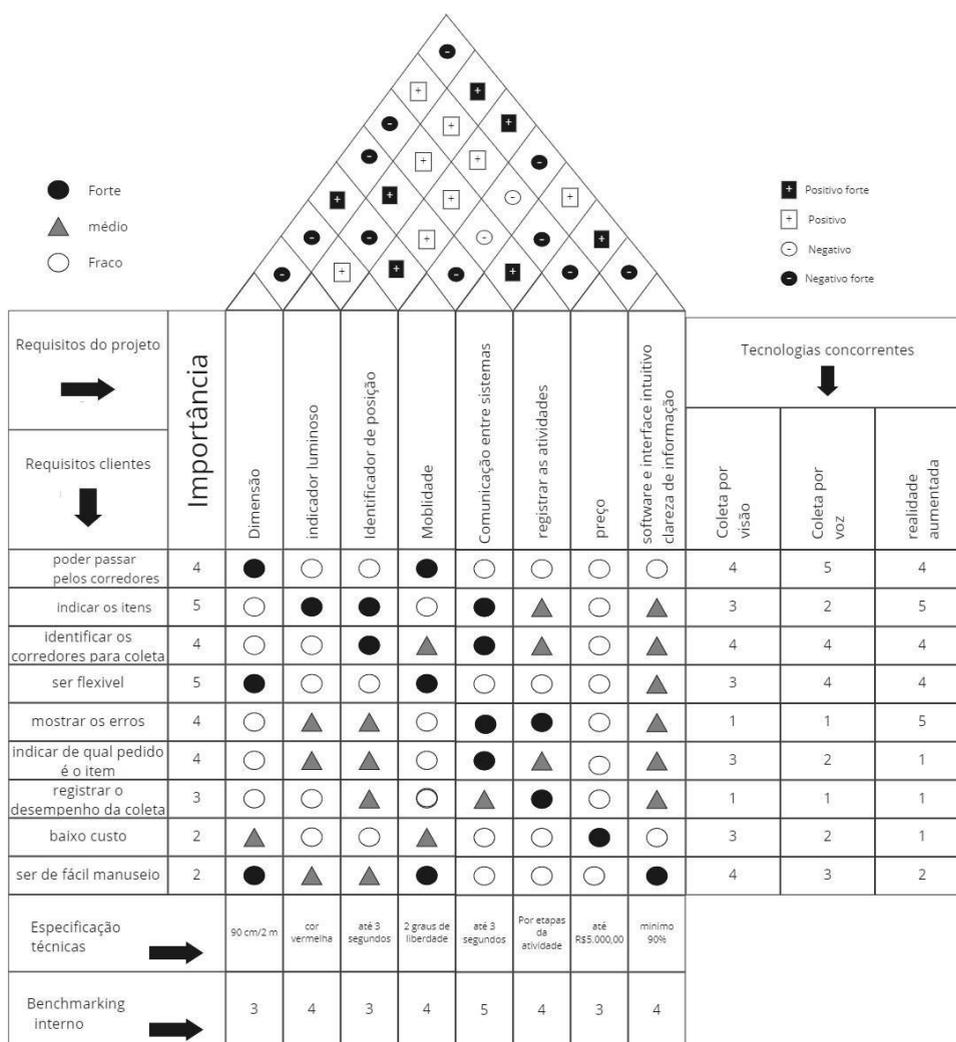


Figura 4.1 – QFD do projeto do produto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na coluna tecnologias concorrentes foram usadas três tecnologias da revisão bibliográfica que atuam no auxílio a coleta de pedidos. Através da QFD foram retiradas as seguintes especificações metas:

- Ser capaz de se locomover no armazém.
- Apresentar ao operador o andamento da atividade.
- Identificar de forma luminosa onde estão os itens.
- Identificar para o operador, qual rua tem item.
- Alertar erro quando ocorrido.
- Ter interação com o sistema de gestão.
- Registrar cada etapa da atividade.

4.3 Construção do projeto conceitual

No desenvolvimento do projeto conceitual foi preciso inicialmente estipular qual fluxograma seria realizado usando o mecanismo. Na figura 4.2 se encontra o fluxograma geral do mecanismo. O fluxograma é detalhado em outros quadros com as descrições fluxograma A, fluxograma B e fluxograma C, contidos nas figuras 4.3, 4.4, 4.5 respectivamente.

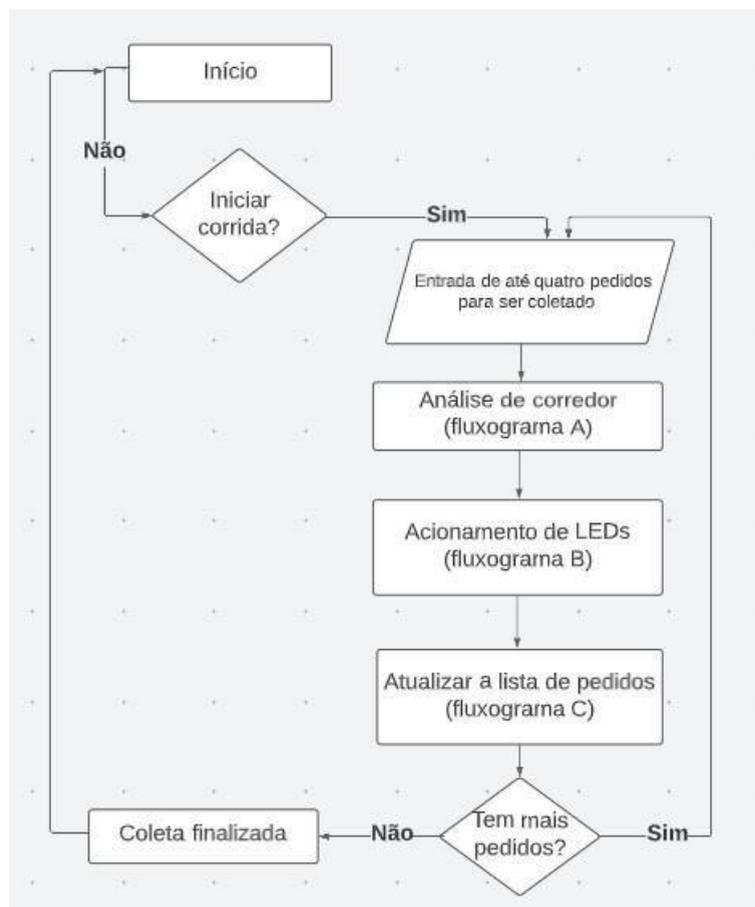


Figura 4.2 – Fluxograma geral do mecanismo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

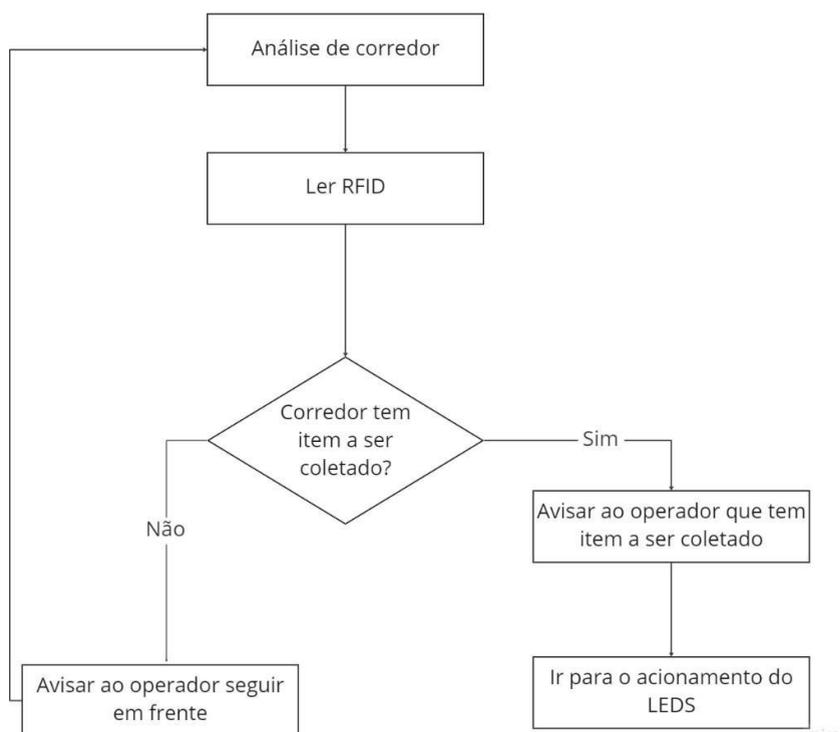


Figura 4.3 – Fluxograma A.

Fonte: Elaborado pelo autor.

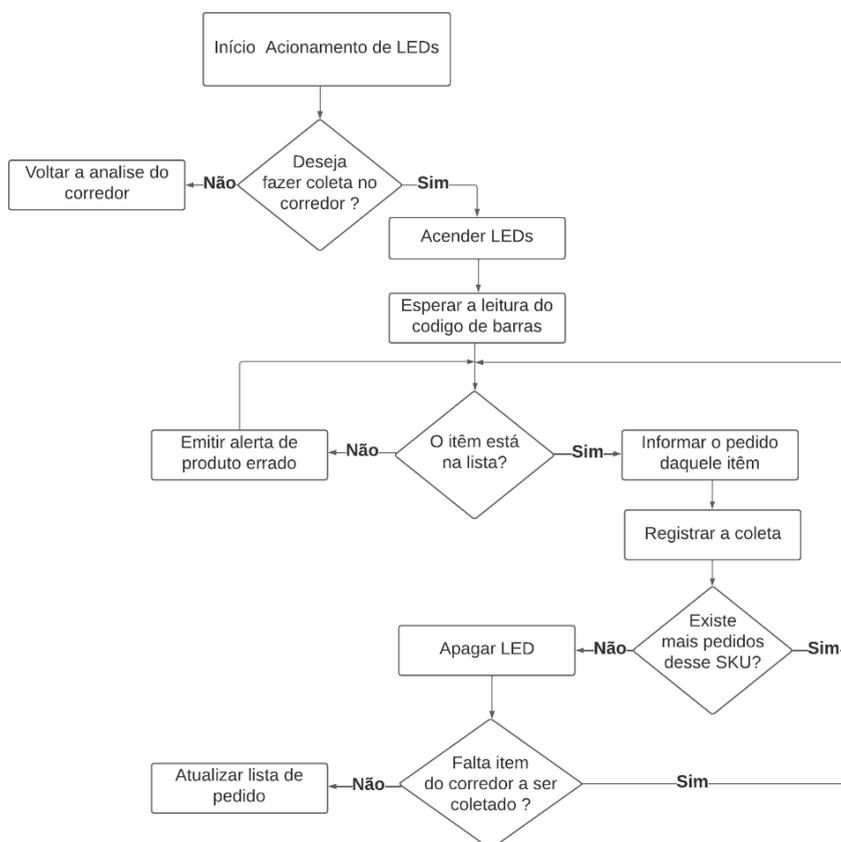


Figura 4.4 – Fluxograma B.
Fonte: Elaborado pelo autor.

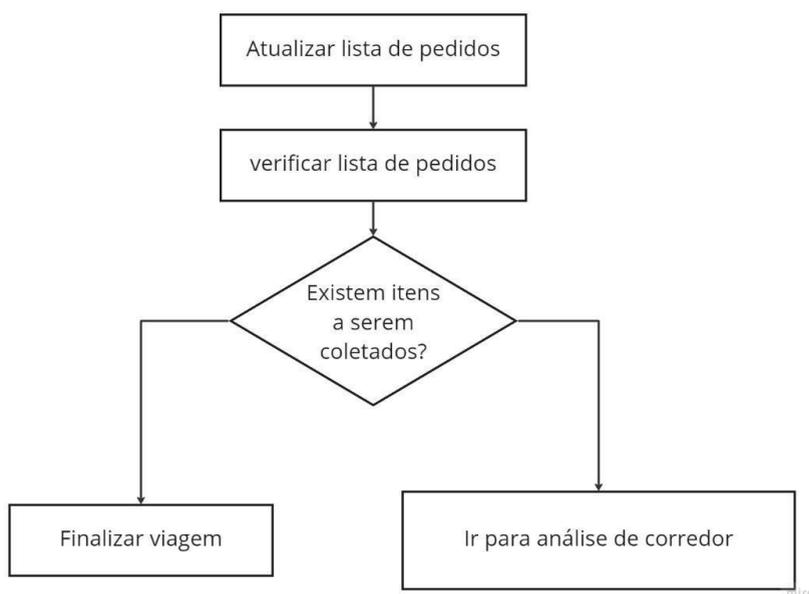


Figura 4.5 – Fluxograma C.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Através do fluxograma do processo a ser trabalhado pelo mecanismo, foi gerada a árvore da função como pode ser visto na figura 4.6. O sistema é delimitado com as bordas tracejadas, do lado esquerdo estão as entradas para o sistema, sendo elas tecnologias e informações. Ao término do processo é fornecida como saída, a coleta dos pedidos e informações que são armazenadas no banco de dados.

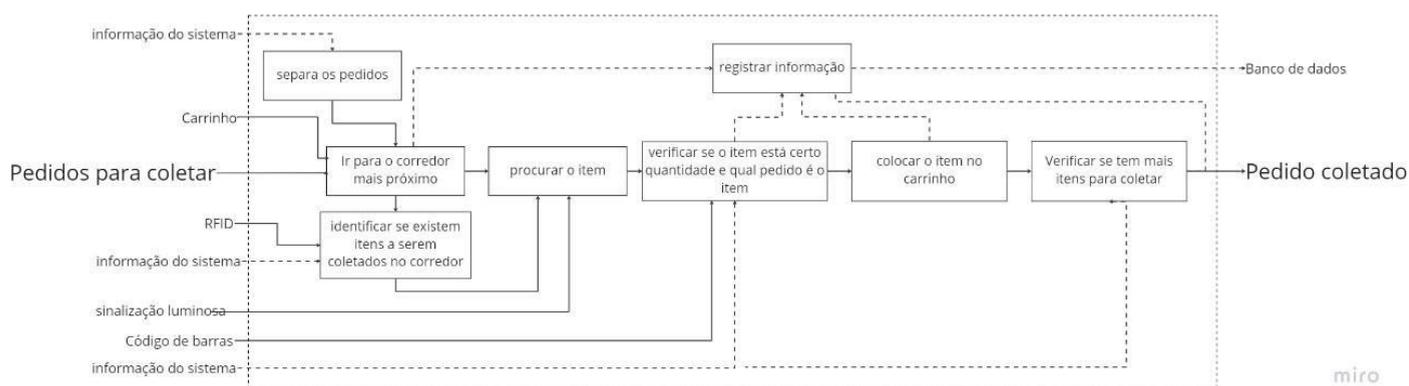


Figura 4.6 – Árvore da função.
Fonte: Elaborado pelo autor.

nessa etapa também foi determinado o sistema, subsistema e componentes a serem trabalhados para o desenvolvimento do mecanismo, conforme pode ser observado na figura 4.7. Já na figura 4.8 é feito um desenho da projeção da estrutura do mecanismo.

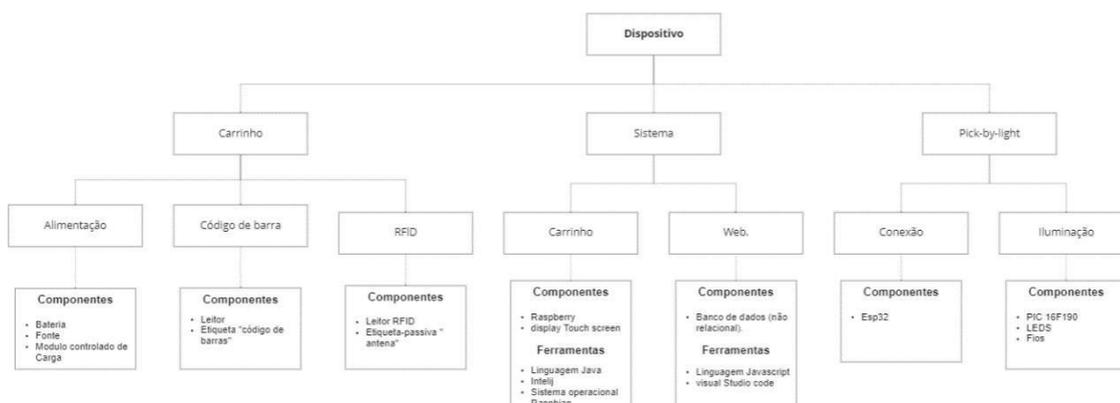


Figura 4.7 SSC (sistemas, subsistemas e componentes).
Fonte: Elaborado pelo autor.

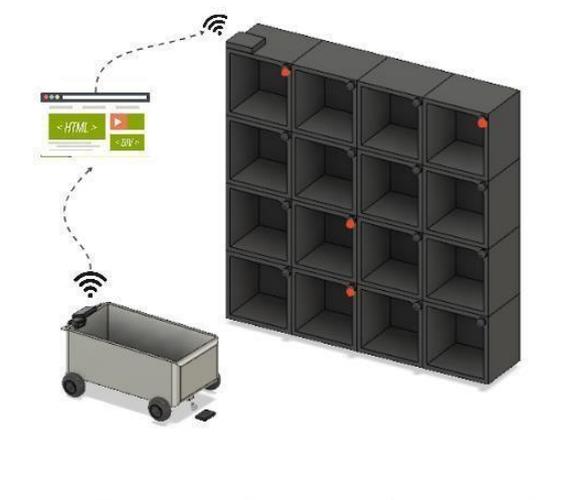


Figura 4.8 - Projeção do *layout* do mecanismo.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o desenvolvimento dos sistemas, o projeto conceitual contou com a criação de arquitetura de *software* conforme pode ser observada na figura 4.9. Essa arquitetura é fundamental para a construção do sistema. Nela são identificadas quais as classes existentes e quais suas especificações. As classes vão trabalhar com atributos index, ou seja, como estruturação de dados, como por exemplo, no produto são informados o nome e o SKU do pedido. Nessa classe o id do endereço é relacionado à classe endereço.

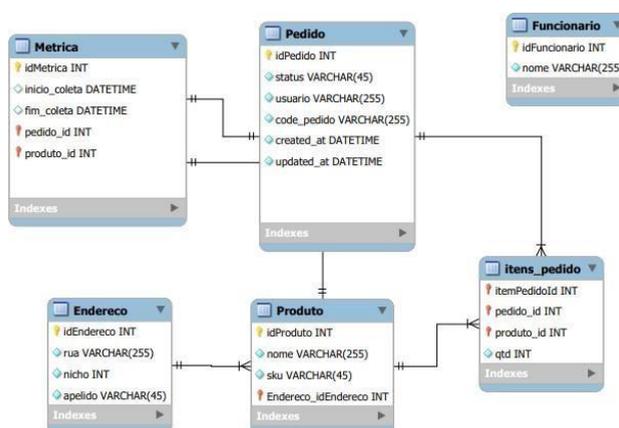


Figura 4.9 – Arquitetura do sistema.
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 Detalhamento do projeto

No processo de detalhamento do projeto foi identificada a importância de ter um sistema de gestão para o armazém. Nesse sistema está a base para os dados necessários no funcionamento do mecanismo. Através dele são registradas as informações dos itens, seus endereços, a quantidade. Nele também são registrados os pedidos e o status do pedido. Desenvolvido no formato de plataforma web em que o operador faz o login no computador do armazém. Os dados registrados são armazenados no banco de dados, que comunica com o sistema do compartimento móvel. O layout do sistema é observado nas figuras 4.10 e 4.11.

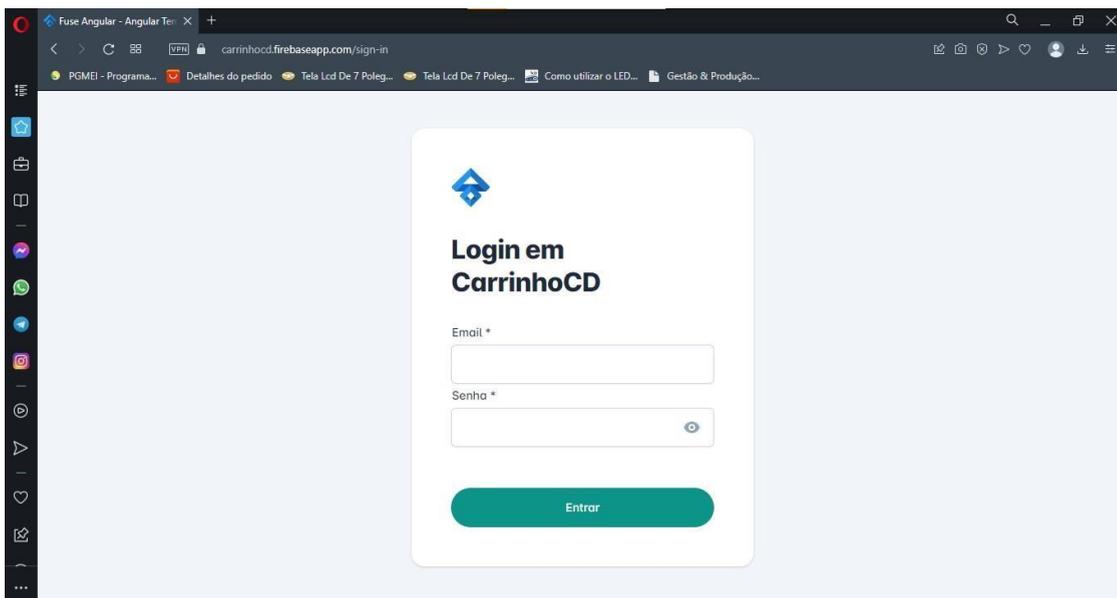


Figura 4.10 - Página de acesso do operador.
Fonte: Elaborado pelo autor.

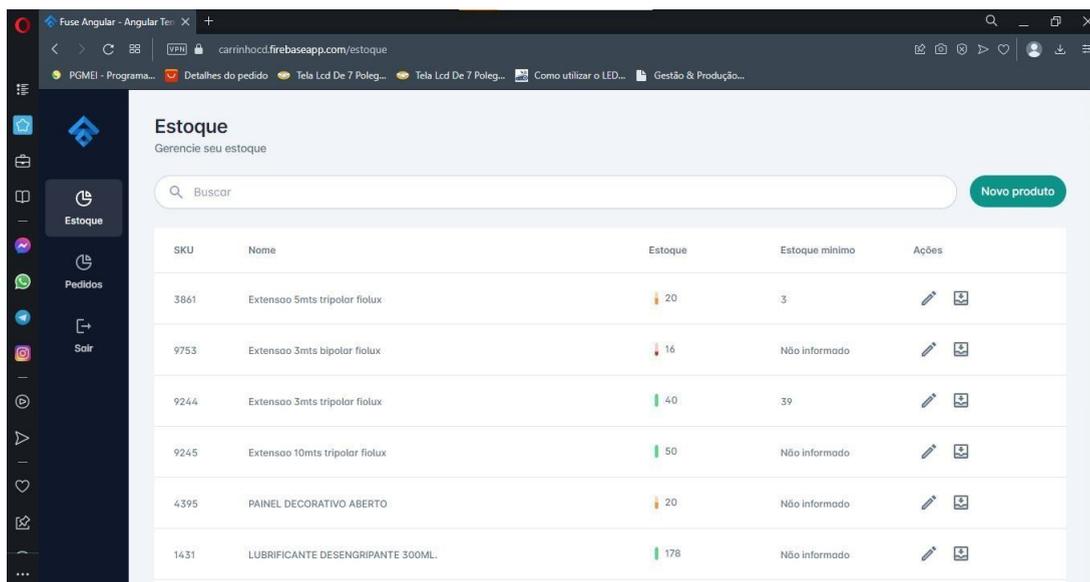


Figura 4.11 - Layout do gerenciador de estoque.
Fonte: Elaborado pelo autor.

No desenvolvimento do sistema do compartimento móvel foi observado que através do uso do Java em todo o processo facilitaria a comunicação entre os dois sistemas. Ele permite que o operador acompanhe e interaja durante todas as etapas da atividade. A tela de interação do operador é apresentada nas figuras 4.12, 4.13, 4.14.



Figura 4.12 – Lista dos pedidos a serem coletados.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Pedidos para Coletar

ID	USUARIO	STATUS	
1	D&D	COLETANDO	VISUALIZAR
3	D&D	COLETANDO	VISUALIZAR

Produtos no Pedido

SKU	NOME	QTD.	RUA	NICHO
6587	FERRO DE SOLDA HIKARI POWER 40W	25	RUA 1 LADO A	26
9655	BATERIA SELADA MULTILASER 12V 5A	16	PRATELEIRA FIXA	
6588	FERRO DE SOLDA HIKARI POWER 60W	25	RUA 1 LADO A	21
5582	SUGADOR DE SOLDA HK-208 ESD HIKARI	10	RUA 1 LADO A	12
9542	ALICATE AMPERIMETRO HIKARI HA-3200	4	RUA 1 LADO A	18
1492	ALICATE AMPERIMETRO MINIPA ET-3200	10	RUA 1 LADO A	20
10090	CAMERA INFRA TP-LINK WI-FI FULL HD EXTERNA T...	1	RUA 2 LADO A	2
6536	CABO MULTIMETRO MINIPA MTL-03	15	RUA 1 LADO A	18
8008	ARANDELA JBL 6PL.QUADRADA 25W RMS BR (PAR)	10	MEZANINO JBL	
8149	ARANDELA JBL 6PL.REDONDA 25W RMS BR (PAR)	5	MEZANINO JBL	
7574	FIO GUITARRA ESPIR.2X0,30MM SANTO ANGELO X...	400	ILHA 1	
5201	CHAVE QUAD.L/D 4T.220V16A	50	CESTA DE PLÁSTICO RUA 2 LADO A	10
2713	CHAVE REDONDA L/D 2T.220V 6A C/PARAFUSO	100	CESTA DE PLÁSTICO RUA 2 LADO A	10
3347	PINO SPEAKON MACHO 4V.P/CABO	25	CESTA DE PLÁSTICO RUA 2 LADO A	9
5980	PINO RCA 6MM SANTO ANGELO (NINJA)	30	PASTELEIRA DE BAIXA DA ESCADA	

Figura 4.13 – Detalhamento do pedido
Fonte: Elaborado pelo autor.

Produtos no Nicho

Produto: ESTABILIZADOR

Qtd. para Coleta:

Qtd. Coletada:

Coletar

Coletado com Sucesso!

OK

Figura 4.14 - Finalização da coleta de um item.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Na construção do mecanismo foi escolhido um compartimento móvel no mercado que atendesse às demandas das especificações-metas, sendo escolhido um compartimento móvel de haste metálica que possui dois compartimentos para serem colocadas cestas

plásticas. No guidom do compartimento móvel é acoplado o leitor de código de barras, o *case* com o display e o Raspberry. Na parte inferior tem o *case* do leitor RFID. Como a distância de leitura do RFID é de aproximadamente 5 cm, o *case* foi trabalhado para que permitisse essa distância do leitor até o chão onde as *tag* são fixadas. A estrutura do compartimento móvel com os componentes acoplados pode ser observada nas figuras 4.15 onde é dimensionada a vista lateral, na figura 4.16 como vista frontal e na figura 4.17 com a vista superior. Para a alimentação do mecanismo foi usada uma bateria de *no break* de 12 V e 12 A. É esperado que a bateria consiga trabalhar 8h sem precisar ser recarregada. Uma fonte de *no break* também foi colocada junto à bateria para que a mesma possa ser carregada ao final do expediente de trabalho. Tanto a fonte quanto a bateria são colocadas no canto do primeiro compartimento para se aproximar melhor do Raspberry.

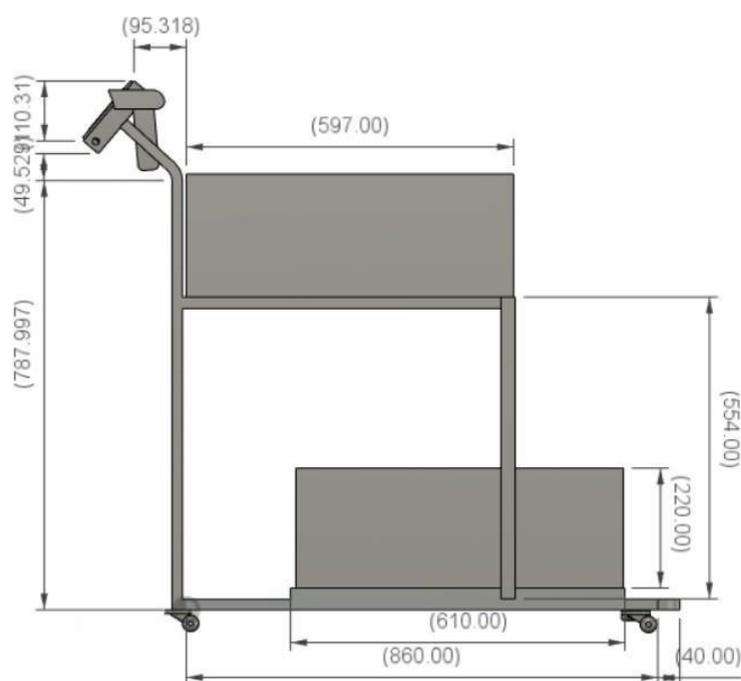


Figura 4.15 – Vista lateral do compartimento móvel.

Fonte: Elaborado pelo autor.

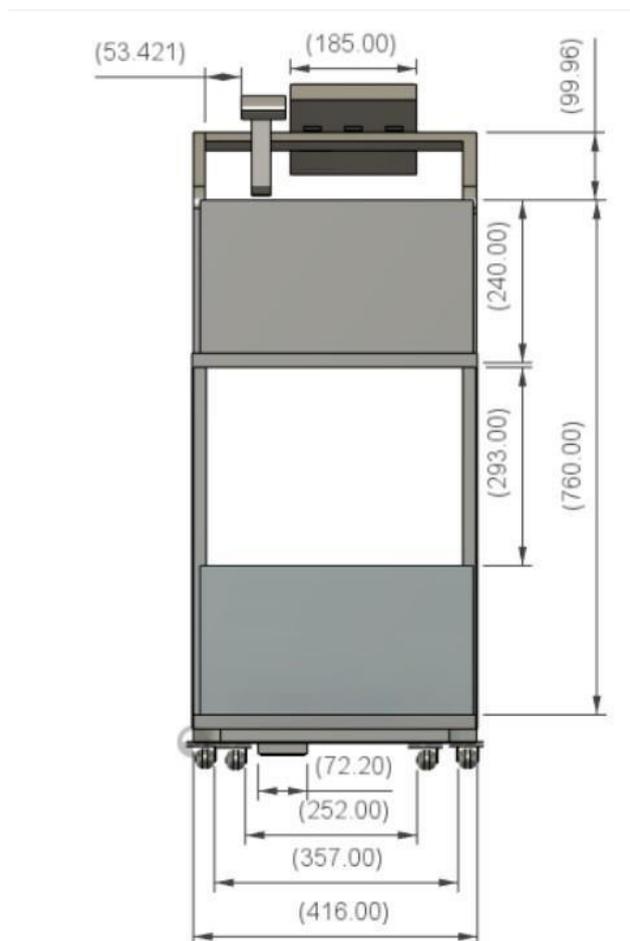


Figura 4.16 – Vista frontal do compartimento móvel.
Fonte: Elaborado pelo autor.

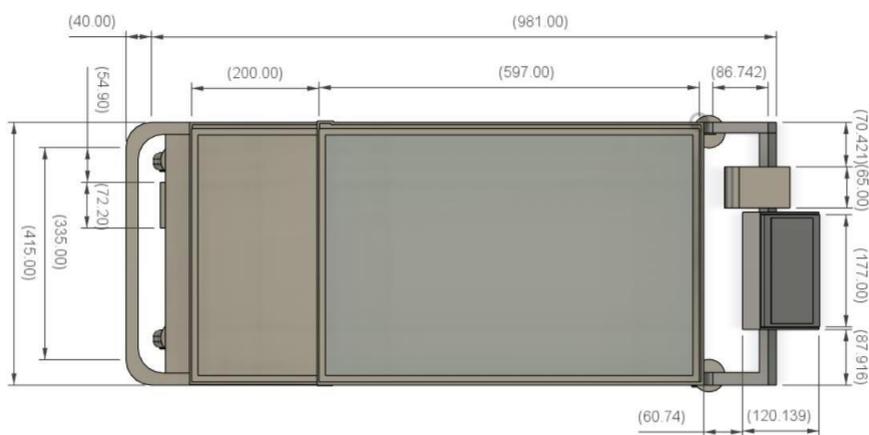


Figura 4.17 – Vista superior do compartimento móvel.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o *pick-by-light* foram desenvolvidas duas placas, a primeira é a que recebe a fonte de energia de 5 V e alimenta o ESP32 devKit responsável para receber do compartimento móvel via *web server* o código de acionamento do LED. A outra placa trabalha com o PIC 16f690 que através do pino TX de comunicação serial recebe o código para o acionamento ou desligamento dos LEDs conforme seus endereços. A segunda placa permite ligar apenas 15 LEDs caso seja preciso mais LEDs, outras placas semelhantes podem ser configuradas junto à placa do ESP32. Conforme é identificado no sistema do compartimento móvel qual componente está no corredor, o mecanismo envia um código para o ESP que replica para as placas de PIC. O código trabalha com 5 dígitos, no primeiro é informado se é para acionar ou desligar LED (A ou D). No segundo dígito é informado qual Porta do PIC deve ser acionada podendo ser de A à O. E os outros três dígitos determinam qual PIC está o led a ser acionado, podendo ser trabalhado até 999 placas (001 a 999). Por isso, cada PIC recebe em sua programação seu número de identificação. Todas as placas de PIC têm o mesmo esquema elétrico demonstrado na figura 4.18.

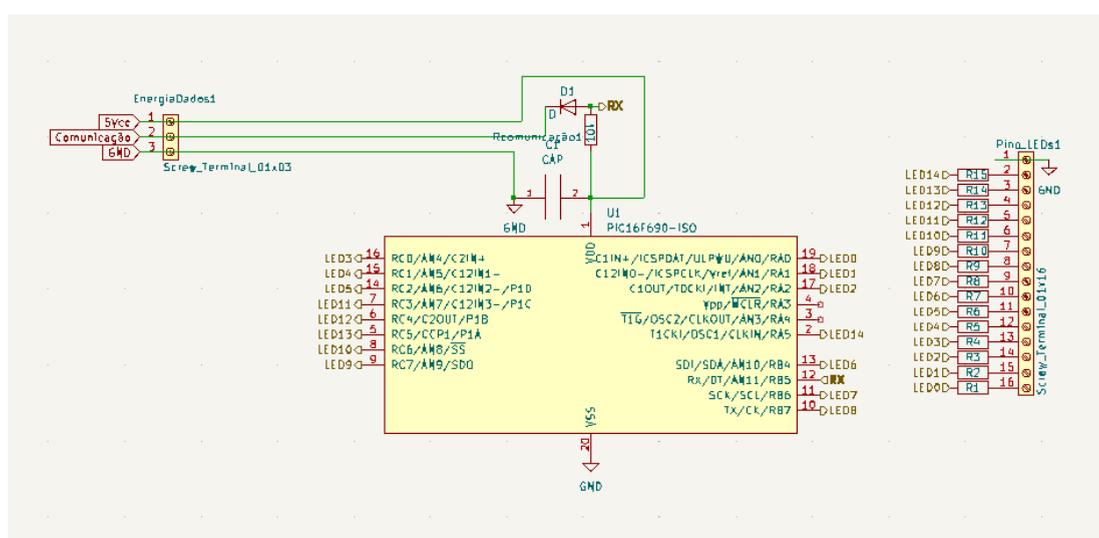


Figura 4.18 – Esquema elétrico do PIC 16F690.
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5 Coleta de dados

A coleta de dados aconteceu em dois momentos distintos. No primeiro momento foi registada a coleta manual através do preenchimento da planilha, conforme detalhado na metodologia. Foram analisadas 4 viagens contendo 362 observações. Essas observações foram divididas entre as etapas de operação, armazenamento, espera, transporte e inspeção. Como cada viagem é única, não foi possível realizar coleta de dados com distâncias e mercadorias idênticas. Com isso, uma média de cada etapa foi gerada para ser avaliada com a média dos dados coletados pelo mecanismo. Antes da segunda coleta de dados, o mecanismo ficou no armazém por uma semana para que o operador se adaptasse a ele. Nessa segunda coleta foram analisadas 4 viagens contendo 199 observações, foram gerados pedidos que tinham apenas itens presentes nos nichos de amostragem contendo os sinais luminosos. Foi realizado o mesmo procedimento, da coleta manual, para a obtenção dos dados. Em ambas as coletas os dados foram tratados igualmente. Os dados obtidos estão presentes nos anexos II e III.

5. Resultados

Como resultado da pesquisa, foi gerado um artefato que é apresentado no tópico 5.1. Os dados obtidos da coleta manual e da coleta com mecanismo foram analisados separadamente para identificar o gasto médio em cada etapa e o desempenho realizado. Com essas informações no tópico 5.3 é feita a comparação entre os dados da coleta manual e a coleta com mecanismo, sendo então respondida a pergunta de pesquisa.

5.1 Mecanismo

O resultado obtido no desenvolvimento do mecanismo pode ser observado na figura 5.1, o compartimento móvel equipado com dispositivo de código de barras, RFID e a interface homem máquina (IHM). Na figura 5.2 são apresentadas as placas de circuito do *pick-by-light* e uma foto da estante com o sistema funcionando.



Figura 5.1 – Compartimento móvel.
Fonte: Elaborado pelo autor.

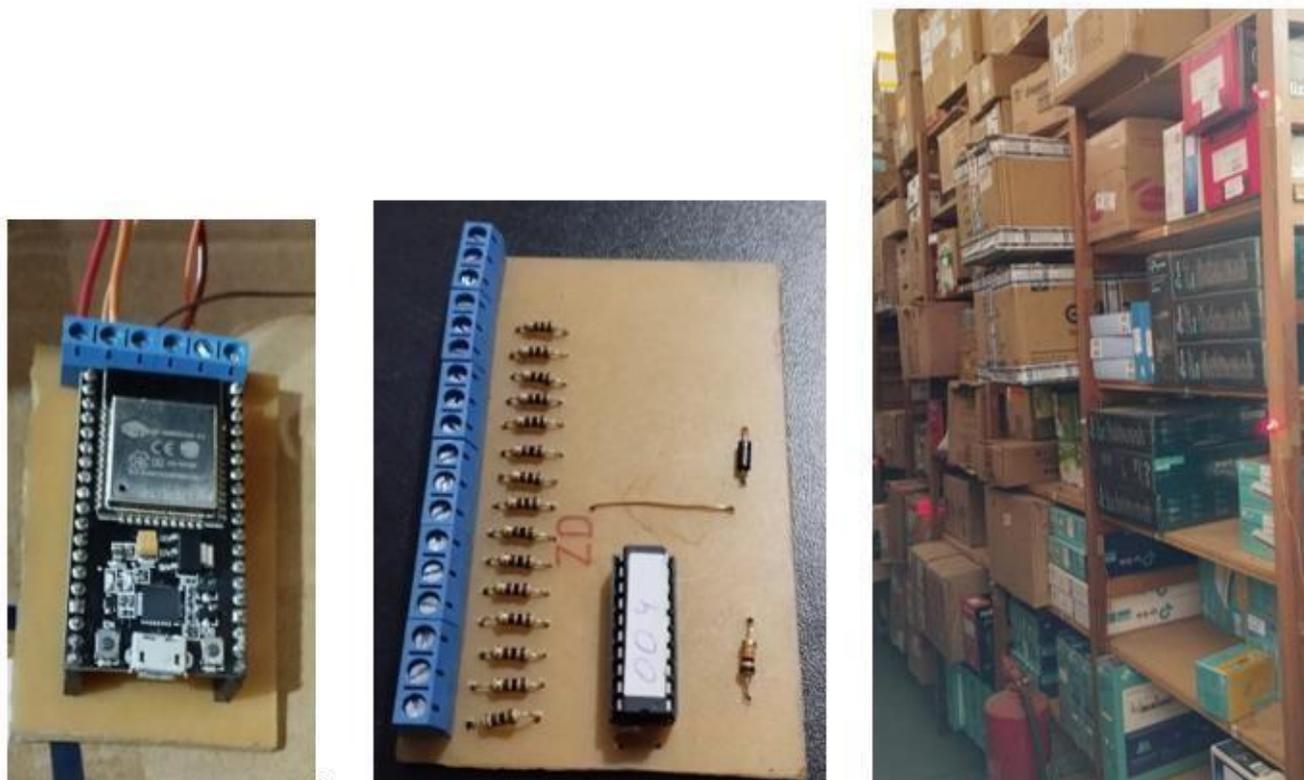


Figura 5.2 - Mecanismo *Pick-by-light*.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Uma adequação que foi realizada no sistema do compartimento móvel é a possibilidade da escolha da rua sem o uso do RFID. Essa decisão foi tomada levando em consideração armazéns com poucas ruas e que o operador não segue uma rota fixa dentro do armazém. Nessa opção de escolha de rua manual, o mecanismo indica as ruas que precisam ser coletados itens e o operador faz a seleção manualmente apertando no *display* sua escolha. Após a coleta na rua, ela é retirada da lista. No quadro 5.1 são apresentados os componentes usados no mecanismo e seu valor em reais conforme orçamento realizado em novembro de 2022.

Quadro 5.1 – Material usado e custo.

Material	Quantidade	Valor unitário	valor
Compartimento móvel	1	R\$ 650,00	R\$ 650,00
Raspyberry	1	R\$ 1.000,00	R\$ 1.000,00
display touch 7 polegadas HDMI	1	R\$ 529,90	R\$ 529,90
leitor RFID	1	R\$ 27,00	R\$ 27,00
TAGs	9	R\$ 1,70	R\$ 15,30
leitor código de barras	1	R\$ 149,65	R\$ 149,65
bateria 12v 18 A	1	R\$ 227,28	R\$ 227,28
Esp 32	1	R\$ 32,00	R\$ 32,00
PIC	12	R\$ 20,00	R\$ 240,00
Capacitor	12	R\$ 0,20	R\$ 2,40
LEDs	310	R\$ 0,39	R\$ 120,90
Resistor	310	R\$ 0,10	R\$ 31,00
Cabo Manga 16 vias	100	R\$ 1,10	R\$ 110,00
Fontes 5v	5	R\$ 33,39	R\$ 166,95
cartão de memória 64GB	1	R\$ 54,90	R\$ 54,90
conversor dc- dc entrada 8-60v saida 5v 3 A	1	R\$ 61,66	R\$ 61,66
Total		R\$ 2.789,27	R\$ 3.418,94

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 Dados da Coleta manual

Através dos dados obtidos nas quatro viagens analisadas, foi gerado um gráfico contendo o tempo gasto em cada etapa juntamente com a quantidade de observações (quantidade de vezes que o operador repetiu a etapa), a média de tempo em cada etapa conforme a viagem. Os dados obtidos estão no anexo II.

Quadro 5.2 – Dados de coleta e separação de pedido manual.

Viagem	medidas	Operação	Espera	Armazenamento	Transporte	Inspeção	total
1	Quantidade obs	26,00	0,00	1,00	13,00	44,00	84,00
	Tempo total (s)	660,87	0,00	407,70	205,12	934,79	2208,48
	Tempo médio	25,42		407,70	15,78	21,25	470,14
2	Quantidade obs	29,00	2,00	1,00	10,00	28,00	70,00
	Tempo total (s)	611,69	180,90	458,43	123,32	535,83	1910,17
	Tempo médio	21,09		458,43	12,33	19,14	510,99
3	Quantidade obs	54,00	4,00	4,00	16,00	49,00	127,00
	Tempo total (s)	1238,97	305,99	1141,20	263,68	807,63	3757,47
	Tempo médio	22,94		285,30	16,48	16,48	341,21
4	Quantidade obs	34,00	1,00	5,00	12,00	29,00	81,00
	Tempo total (s)	751,38	152,17	721,04	171,41	5092,59	6888,59
	Tempo médio	22,10		144,21	14,28	175,61	356,20
total	Quantidade obs	143,00	7,00	11,00	51,00	150,00	362,00
	Tempo total (s)	3262,91	639,06	2728,37	763,53	7370,84	14764,71
	Tempo médio	22,82		248,03	14,97	49,14	1678,54

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o gráfico, pode ser identificado que as tarefas mais recorrentes são de operação e inspeção, totalizando 143 e 150 observações respectivamente. A atividade de espera corresponde ao momento em que o operador interrompe a operação para atender outro chamado, como por exemplo, atender telefone ou porta. Nesse caso, a espera não é levada em consideração. Já a atividade de armazenamento é a que mais leva tempo em cada observação. Isso porque o operador faz a armazenagem no final da coleta, passando por todos os corredores novamente recolhendo os itens que foram separados.

Na figura 5.1 é apresentado o gráfico de linhas indicando o tempo gasto em cada atividade por viagem. No tempo total de cada viagem é identificado que o tempo gasto no total são próximos, o que varia no tempo de cada viagem é o tempo nas atividades. Por exemplo, a viagem 4 apresentou um tempo gasto aproximadamente 9 vezes maior com inspeção em relação às outras viagens, mas foi a que gastou o menor tempo em armazenamento, sendo aproximadamente 3 vezes mais rápida que a viagem 2. Já na viagem 2, o tempo de armazenamento foi maior e o transporte teve um menor tempo se comparado às outras viagens.



Figura 5.1 – Gráfico de linhas média de tempo por viagem conforme cada etapa manual.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Através dos dados de tempo e de distância foi analisada também a velocidade que o

operador levou na etapa de transporte. Dos dados da etapa de transporte, alguns não possuem distância percorrida pois o tempo gasto ocorreu em uma escada ou a movimentação foi feita no próprio corredor, assim, o total de tempo gasto nessas condições foi de 154 segundos, como pode ser visto no quadro 5.3.

Quadro 5.3 – tempo gasto com escada.

viagem	tempo	descrição
1	15,24	subindo escada olhando caixas
1	14,73	descendo da escada e caminhando
1	9,55	caminhando com escada
2	7,34	caminhando na mesma rua
2	13,49	caminhando rua 9
3	36,64	buscando escada
3	30,09	pegando escada
3	26,92	pegando escada
total	154	Segundos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos casos de transição no armazém, a média do tempo, da distância e da velocidade por viagem, são apresentados no quadro 5.4. Na primeira viagem, a velocidade do operador foi maior que nas demais viagens. Um ponto que foi observado na coleta de pedidos é que enquanto o operador se locomove entre as ruas do armazém ele aproveita para analisar a prancheta. Essa análise permite que ele identifique os itens que ainda devem ser coletados.

Quadro 5.4 – Média do tempo da distância e da velocidade na coleta manual.

Média			
viagem	tempo (s)	Distância (m)	Velocidade (km/h)
1	16,56	7,079	2,15
2	12,81	6,19	1,93
3	13,06	5,52	1,79
4	14,28	6,26	1,75

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 Dados coletados com o mecanismo

Na coleta com mecanismo foi feita a mesma análise que na coleta manual. Foram realizadas 4 viagens com 199 observações, sendo que o tempo total de observações foi de 3.596,79 segundos (aproximadamente 1 hora). Foi gasto um tempo de aproximadamente 704,15 segundos por viagem (aproximadamente 12 minutos). Os dados podem ser analisados no quadro 5.5. Os dados da coleta estão no anexo III. É importante ressaltar que nessa segunda coleta, o operador não teve interrupção no decorrer dessa atividade. Como não foram colocados LEDs em todos os nichos, nenhuma das coletas requereu o uso de escadas.

Quadro 5.5 – Dados da coleta com mecanismo.

Viagem	medidas	Operação	Espera	Armazenamento	Transporte	Inspeção	total
1	Quantidade obs	20,00	0,00	1,00	6,00	23,00	50,00
	Tempo total (s)	370,18	0,00	67,43	94,25	255,17	787,03
	Tempo médio	18,51		67,43	15,71	11,09	112,74
2	Quantidade obs	17,00	0,00	1,00	11,00	27,00	56,00
	Tempo total (s)	420,42	0,00	195,34	74,85	354,17	1044,78
	Tempo médio	24,73		195,34	6,80	13,12	239,99
3	Quantidade obs	11,00	0,00	1,00	5,00	24,00	41,00
	Tempo total (s)	350,36	0,00	128,36	55,28	259,45	793,45
	Tempo médio	31,85		128,36	11,06	10,81	182,08
4	Quantidade obs	18,00	0,00	1,00	7,00	26,00	52,00
	Tempo total (s)	392,97	0,00	118,51	108,32	351,73	971,53
	Tempo médio	21,83		118,51	15,47	13,53	169,34
total	Quantidade obs	66,00	0,00	4,00	29,00	100,00	199,00
	Tempo total (s)	1533,93	0,00	509,64	332,70	1220,52	3596,79
	Tempo médio	23,24		127,41	11,47	12,21	704,16

Fonte: Elaborado pelo autor.

O tempo de transporte é o que apresenta melhor desempenho. Isso porque o mecanismo indica todos os itens a serem coletados naquela rua, fazendo com que o operador passe apenas uma vez em cada rua. Outro fator para esse tempo menor é que o sistema através do RFID e do monitor, o operador tem a informação exata de quais ruas deve percorrer e quais podem seguir em frente. Já o armazenamento é a atividade que apresenta o maior tempo médio na viagem, mas isso porque ela é feita apenas uma vez no final, que é o tempo do operador tirar a mercadoria do carrinho e colocar no buffer.

Fazendo a análise do gráfico de linha (apresentado na figura 5.2) pode-se identificar uma certa semelhança entre os tempos médios gastos em cada atividade por viagem. Mostrando uma padronização da atividade, principalmente no tempo total gasto. Desta forma foi identificado que o armazenamento é a etapa que requer maior tempo e a etapa de transporte o menor.

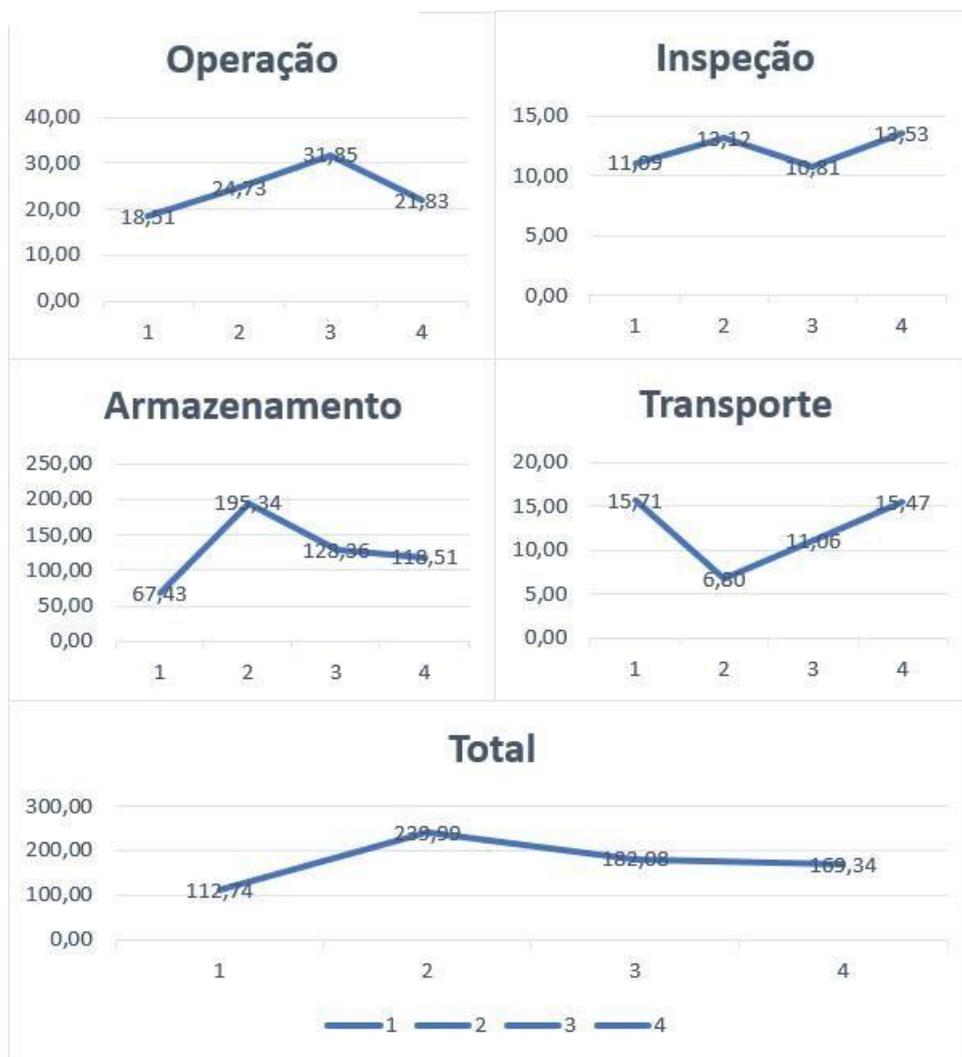


Figura 5.2 – Gráfico de linhas métricas de tempo por viagem conforme cada etapa mecanismo.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.4 Comparação dos dados

Na coleta manual a média de tempo gasto na coleta é de 1.678,54 segundos se comparado à média de 704,15 segundos da coleta com mecanismo. Obtendo assim uma redução de 48% do tempo médio gasto nas viagens. As médias de cada etapa da atividade durante as 8 viagens podem ser observadas na figura 5.3. Apenas a atividade

de operação e de transporte que apresenta, em alguma das viagens, um tempo maior na coleta com mecanismo.

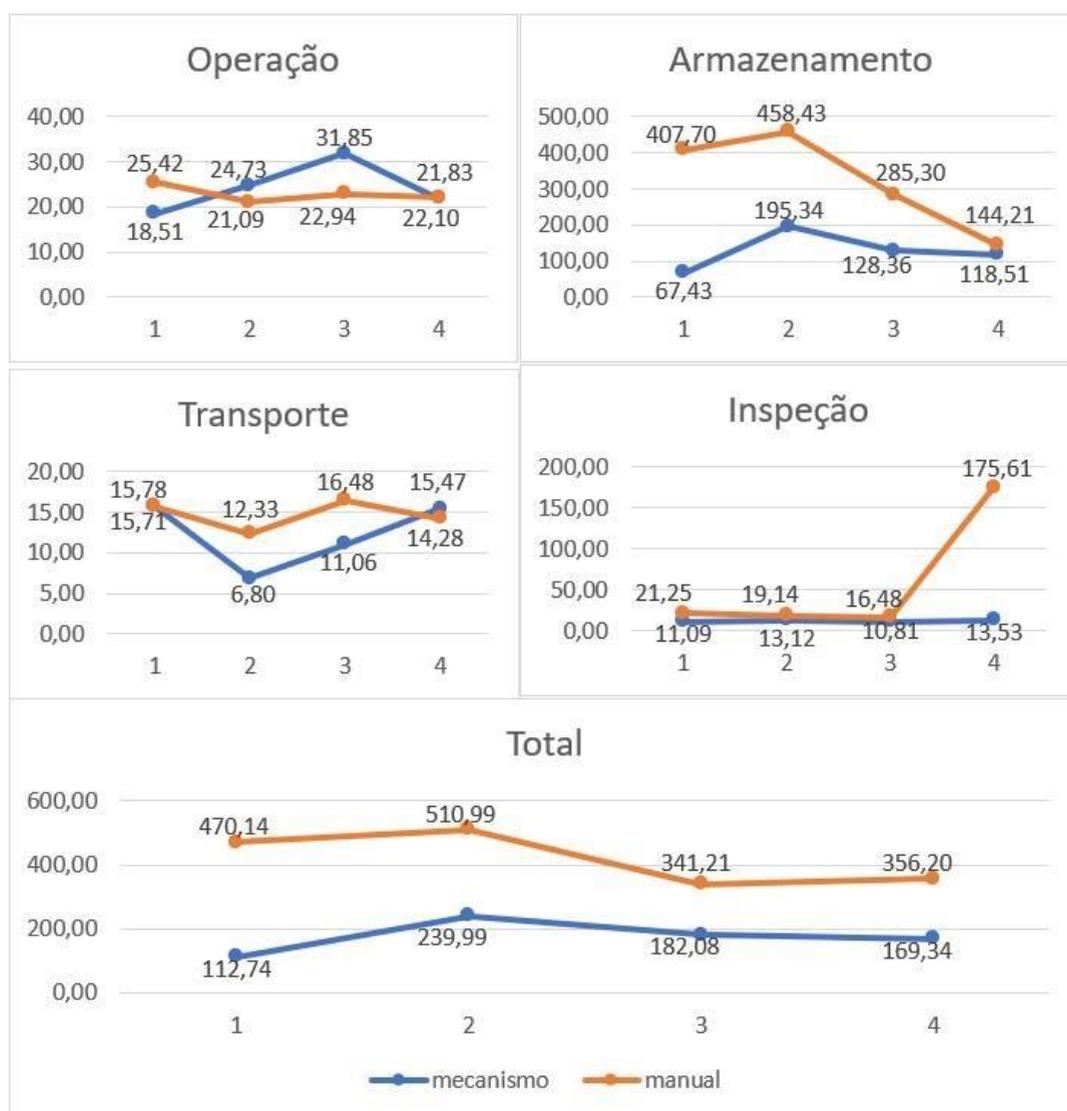


Figura 5.3 gráficos de comparação dos tempos médios de cada etapa por viagens.
Fonte: Elaborado pelo autor.

No entanto apenas a atividade operação que apresentou aumento na média das viagens. Esse tempo médio gasto nas viagens de coleta manual e coleta com mecanismo é apresentado no quadro 5.6 e representado através de gráfico na figura 5.4.

Quadro 5.6 – Comparação do mecanismo com a coleta manual.

	Operação	Armazenamento	Transporte	Inspeção	Total
Manual	22,82	248,03	14,97	49,14	334,96
Mecanismo	23,24	127,41	11,47	12,20	174,32
Diferença em tempo	-0,42	120,62	3,50	36,94	160,64
Redução (%)	-2%	49%	23%	75%	48%

Fonte: Elaborado pelo autor.

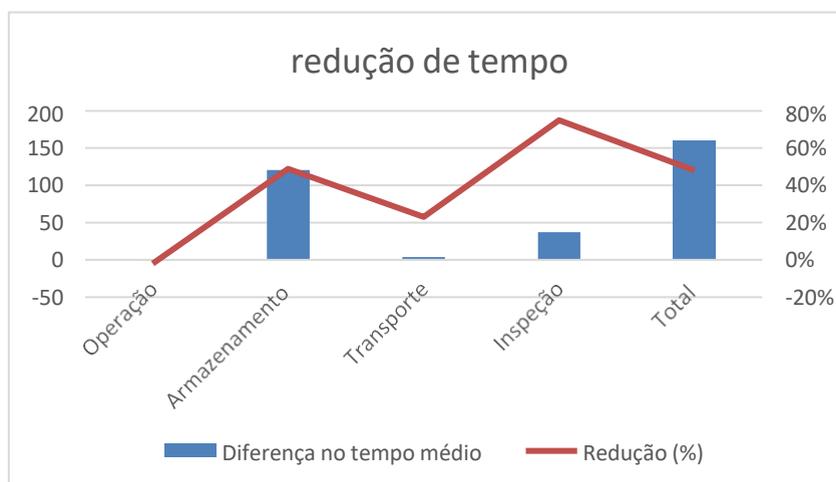


Figura 5.4 – gráfico da redução do tempo por etapa.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com isso pode ser identificado que o mecanismo proporciona uma redução em todas as etapas. A redução é de 48% no tempo total de viagens como pode ser observado na figura 5.4. A etapa de operação a que apresentou menor redução. Já a etapa de armazenamento apresentou a maior redução de tempo, chegando a 49%. A maior mudança na etapa com mecanismo consiste na forma que o operador exercitava a atividade. No modelo manual o operador realiza a coleta e depois ao término volta nas ruas recolhendo os itens já separados. Apesar de sua redução considerável foi identificado que uma redução maior poderia acontecer, o que impediu foi a necessidade de coletar itens mais pesados que não podiam ser colocados no compartimento móvel. Outro fator a ser observado é que apesar do **valor** reduzido da inspeção, dependendo do armazém, essa etapa pode ser reduzida ainda mais. Isso

ocorre devido a quantidade de SKUs por nicho. Quanto menor a quantidade de SKUs por nicho mais rápido é o processo, sendo ideal a proporção de um SKU por nicho. Quanto ao tempo de transporte, há uma redução na quantidade de observações, uma vez que o operador passa pelo corredor apenas uma vez em cada viagem. Isso faz com que a redução do tempo médio não tenha uma redução significativa, mas reduz o tempo total da viagem. No gráfico da figura 5.5 é identificado com barras a diferença dos tempos em cada etapa com a coleta manual e a coleta com mecanismo.

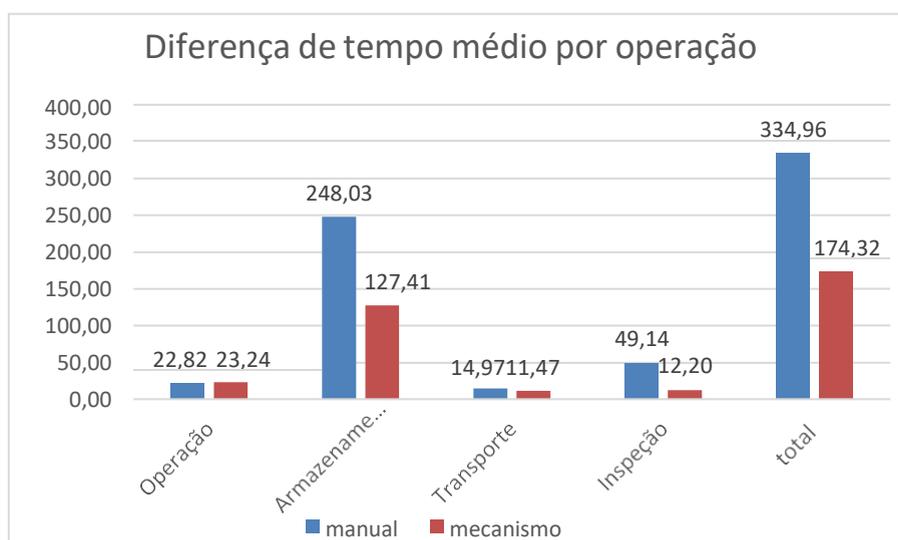


Figura 5.5 – Gráfico de barras comparação do tempo médio em cada operação com o mecanismo e manual.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na figura 5.5 é identificado tempo médio gasto em cada etapa de uma viagem. Em ambos os casos, o armazenamento é o que gasta o maior tempo. No caso da coleta manual, o tempo de inspeção é maior que o tempo da operação. Já na coleta com o mecanismo, o maior gasto de tempo ocorre na etapa de operação, sendo considerado pela literatura tempo produtivo.

6 Conclusões

Nos armazéns a coleta e separação de pedidos é a atividade que apresenta maior demanda. Essa atividade apesar de ser simples, apresenta diversos fatores que exigem flexibilidade. Por esse motivo, muitos armazéns não trabalham com tecnologias de automação do processo. Com o advento de novas tecnologias, os mecanismos de automação têm sido desenvolvidos com maior flexibilidade. Ainda assim, existem também outros pesquisadores que como solução, desenvolveram mecanismos que auxiliam o operador na atividade ao invés de substituí-los completamente na atividade. Dentre eles estão RFID, código de barras, e *Pick-by-light*. Cada um deles apresenta um desempenho em determinada etapa da atividade. Essa pesquisa propõe o desenvolvimento de um mecanismo que auxilia o operador na coleta e separação de pedidos, utilizando a interação dessas três tecnologias. O mecanismo tem como objetivo reduzir o tempo sem aumentar a quantidade de erros em todas as etapas da atividade. Para identificar se o artefato atingiu seu objetivo foram coletados dados contendo o tempo de viagem da coleta manual e o tempo de viagem da coleta com mecanismo em um armazém.

A comparação dos dados foi capaz de identificar que a coleta com o mecanismo reduz o tempo de viagem em até 48%, tendo reduzido o tempo em todas as etapas. Foi observado que a quantidade de tempo reduzido em cada uma das etapas pode ser interferida pelo layout do armazém. Um exemplo é a redução do tempo de inspeção, caso o armazém trabalhe com 1 SKU para cada compartimento com *pick-by-light*. Apenas a atividade de operação apresentou um tempo médio maior que a coleta manual. Porém esse aumento foi de menos de 3%, sendo compensado pela diminuição das outras etapas que apresentaram uma redução considerável.

Para o operador, a estrutura de *pick-by-light* é nitidamente um excelente método para agilidade na busca dos itens. Mas ficou receoso com o uso do leitor de código de barras que poderia gerar um gasto de tempo a mais na atividade. Mas com o conjunto das tecnologias ele identificou que isso de fato facilita seu desempenho na atividade reduzindo tempo e esforço.

Através dessa pesquisa foram realizados três produtos de pesquisa. São eles:

- Artigo científico “Dispositivos tecnológicos na coleta e separação de pedidos: Revisão bibliográfica” publicado na revista *Brazilian Journal of production Engineering*.
- Desenvolvimento de software
- Desenvolvimento do protótipo.

Para pesquisas futuras, é interessante que o mecanismo seja analisado junto a outras tecnologias também de coleta e separação de pedidos. O mecanismo também pode ser adaptado para além da coleta do pedido, realizar coleta de dados. Esse acréscimo permitirá identificar de forma precisa os gargalos dentro da atividade, facilitando a tomada de decisão. Poderia através desses dados gerar um mecanismo configurado como gêmeo digital.

Bibliografia

AKUNDI, A. FURESTI, D. LUNA, S. et al. “State of industry 5.0 – analyses and identification of current research trends.” **Applied system innovation**, Vol. 5, no 1, pp. 27, fev: 2022.

ANDRIOLO, A. BATTINI, D. CALZAVARA, M. et al. “New RFID pick-to-light system: Operating characteristics and future potential”. **International Journal of RF Technologies**, vol. 7, no 1, pp.43-63, jan: 2016.

ARSLAN, A. KLIBI, W. MONTREUIL, B. “Distribution Network Deployment for Omnichannel Retailing”. **European Journal of Operational Research**, vol. 294, no 3, pp. 1042 –1058, nov: 2021.

BARANES, R. **Estudo de movimentos e tempos: projeto e medida do trabalho**. São Paulo: EdgardBlucher, 1977.

BARRETO, C. MACHADO, R. “Dispositivos tecnológicos na coleta e separação de pedidos: Revisão bibliográfica.” **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 8, n. 6, p. 01–33, 2022

BATTINI D, CALZAVARA, M, PERSONA, A, et al. “A comparative analysis of different paperless picking systems”. **Industrial Management & Data Systems**, vol. 115, no 3, pp. 483-503, jan: 2015a.

BATTINI, D. CALZAVARA, M. PERSONA, A. et al. “Linking Human Availability and Ergonomics Parameters in Order-Picking Systems”. **IFAC-PapersOnLine**, vol. 48, no 3, pp. 345- 350, jan: 2015b.

BORGES, E. COSTA, N. MACHADO, R. “Análise do uso do DFP no diagnóstico de sistemas de produção: estudo de caso em uma metalúrgica”. XXIII Encontro Nac.

de Eng. de Produção, Ouro Preto, MG, Brasil, 21-24 Out 2003.

BOYSEN, N. DE KOSTER, R. WEIDINGER, F. “Warehousing in the E-Commerce Era: A Survey”. **European Journal of Operational Research**, vol. 277, no 2, pp. 396-411 set: 2019.

BOYSEN, N. FÜBLER, D. STEPHAN, K. “See the Light: Optimization of Put-to-light Order Picking Systems”. **Naval Research Logistics (NRL)**, vol. 67, no 1, pp. 3-20, fev: 2020.

BRASIL. LEI Nº 9.472, DE 16 DE JULHO DE 1997. Dispõe sobre a organização dos serviços de telecomunicações, a criação e funcionamento de um órgão regulador e outros aspectos institucionais, nos termos da Emenda Constitucional nº 8, de 1995. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19472.htm.

CAO, W., JIANG, P., LIU, B., & JIANG, K. “Real-Time Order Scheduling and Execution Monitoring in Public Warehouses Based on Radio Frequency Identification.” **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. vol. 95 no.5. pp.2473-2494. Nov. 2017.

CHEN, T. CHENG, C. CHEN, Y. et al. “An Efficient Hybrid Algorithm for Integrated Order Batching, Sequencing and Routing Problem”. **International Journal of Production Economics**, vol. 159, pp. 158-167, jan: 2015.

CHEVALIER, S. (2022, Setembro 21). Global retail e-commerce sales 2014-2024. Retrieved novembro 15, 2022, disponível em: [Vendas globais de comércio eletrônico de varejo 2026 | Statista](#).

CHEN, P. XIONG, W. NI, Z. “A kind of intelligent goods dispatch system and method.” **Patent**, 5 mar. 2019. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/CN104978646B/en?q=~patent%2fCN104933381B>. Acesso em: 4 dez. 2022.

CHOY, K. L., HO, G. T. S., & LEE, C. K. H. “A RFID-Based Storage Assignment System for

Enhancing the Efficiency of Order Picking.” **Journal of Intelligent Manufacturing**. Vo. 28 No. 1 pp. 111–129 Jan 2017.

COPOLLA D., (2022, setembro 21) Worldwide e-commerce share of retail sales 2015-2024. Retrieved novembro 15, 2022, disponível em: [Participação global do comércio eletrônico nas vendas no varejo 2026 | Statista](#).

CUSTODIO, L. MACHADO, R. “Flexible Automated Warehouse: A Literature Review and an Innovative Framework”. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, vol. 106, no 1, pp. 533-558 jan: 2020.

DE KOSTER, R. LE-DUC, T. ROODBERGEN, K. “Design and Control of Warehouse Order Picking: A Literature Review”. **European Journal of Operational Research**, vol. 182, no 2, pp. 481-501, out: 2007.

DE VRIES, J. DE KOSTE, R STAM, D. “Exploring the Role of Picker Personality in Predicting Picking Performance with Pick by Voice, Pick to Light and RF-Terminal Picking”. **International Journal of Production Research**, vol. 54, no 8, pp.2260-2274, abr: 2016.

FANG, W., & AN, Z. “A Scalable Wearable AR System for Manual Order Picking Based on Warehouse Floor-Related Navigation.” **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. Vol. 109 no. 7. pp.2023-2037, jul 2020.

FONTIN, J. LIN, S. “A Joint Comparative Analysis of Routing Heuristics and Paperless Picking Technologies Using Simulation and Data Envelopment Analysis”. **Applied Sciences**, vol. 10, no 24, pp.8777, dez: 2020.

FÜCHTENHANS, M., GROSSE E. H., & GLOCK C. H. “Smart Lighting Systems: State-of-the-Art and Potential Applications in Warehouse Order Picking.” **International Journal of Production Research**. Vo. 59 No. 12 pp. 3817–3839. Fev. 2021.

GAJŠEK, B., ĐUKIĆ, G., BUTLEWSKI, M., OPETUK, T., CAJNER, H., & KAČ, S.M. “The Impact of the Applied Technology on Health and Productivity in Manual ‘Picker-to-Part’

Systems." **Work**. Vo. 65 No. 3 pp. 525–536. Jan 2020.

GIALOS, A., & ZEIMPEKIS, V. "Testing vision picking technology in warehouse operations: Evidence from laboratory experiments". **International Journal of Industrial Engineering and Management**, vol. 11, no 1, pp. 19-30, mar: 2020.

GROSSE, E., GLOCK, C., JABER, M. "The effect of worker learning and forgetting on storage reassignment decisions in order picking systems", **Computers & Industrial Engineering**, Vol. 66 no. 4, pp. 653-662, dec: 2013.

GUO, A., WU, X., SHEN, Z., STARNER, T., BAUMANN, H., & GILILAND, S. "Order Picking with Head-Up Displays." **Computer**. Vo. 48 No. 6. pp. 16–24. Jun. 2015.

HANSON, R., FALKENSTRÖM, W., & MIETTINEN, M. "Augmented Reality as a Means of Conveying Picking Information in Kit Preparation for Mixed-Model Assembly." **Computers & Industrial Engineering**. Vo. 113. pp. 570-575. Nov. 2017.

JAGHBEER, Y. HANSON, R. JOHANSSON, M. "Automated Order Picking Systems and the Links between Design and Performance: A Systematic Literature Review". **International Journal of Production Research**, vol. 58, no 15, pp. 4489-4505, ago: 2020.

KONG, X. YANG, X. PENG, K. et al. "Cyber Physical System-Enabled Synchronization Mechanism for Pick-and-Sort Ecommerce Order Fulfilment". **Computers in Industry**, vol. 118, pp.103-220, jun: 2020.

KEUNG, K. LEE, C. JI, P. et al. "Cloud-Based Cyber-Physical Robotic Mobile Fulfillment Systems: A Case Study of Collision Avoidance". **IEEE Access**, vol. 8, pp. 89318–8936, maio: 2020.

KIM, Y. HONG, S. "Two Picker Cooperation Strategies for Zone Picking Systems With PTL Technology". **IEEE Access**, vol. 8, pp. 106059 - 106070, jun: 2020.

KUDELSKA, I. NIEDBAŁ, R. "Technological and Organizational Innovation in Warehousing Process – Research over Workload of Staff and Efficiency of Picking

- Stations”. **E+M Ekonomie a Management**, vol. 23, no 3, pp. 67-81, 2020.
- LACERDA, D. DRECH, A. PROENÇA, A. et al. “Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção”. **Gestão & Produção**, vol. 20, pp. 741-761, 2013.
- LATIF, U. K., & SHIN, S. Y. “OP-MR: The Implementation of Order Picking Based on Mixed Reality in a Smart Warehouse.” **The Visual Computer**. Vo. 36 No. 7 pp. 1491-1500. Jul. 2020.
- MAESTRI, G, BESSA, C.G. OLIVEIRA, F. et al. “Revoluções tecnológicas e a relação com o setor têxtil: perspectivas baseadas em indústria 3.5, indústria 4.0 e indústria 5.0” **Perspectivas da Ciência e Tecnologia**. Vo. 13 pp. 149-161 set: 2021.
- MAGAZINE LUIZA. **Relatório anual de sustentabilidade de 2020**, disponível em: [Relatório Anual e Sustentabilidade - Magazine Luiza | Relações com Investidores](#) acessado em: 28 ago. 2022.
- MARCHET, G. MELACINI, M. PEROTTI S. “Investigating Order Picking System Adoption: A Case-Study-Based Approach”. **International Journal of Logistics Research and Applications**, vol. 18, no 1, pp. 82-98 jan: 2015.
- PEFFERS, K. TUUNANEN, T. ROTHENBERGER, M. et al. “A Design Science Research Methodology for Information Systems Research”. **Journal of Management Information Systems**, vol. 24, no 3, pp. 45-77 dez: 2007.
- PEINADO, J. GRAEML, A. “Estudo de tempo, movimento e métodos”. **Administração Da Produção (Operações Industriais e de Serviço)**. 1ª ed., capítulo 2, Curitiba: UnicenP, 2007.
- POON T. CHOY K. CHOW H., et al. “A RFID Case-Based Logistics Resource Management System for Managing Order-Picking Operations in Warehouses”. **Expert Systems with Applications**, vol. 36, no 4, pp. 8277-8201, maio: 2009.
- REIF, R. GÜNTNER, W. A. SCHWERDTFEGER, B. KLINKER, G. “Evaluation

of an Augmented Reality Supported Picking System Under Practical Conditions.”

Computer Graphics Forum Vo. 29 No. 1 pp. 2–12. Fev. 2010.

REIF, R. & GÜNTHER, W. A. “Pick-by-Vision: Augmented Reality Supported Order Picking.” **The Visual Computer**. Vo. 25 No. 5 May 2009.

TU, M. YANG, M. KAO, S. ET AL. “Using a Heuristic Multi-Objective Genetic Algorithm to Solve the Storage Assignment Problem for CPS-Based Pick-and-Pass System”. **Enterprise Information Systems**, vol. 15, no 9, pp.1238-1259, out: 2021.

ROZENFELD, h. FORCELLINI, F. A. AMARAL, D. C. TOLEDO, J. C. SILVA, S.

I. ALLIPRADINI, D. H. SCALICE, R. K. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. 1. ed. [s.l.] Saraiva Uni, 29 novembro 2012.

SCHWERDTFEGER, B. REIF, R. GÜNTNER, W. A. KLINKER, G. “Pick-by-Vision: There Is Something to Pick at the End of the Augmented Tunnel.” **Virtual Reality**. Vo. 15 No. 2. Mar. 2011.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção – Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman,1996.

VAN GEEST, M. Tekinerdogan, B. Catal, C. “Design of a Reference Architecture for Developing Smart Warehouses in Industry 4.0”. **Computers in Industry**, vol. 124, pp. 1003-343 jan: 2021, p. 103343.

STEVENS, J. WATERHOUSE, P. VANDENBERG, M. “**Tote-based warehousing system and method.**” US Patent, 2 nov. 2010. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US7826920B2/en?q=~patent%2fCN104933381B&page=2>>. Acesso em: 4 dez. 2022.

WILLIAMS, J. BHASKARAN, R. MARTIN, C. “**Continuous barcode tape based inventory location tracking.**” US Patent, 16 fev. 2016. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US9262741B1/en?q=~patent%2fCN104933381>>

B&page=1>. Acesso em: 4 dez. 2022.

WINKELHAUS, S. Grosse, E. Morana, S. “Towards a Conceptualisation of Order Picking 4.0”. **Computers & Industrial Engineering**, vol. 159, pp. 107-511, set: 2021.

WU; SHIGANG; LINMAH; LUIQING; GUHUIZHOU; QIANLIU; JIALU; et al.
“Bibliographic intelligent classification return device.” Patent, 27 ago. 2009.

Disponível em:

<[https://patents.google.com/patent/JP3153137U/en?q=~patent%2fCN104933381B](https://patents.google.com/patent/JP3153137U/en?q=~patent%2fCN104933381B&page=6)
&page=6>. Acesso em: 4 dez. 2022.

ANEXO II

DADOS DA COLETA E SEPARAÇÃO DE PEDIDOS MANUAL.

viagem	distância	Tempo	Atividade	descrição da atividade.
1	6,32	9,34	Transporte	Caminhando rua 5
1	0	41,1	Inspeção	Olhando a caixa
1	0	27,95	Inspeção	vendo prancheta
1	0	16,62	Inspeção	procurando Item
1	0	18,35	Operação	Pegando item
1	0	7,57	Inspeção	Procurando
1	0	9,07	Operação	separando mercadoria
1	0	11,94	Operação	separando item
1	0	3,03	Inspeção	marcando item na prancheta
1	0	17,77	Operação	pegando item
1	0	15,76	Inspeção	analizando prancheta
1	0	21,98	Operação	pegando item
1	0	10,05	Inspeção	analizando prancheta
1	0	11,64	Operação	pegando item
1	0	24,82	Inspeção	analizando prancheta
1	0	7,89	Inspeção	procurando nicho do produto
1	0	6,42	Inspeção	olhando a prancheta
1	0	11,69	Operação	Pegando item
1	9,16	18,59	Transporte	caminhando rua 3
1	0	38,85	Operação	Pegando item
1	0	11,74	Inspeção	olhando prancheta
1	9,16	20,49	Transporte	Caminhando rua 5
1	0	13,8	Inspeção	procurando nicho
1	0	11,01	Operação	separando item
1	0	7,38	Inspeção	olhando prancheta
1	7,72	33,53	Transporte	caminhando rua 9 pegando escada
1	0	15,24	Transporte	subindo escada olhando caixas
1	0	16,5	Operação	pegando item
1	0	42,82	Inspeção	olhando prancheta
1	0	36,06	Operação	pegando item da caixa
1	0	34,51	Inspeção	anotando prancheta
1	0	19,97	Inspeção	procurando item
1	0	12,77	Operação	separando item
1	0	8,72	Inspeção	Prancheta
1	0	27,28	Inspeção	Prancheta
1	0	14,99	Inspeção	Procurando
1	2,2	8,16	Transporte	caminhando com escada
1	0	8,77	Inspeção	Procurando

1	0	37,51	Operação	separando item
1	0	17,48	Inspeção	Procurando
1	0	47,23	Operação	separando item
1	0	38,2	Inspeção	anotando prancheta
1	0	14,73	Transporte	descendo da escada e caminhando
1	0	61,22	Inspeção	procurando
1	0	9,55	Transporte	caminhando com escada
1	0	29,34	Inspeção	procurando
1	0	67,73	Operação	coletando
1	0	15,17	Inspeção	anotando prancheta
1	7,8	33,41	Transporte	CAMINHANDO SEM ESCADA RUA 6
1	0	46,8	Inspeção	olhando a prancheta
1	0	23,07	Operação	separando item
1	0	18,63	Inspeção	Prancheta
1	0	34,41	Inspeção	Procurando
1	0	6,69	Operação	separando item
1	0	24,04	Inspeção	Procurando
1	0	29,78	Inspeção	Prancheta
1	0	31,6	Inspeção	Procurando
1	4,6	10,14	Transporte	caminhando rua 7
1	0	15,07	Inspeção	Prancheta
1	0	22,3	Inspeção	Procurando
1	0	12,01	Operação	coletando
1	0	12,58	Inspeção	Procurando
1	0	48,1	Operação	separando item
1	0	33,7	Inspeção	Procurando
1	0	7,58	Operação	separando item
1	0	17,26	Inspeção	Prancheta
1	0	15,48	Operação	separando item
1	0	9,5	Inspeção	Prancheta
1	10,48	4,79	Transporte	caminhando rua 3
1	0	30,28	Inspeção	Procurando
1	0	25,64	Operação	separando item
1	0	78,97	Operação	separando item
1	0	10,76	Inspeção	Prancheta
1	0	11,97	Inspeção	Procurando
1	7,65	13,01	Transporte	caminhando rua 6
1	0	12,34	Operação	separando item
1	0	9,63	Inspeção	anotando prancheta
1	0	45,59	Inspeção	Procurando
1	0	33,34	Operação	separando item
1	5,7	14,14	Transporte	caminhando rua 9
1	0	12,11	Inspeção	Procurando
1	0	27,55	Operação	separando item
1	0	6,18	Inspeção	Prancheta
1	0	407,7	Armazenamento	pegando as mercadorias pelas ruas

2	6,35	7,32	Transporte	caminhando rua 6
2	0	15,93	Operação	separando item
2	0	18,93	Inspeção	buscando
2	0	39,63	Operação	separando item
2	0	22,19	Operação	guardando material
2	0	11,62	Inspeção	buscando
2	0	14,39	Inspeção	buscando
2	0	7,34	Transporte	caminhando mesma rua
2	0	21,33	Operação	separando item
2	0	6,62	Inspeção	buscando
2	4,22	10,62	Transporte	caminhando rua 7
2	0	18,28	Operação	separando item
2	0	12,09	Inspeção	Prancheta
2	0	13,49	Transporte	caminhando rua 9
2	0	44,07	Operação	separando item
2	0	17,7	Inspeção	buscando
2	0	8,08	Operação	separando item
2	0	42,13	Espera	atendendo telefone
2	4,85	18,62	Transporte	caminhando rua 9
2	0	9,16	Inspeção	buscando
2	0	9,5	Operação	buscando
2	0	8,48	Inspeção	Prancheta
2	0	8,51	Inspeção	buscando
2	0	16,95	Operação	separando item
2	0	16,34	Inspeção	buscando
2	0	18,84	Operação	separando item
2	0	7	Inspeção	buscando
2	0	9,88	Operação	separando item
2	0	28	Inspeção	buscando
2	0	29,4	Operação	separando item
2	0	13,17	Inspeção	buscando
2	0	51,65	Operação	separando item
2	0	28,79	Inspeção	buscando
2	0	17,02	Operação	separando item
2	0	72,1	Inspeção	buscando (em cima da escada)
2	0	21,93	Operação	separando item
2	0	29,3	Inspeção	buscando
2	0	63,01	Operação	separando item
2	0	39,44	Inspeção	buscando
2	0	60,86	Operação	separando item
2	0	138,77	Espera	atendendo porta
2	0	8,63	Inspeção	buscando
2	11,15	11,7	Transporte	caminhando rua 8
2	0	14,63	Operação	coletando
2	0	16,34	Inspeção	buscando
2	0	23,45	Operação	separando item
2	0	21,41	Inspeção	buscando

2	0	13,03	Operação	separando item
2	0	12,97	Inspeção	buscando
2	7,3	11,11	Transporte	caminhando rua7
2	0	5,38	Inspeção	buscando
2	0	15,15	Operação	separando item
2	4,35	17,86	Transporte	caminhada rua 6
2	0	27,93	Operação	separando item
2	0	18,58	Inspeção	Buscando
2	0	6,82	Operação	separando item
2	7,7	12,26	Transporte	caminhando rua 3
2	0	4,38	Operação	separando item
2	3,6	13	Transporte	caminhando rua 5
2	0	6,59	Inspeção	Buscando
2	0	5,23	Operação	separando item
2	0	19,18	Inspeção	Buscando
2	0	7,19	Operação	separando item
2	0	6,29	Inspeção	Buscando
2	0	8,86	Operação	separando item
2	0	38,12	Inspeção	Buscando
2	0	7,44	Operação	separando item
2	0	40,7	Inspeção	Buscando
2	0	9,03	Operação	separando item
2	0	458,43	Armazenamento	juntando itens
3	6,05	28,59	Transporte	caminhada rua 5
3	0	12,63	Operação	separando item
3	0	14,89	Inspeção	olhando planilha
3	6.15	5	Transporte	caminhando rua 4
3	0	8,35	Inspeção	Buscando
3	0	11,43	Operação	coletando
3	0	6,85	Operação	coletando
3	0	4,04	Inspeção	Prancheta
3	0	5,11	Operação	coletando
3	0	10,59	Inspeção	prancheta
3	0	15,71	Operação	coletando
3	0	7,6	Inspeção	Prancheta
3	0	14,37	Operação	coletando
3	0	11,06	Inspeção	Prancheta
3	0	8,9	Operação	coletando
3	0	12,8	Inspeção	olhando planilha
3	0	5,35	Operação	coletando
3	0	8,48	inspeção	prancheta
3	0	18,06	Operação	coletando
3	0	8,52	Inspeção	Buscando
3	0	11,1	Operação	coletando
3	0	5,63	Inspeção	Buscando
3	0	7,67	Operação	coletando
3	2	7,18	Transporte	caminhando rua7

3	0	7,38	Operação	coletando
3	1,85	18,66	Transporte	caminhando rua 6
3	0	51,76	Operação	coletando
3	0	17,49	Inspeção	Buscando
3	0	8,82	Operação	coletando
3	0	5,55	Inspeção	analizando
3	0	5,88	Operação	coletando
3	0	17,22	Inspeção	analizando
3	0	6,35	Operação	coletando
3	0	7,25	Inspeção	analizando
3	5,95	14,12	Transporte	caminhando rua 3
3	0	11,53	Operação	coletando
3	0	11,47	Inspeção	analizando
3	0	40,39	Operação	coletando
3	1,5	7,21	Transporte	caminhando rua 4
3	0	6,67	Inspeção	Buscando
3	0	23,59	Operação	coletando
3	0	8,82	Inspeção	prancheta
3		7,38	Transporte	caminhando rua 7
3	0	15,96	Operação	coletando
3	3,15	16,14	Transporte	caminhando rua 7
3	0	12,14	Operação	coletando
3	0	14,87	Inspeção	Buscando
3	0	11,04	Operação	coletando
3	0	9,42	Inspeção	Buscando
3	0	8,39	Operação	coletando
3	0	13,72	Inspeção	Buscando
3	0	14,38	Operação	coletando
3	7,5	17,16	Transporte	caminhando rua 8
3	0	9,92	Inspeção	Buscando
3	0	20,17	Operação	separando item
3	0	28,19	Inspeção	Buscando
3	0	40,54	Operação	separando item
3	0	12,51	Inspeção	Buscando
3	0	35,29	Operação	separando item
3	0	7,63	Inspeção	Buscando
3	10,2	13,66	Transporte	rua 9
3	0	6,43	Operação	coletando
3	0	29,43	Inspeção	Buscando
3	0	22,86	Operação	separando item
3	0	69,31	Inspeção	buscando prancheta
3	0	21,23	Operação	separando item
3	0	6,41	Inspeção	Buscando
3	0	13,92	Operação	separando item
3	0	11,32	Inspeção	Buscando
3	0	20,55	Operação	separando item
3	0	20,61	Inspeção	Buscando

3	0	19,95	Operação	separando item
3	0	10,34	Inspeção	Buscando
3	0	11,38	Operação	separando item
3	0	14,35	Inspeção	Buscando
3	0	31,09	Operação	separando item
3	0	98,63	Espera	atendendo telefone
3	0	16,42	Operação	coletando pedido do telefone
3	0	19,31	Inspeção	Buscando
3	0	35,12	Operação	coletando
3	0	28,74	Inspeção	Buscando
3	0	17,97	Operação	coletando
3	0	36,64	Transporte	buscando escada
3	0	52,27	Operação	coletando
3	0	27,88	Inspeção	prancheta
3	0	42,74	Armazenamento	ajustando a rua para escada
3	0	27,37	Espera	parada para entregar item ao cliente
3	0	11,04	Inspeção	buscando item escada
3	0	29,71	Operação	coletando
3	0	100,09	Espera	parada para atender telefone
3	0	79,9	Espera	atender telefone novamente
3	0	26,01	Inspeção	prancheta (se perdeu na coleta)
3	0	48,96	Operação	separando item
3	0	41,45	Inspeção	olhando prancheta
3	0	30,09	Transporte	pegando escada
3	0	41,9	Operação	coletando
3	10,1	13,73	Transporte	caminhando rua 8
3	0	16,71	Operação	separando item
3	0	8,72	Inspeção	Buscando
3	0	15,92	Operação	separando item
3	0	10,95	Inspeção	Buscando
3	0	5,54	Operação	separando item
3	0	14,66	Inspeção	Buscando
3	0	14,98	Armazenamento	organizando itens
3	0	18,18	Inspeção	Buscando
3	0	84,49	Operação	separando item
3	9,3	8,53	Transporte	caminhando rua 6
3	0	7,73	Inspeção	Buscando
3	0	21,63	Operação	separando item
3	0	17,53	Inspeção	prancheta
3	5,7	12,67	Transporte	caminhando rua 5
3	0	93,21	Operação	separando item
3	0	19,99	Inspeção	Buscando
3	0	10,86	Operação	separando item
3	0	32,99	Armazenamento	devolvendo a caixa
3	0	26,92	Transporte	pegando escada
3	0	42,97	Inspeção	Buscando

3	0	33,3	Operação	separando item
3	0	21,38	Inspeção	Buscando
3	0	22,61	Operação	separando item
3	0	21,43	Inspeção	Buscando
3	0	58,1	Operação	separando item
3	0	12,33	Inspeção	Buscando
3	0	31,67	Operação	separando item
3	0	32,87	Inspeção	Buscando
3	0	36,01	Operação	separando item
3	0	1050,49	Armazenamento	recolhendo itens
4	10,45	27,58	Transporte	caminhando rua 1
4	0	17,86	Armazenamento	separando caixa
4	0	12,85	Operação	coletando
4	6	24,22	Transporte	caminhando rua 2 deixar caixa
4	4	12,02	Transporte	olhando prancheta rua 4
4	0	7,61	Operação	separando item
4	0	9,58	Inspeção	Buscando
4	0	11,23	Operação	separando item
4	0	6,37	Inspeção	Buscando
4	0	21,21	Operação	coletando
4	0	10,63	Inspeção	Buscando
4	3,7	10,2	Transporte	caminhando rua 5
4	0	12,9	Operação	coletando
4	0	16,39	Inspeção	Buscando
4	0	16,87	Operação	separando item
4	0	9,71	Inspeção	Buscando
4	0	16,45	Operação	separando item
4	0	4401	Inspeção	Buscando
4	0	13,96	Operação	coletando
4	0	12,7	Inspeção	Buscando
4	0	11,02	Operação	separando item
4	0	12,41	Inspeção	prancheta
4	6,1	8,24	Transporte	caminhando rua 6
4	0	19,22	Operação	coletando
4	0	11,9	Inspeção	Buscando
4	2,9	12,96	Transporte	caminhando rua 7
4	0	25,55	Operação	coletando
4	0	6,7	Inspeção	Buscando
4	4	7,5	Transporte	caminhando dentro da rua 7
4	0	32,71	Operação	separando item
4	6	10,29	Transporte	rua 9
4	0	28,92	Operação	coletando
4	0	19,21	Inspeção	Buscando
4	0	12,88	Operação	coletando
4	0	23,59	Armazenamento	pegando caixa
4	0	40,92	Operação	separando item

4	0	9	Inspeção	Buscando
4	0	14,17	Operação	coletando
4	0	67,93	Inspeção	Buscando
4	0	21,33	Operação	coletando
4	0	9,15	Inspeção	Buscando
4	0	34,28	Operação	coletando
4	0	14,82	Inspeção	prancheta
4	0	11,51	Operação	coletando
4	0	9,94	Inspeção	Buscando
4	0	39,21	Operação	coletando
4	0	62,43	Inspeção	Buscando
4	0	32,15	Operação	coletando
4	0	6,31	Inspeção	Buscando
4	0	31,67	Operação	coletando
4	0	57,11	Inspeção	Buscando
4	0	24,34	Operação	coletando
4	0	64,27	Inspeção	Buscando
4	0	60,28	Operação	coletando
4	0	52,71	Inspeção	Buscando
4	0	21,2	Operação	coletando
4	0	22,37	Inspeção	Buscando
4	0	14,3	Armazenamento	juntando itens
4	10,5	10,32	Transporte	caminhando rua 8
4	0	10,1	Inspeção	Buscando
4	0	6,41	Operação	coletando
4	7,6	22,12	Transporte	caminhando rua 3
4	0	6,73	Operação	coletando
4	0	7,57	Inspeção	Buscando
4	0	10,76	Operação	coletando
4	0	43,49	Inspeção	Buscando
4	0	24,17	Operação	coletando
4	8,7	13,08	Transporte	caminhando rua 8
4	0	23,4	Inspeção	Buscando
4	0	26,99	Operação	coletando
4	5,2	12,88	Transporte	buscando rua 5
4	0	36,12	Operação	coletando
4	0	21,84	Inspeção	Buscando
4	0	35,13	Operação	coletando
4	0	26,79	Inspeção	buscando rua 8
4	0	20,43	Operação	coletando
4	0	66,76	Inspeção	Buscando
4	0	10,2	Operação	coletando
4	0	461,76	Armazenamento	juntando itens
4	0	152,17	Espera	atender porta
4	0	203,53	Armazenamento	finalizando junção dos itens

ANEXO III

DADOS DA COLETA E SEPARAÇÃO DE PEDIDOS COM MECANISMO.

Viagem	Distância	Tempo	Atividade	Descrição da atividade
1	0	34,02	Inspeção	iniciando sistema
1	0	7,08	Inspeção	olhando sistema
1	10,41	20,61	Transporte	caminhando rua 9
1	0	14,67	Inspeção	olhando sistema
1	0	6,52	Inspeção	busca
1	0	14,14	Operação	coleta
1	0	9,23	Inspeção	busca
1	0	24,25	Operação	coleta
1	0	10,23	Inspeção	busca
1	0	17,66	Operação	coleta
1	0	8,44	Inspeção	busca
1	0	15,62	Operação	coleta
1	0,5	8,23	Transporte	caminhando na rua
1	0	6,59	Inspeção	busca
1	0	13,07	Operação	coleta
1	0	14,4	Inspeção	busca
1	0	24,41	Operação	coleta
1	6	14,25	Transporte	caminhando rua 8
1	0	9,68	Inspeção	olhando sistema
1	0	10,86	Inspeção	busca
1	0	11,39	Operação	coleta
1	0	9,11	Inspeção	busca
1	0	12,38	Operação	coleta
1	0	4,7	Inspeção	busca
1	0	15,9	Operação	coleta
1	0	10,59	Inspeção	busca
1	0	23,13	Operação	coleta
1	0	4,32	Inspeção	busca

1	0	35,62	Operação	coleta
1	0	8,04	Inspeção	busca
1	0	24,92	Operação	coleta
1	8,21	18,76	Transporte	caminando rua 2
1	0	10,12	Inspeção	busca
1	0	15,08	Inspeção	busca
1	0	33,87	Operação	coleta
1	0	10,13	Operação	busca
1	0	22,82	Inspeção	coleta
1	0	27,06	Operação	coleta
1	0	11,76	Inspeção	busca
1	3,81	6,88	Transporte	caminhando rua 3
1	0	11,3	Operação	busca
1	0	16,14	Operação	coleta
1	0	2,87	Inspeção	busca
1	0	20,08	Operação	coleta
1	0	7,64	Inspeção	busca
1	0	10,06	Operação	coleta
1	0	16,4	Inspeção	busca
1	0	9,05	Operação	coleta
1	11,2	25,52	Transporte	caminhando buffer
1	0	67,43	Armazenamento	armazenamento
2	0	32,56	Inspeção	abrindo o sistema
2	1,34	18,3	Transporte	caminhando rua 3
2	0	9,71	Inspeção	observando sistema
2	2,5	4,97	Transporte	caminhando rua 2
2	0	13,06	Inspeção	olhando sistema
2	0	5,64	Inspeção	buscando
2	0	51,3	Operação	coletando
2	0	13,06	Inspeção	buscando
2	0	12,94	Operação	coletando
2	0	6,4	Inspeção	buscando
2	0	51,3	Operação	coletando
2	0	2,03	Inspeção	observando estante
2	4,31	12,34	Transporte	caminhando rua 8
2	0	24,03	Inspeção	olhando sistema
2	0	2,03	Transporte	caminhando
2	0	11,25	Inspeção	buscando
2	0	43,06	Operação	coletando
2	0	10,09	Inspeção	buscando
2	0	25,1	Operação	coletando

2	0	2,64	Inspeção	buscando
2	0	8,03	Operação	coletando
2	0	31,06	Inspeção	buscando
2	0	21,03	Operação	coletando
2	0	6,1	Inspeção	buscando
2	0	23,16	Operação	coletando
2	0	8,26	Inspeção	buscando
2	0	16,81	Operação	coletando
2	0	13,06	Inspeção	olhando sistema
2	3,04	5,09	Transporte	caminhando rua 9
2	0	2,64	Inspeção	olhando sistema
2	0	1,03	Transporte	caminhando
2	0	26,3	Inspeção	buscando
2	0	51,03	Operação	coletando
2	0	12,06	Inspeção	buscando
2	0	42,9	Operação	coletando
2	0	3,03	Inspeção	buscando
2	0	10,87	Operação	coletando
2	0	9,26	Inspeção	buscando
2	0	13,94	Operação	coletando
2	1	2,06	Transporte	caminhando na rua
2	0	16,42	Inspeção	buscando
2	0,4	2,09	Transporte	caminhando na rua
2	0	16,24	Inspeção	buscando
2	0	2,31	Operação	coletando
2	0,6	0,64	Transporte	caminhando na rua
2	0	51,34	Inspeção	buscando
2	0	26,31	Operação	coletando
2	0	2,84	Inspeção	buscando
2	0	8,3	Operação	coletando
2	0	1,03	Inspeção	olhando estante
2	0,3	24,3	Transporte	caminhando na rua
2	0	21	Inspeção	buscando
2	0	12,03	Operação	coletando
2	0	3,06	Inspeção	olhando estante
2	3	2	Transporte	caminhando para o buffe
2	0	195,34	Armazenamento	armazenando
3	0	24,03	Inspeção	abrindo o sistema
3	10,05	34,01	Transporte	caminhando rua 9
3	0	41,25	Inspeção	observando o sistema
3	0	2,6	Inspeção	olhando estante

3	0	21,03	Inspeção	buscando
3	0	6,84	Operação	coletando
3	0	1,64	Inspeção	buscando
3	0	52,06	Operação	coletando
3	0	8,06	Inspeção	olhando estante
3	0,7	2,3	Transporte	caminhando na rua
3	0	4,06	Inspeção	buscando
3	0	25,3	Operação	coletando
3	0	2,98	Inspeção	olhando estante
3	2,4	1,6	Transporte	caminhando rua 8
3	0	4,32	Inspeção	olhando sistema
3	0	3,1	Inspeção	olhando estante
3	0	24,82	Inspeção	buscando
3	0	3,1	Operação	coletando
3	0	25,36	Inspeção	buscando
3	0	26,34	Operação	coletando
3	0	2,64	Inspeção	buscando
3	0	28,94	Operação	coletando
3	0	5,31	Inspeção	buscando
3	0	94,35	Operação	coletando
3	0	2,3	Inspeção	olhando estante
3	6,9	15,34	Transporte	caminhando rua 3
3	0	20,4	Inspeção	sistema
3	0	2,9	Inspeção	olhando estante
3	0	9,48	Inspeção	buscando
3	0	38,29	Operação	coletando
3	0	2,73	Inspeção	buscando
3	0	26,85	Operação	coletando
3	0	2,99	Inspeção	buscando
3	0	15	Operação	coletando
3	0	2,06	Inspeção	olhando estante
3	0	42,31	Inspeção	buscando
3	0	33,29	Operação	coletando
3	0	2,02	Inspeção	olhando a estante
3	0	1,06	Inspeção	olhando sistema
3	11,2	2,03	Transporte	caminhando no buffer
3	0	128,36	Armazenamento	armazenando
4	0	24,03	Inspeção	abrindo o sistema
4	2,06	6,24	Transporte	caminhando rua 3
4	0	16,02	Inspeção	indicando a rua
4	0	8,4	Inspeção	buscando

4	0	45,1	Operação	coletando
4	0	6,32	Inspeção	buscando
4	0	24,36	Operação	coletando
4	0	10,24	Inspeção	buscando
4	0	9,5	Operação	coletando
4	0	2,45	Inspeção	observando o sistema
4	0	8,36	Operação	coletando
4	0	49,3	Inspeção	buscando
4	0,4	4,1	Transporte	caminhando rua 3
4	0	64,25	Inspeção	olhando o sistema
4	8,1	59,46	Transporte	caminhando rua 8
4	0	12	Inspeção	olhando sistema
4	0	34,67	Operação	coletando
4	0	25,4	Inspeção	buscando
4	0	8,64	Operação	coletando
4	0	5,31	Inspeção	buscando
4	0	46,75	Operação	coletando
4	0	5,24	Inspeção	buscando
4	0	17,26	Operação	olhando sistema
4	1	4,31	Transporte	caminhando na rua
4	0	6,1	Inspeção	buscando
4	0	2,08	Operação	coletando
4	0	16,32	Inspeção	buscando
4	0	6,42	Operação	coletando
4	0	4,32	Inspeção	buscando
4	0	15,24	Operação	coletando
4	3,08	25,64	Transporte	transporte rua 9
4	0	10,3	Inspeção	olhando sistema
4	0	4,25	Inspeção	buscando
4	0	51,32	Operação	coletando
4	0	2,89	Inspeção	buscando
4	0	9,08	Operação	coletando
4	0	12,34	Inspeção	buscando
4	0	6,91	Operação	coletando
4	0	3,01	Inspeção	observando a estante
4	1	3,6	Transporte	caminhando pela rua
4	0	10,32	Inspeção	buscando
4	0	24,09	Operação	coletando
4	0	12,34	Inspeção	buscando
4	0	34,6	Operação	coletando
4	0	20,31	Inspeção	buscando

4	0	41,85	Operação	coletando
4	0	13,4	Inspeção	buscando
4	0	6,74	Operação	coletando
4	0	5,06	Inspeção	olhando no sistema
4	0	1,81	Inspeção	olhando na estante
4	3,01	4,97	Transporte	caminhando para buffer
4	0	118,51	Armazenamento	armazenando