

INSTITUTO DE TECNOLOGIA PARA O DESENVOLVIMENTO

VALDINEI JOSÉ SAUGO

**DESENVOLVIMENTO DE CAIXA DE CORREIO INTELIGENTE PARA PRÉDIOS
RESIDENCIAIS, COMERCIAIS E CONDOMÍNIOS**

Curitiba

2022

VALDINEI JOSÉ SAUGO

**DESENVOLVIMENTO DE CAIXA DE CORREIO INTELIGENTE PARA PRÉDIOS
RESIDENCIAIS, COMERCIAIS E CONDOMÍNIOS**

Projeto de Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Área de Concentração Geração e Transferência de Tecnologia, do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento de Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Trindade

Curitiba, 2022.

AGRADECIMENTOS

Antes de tudo quero agradecer a Deus por ter me dado a vida, à minha esposa Alessandra que sempre esteve presente nos momentos difíceis do curso e toda trajetória desta dissertação.

Aos colegas de turma, que dividiram tarefas e auxiliaram no decorrer das aulas.

Aos professores que compartilharam seus conhecimentos nas aulas práticas e teóricas e, em particular ao meu orientador Prof. Dr. Eduardo Trindade, que aceitou o desafio de orientar-me e esteve sempre disposto a ajudar, não medindo esforços nessa tarefa.

À instituição LACTEC, que me deu todo o suporte necessário para um ensino de qualidade, com todo equipamento necessário e excelentes professores e profissionais.

(Ficha Catalográfica)

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

- S255d Saugo, Valdinei José
Desenvolvimento de caixa de correio inteligente para prédios residenciais, comerciais e condomínios [recurso eletrônico] / Valdinei José Saugo – Curitiba: LACTEC: IEP, 2022.
- Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, Área de Concentração Geração e Transferência de Tecnologia, do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC), em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná (IEP).
- Orientador: Prof. Eduardo Marques Trindade
1. Aplicativos Móveis. 2. Smartphones. 3. Computação em Nuvem. I. Trindade, Eduardo Marques. II. Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC). III. Instituto de Engenharia do Paraná (IEP). IV. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani - CRB-9/1585

TERMO DE APROVAÇÃO

VALDINEI JOSÉ SAUGO

DESENVOLVIMENTO DE CAIXA DE CORREIO INTELIGENTE PARA PRÉDIOS RESIDENCIAIS, COMERCIAIS E CONDOMÍNIOS

Trabalho de conclusão de curso aprovado como requisito para obtenção do grau de Mestre, no Mestrado Profissional do Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento de Tecnologia, realização do Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC) em parceria com o Instituto de Engenharia do Paraná (IEP), pela seguinte banca examinadora:



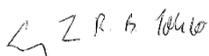
Eduardo Marques Trindade (23 de February de 2022 15:31 GMT-3)

ORIENTADOR (A): Prof. Dr. Eduardo Marques Trindade
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC)

Lúcio de Medeiros

Lúcio de Medeiros (23 de February de 2022 15:33 GMT-3)

Prof. Dr. Lúcio de Medeiros
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC)



Prof. Dr. Luiz Felipe Ribeiro Barrozo Toledo
Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (LACTEC)



Prof. Dr. Eduardo César Dechechi
Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE)

Curitiba, 22 de fevereiro de 2022.

RESUMO

Este trabalho visa o mercado de desenvolvimento de produtos e softwares e na atuação com tecnologias de internet das coisas, microcontroladores, computação em nuvem, sistemas embarcados e sistema operacional Linux. A pesquisa teve por finalidade criar uma ferramenta que ajude as pessoas a obterem mais conforto e segurança no recebimento de suas encomendas. Assim, o principal objetivo da dissertação foi criar um protótipo de uma caixa de correio inteligente para automatizar entregas e coletas de compras realizadas pela internet, uma vez que a utilização de smartphones e aplicativos faz parte de várias tarefas do nosso cotidiano, e este aparelho pode ser uma ferramenta bastante importante no acompanhamento do andamento de pedidos realizados em sites de *e-commerce*. A caixa de correio inteligente, é um sistema capaz de operar em conjunto com um aplicativo móvel e ferramentas de internet das coisas (IoT), combinadas com computação em nuvem, procurando assegurar confiabilidade e segurança no recebimento de encomendas. O projeto foi desenvolvido e concentrado na construção do protótipo para que seja uma ferramenta compatível e utilizável para recebimento de encomendas oriundas de compras online. Foram realizados testes e validações e via protocolos de IoT e validou-se os processos de entregas e coletas pelo armário inteligente a fim de validar os requisitos propostos para a construção do equipamento. Os resultados obtidos por meio dos testes de funcionamento indicam que a utilização de protocolos de comunicação e componentes de sistemas embarcados são ferramentas capazes de ajudar as pessoas em tarefas cotidianas de recepção de uma entrega. Uma unidade do protótipo da caixa de correio inteligente foi desenvolvida a partir de um armário metálico pré-existente com todos os elementos de automação adicionados, para que o produto final fosse submetido aos testes de funcionamento. O resultado obtido ao final da montagem foi um equipamento modular e de dimensões compactas, com perfeita operação, que pode ser facilmente instalado em um local apropriado. Caso haja necessidade de mais compartimentos para recepção de entregas, o projeto do armário inteligente foi elaborado de forma modular, permitindo que novas unidades, com as devidas adaptações mecânicas e eletrônicas, sejam adicionadas a um armário já existente.

Palavras-chave: IoT, Smart Lockers, E-commerce, Computação em Nuvem, Smartphones, Aplicativos Móveis.

ABSTRACT

This work aims at the product and software development market and at working with internet of things technologies, microcontrollers, cloud computing, embedded systems and Linux operating system. The research aimed to create a tool that helps people get more comfort and security in receiving their orders. Thus, the main objective of the dissertation was to create a module of an intelligent mailbox to automate deliveries and collections of purchases carried out over the internet, since the use of smartphones in our daily lives and applications makes several tasks of our daily lives, and this device can be a very important tool in monitoring the progress of orders placed on e-commerce sites. An intelligent mail system is a system capable of operating together with a mobile application and with tools combined with cloud configuration, with a guarantee of security and safety in the receipt of parcels. The project was developed and focused on compatible construction to be a tool and usable for receiving orders or shopping online. Tests and validations were carried out via IoT protocols and the delivery and collection processes were validated by the closet in order to validate the proposed requirements for the construction of the equipment. The results obtained through the functioning tests indicate that the use of communication protocols and components of embedded systems are able to provide help as people in the daily tasks of receiving one. A smart charging box unit was developed from a pre-built metal cabinet with all the automation elements integrated, so that the final product was sent for functional tests. The result obtained at the end of the assembly was an equipment and compact dimensions, with perfect operation, which can be easily installed in an appropriate place. Should there be a need for more thoughtful features for receiving deliveries, the smart cabinet design was modular, allowing new units such as planned electrical and electronic devices to be added to an existing cabinet.

Keyword: IoT, Smart Lockers, E-commerce, Cloud Computing, Smartphones, Mobile App.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – COMPRAS EM CANAIS DIGITAIS	12
FIGURA 2 – EXEMPLAR DE SMART LOCKER DOS CORREIOS	14
FIGURA 3 – SMART LOCKER AMAZON	14
FIGURA 4 - ARMÁRIO INTELIGENTE LEROY MERLIN	16
FIGURA 5 – LOCKER INTELIGENTE DOS CORREIOS	17
FIGURA 6 – SMART LOCKER EM ESTAÇÃO DE METRÔ	19
FIGURA 7 – METODOLOGIA PROPOSTA PARA A PESQUISA	21
FIGURA 8 - ARQUITETURA GERAL DO SISTEMA DE COMUNICAÇÃO COM MQTT	23
FIGURA 9 – AÇÕES REALIZADOS PELO ENTREGADOR	24
FIGURA 10 – FLUXOGRAMA PARA CADASTRO DE ENTREGAS	25
FIGURA 11 - FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO PARA ENTREGA DE ENCOMENDAS	26
FIGURA 12 - FLUXOGRAMA DE OPERAÇÃO PARA RETIRADA DE ENCOMENDAS	27
FIGURA 13 – MINICOMPUTADOR ORANGEPI ZERO LTS	29
FIGURA 14 – MÓDULO DE ACIONAMENTO COM 4 CANAIS	30
FIGURA 15 – FECHADURA ELETROMAGNÉTICA	31
FIGURA 16 – PROTOTIPAGEM DE INTERFACES MOBILE	32
FIGURA 17 – DIAGRAMA EM BLOCOS SOFTWARE DE CONTROLE	33
FIGURA 18 – PROGRAMAÇÃO DE EVENTOS DO SISTEMA EMBARCADO	33
FIGURA 19 – EXEMPLO DE BROKER MQTT	34
FIGURA 20 – PÁGINA WEB PARA CADASTRO DE ENTREGAS	35
FIGURA 21 – PROTÓTIPO DO ARMÁRIO INTELIGENTE	36
FIGURA 22 – COMPARTIMENTO INFERIOR DO ARMÁRIO INTELIGENTE	37
FIGURA 23 – DETALHE INTERNO DA TRAVA MAGNÉTICA	37
FIGURA 24 - SISTEMA EMBARCADO DE CONTROLE	38
FIGURA 25 – VISUALIZAÇÃO DA INTERFACE DE CADASTRO	39
FIGURA 26 – CONFIRMAÇÃO DE CADASTRO	40
FIGURA 27 - INSERÇÃO DO CÓDIGO DE ENTREGA	41
FIGURA 28 - INDICAÇÃO DE VALIDAÇÃO DE ENTREGA	42
FIGURA 29 – INSERÇÃO DO CÓDIGO DE RECEBIMENTO	43
FIGURA 30 - INDICAÇÃO DE VALIDAÇÃO DE RETIRADA	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Crescimento do varejo no Brasil.....	3
Tabela 2 – Principais empresas de e-commerce em 2017	8
Tabela 3 – Faixa etária dos consumidores online.....	9
Tabela 4 – Faturamento por categoria de produtos.....	9

ABREVIATURAS E SIGLAS

IoT	Internet of Things
WIFI	Wireless Fidelity
RFID	Radio Frequency Identification
LORA	Long Range
LORAWAN	Long Range Wireless Area Network
SMS	Short Message System
SBC	Single Board Computer
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
CPU	Central Process Unit
GPU	Graphical Process Unit
API	Application Programming Interface
MQTT	Message Queue Telemetry Transport
SDRAM	Synchronous Dynamic Random Access Memory
GB	Gigabyte
MHz	Megahertz

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Contexto	1
1.2 Varejo em tempo de pandemia	4
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo geral.....	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 JUSTIFICATIVA.....	5
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1 Evolução do e-commerce no Brasil.....	7
2.2 Transporte de carga de etapa final (Last Mile Delivery)	10
2.3 Internet das Coisas	13
2.4 Tecnologia de Armários Inteligentes.....	13
3. REVISÃO TECNOLÓGICA	16
3.1 Armários inteligentes	16
3.2 Locker Correios.....	17
3.3 Fatores de influência para utilização de armários inteligentes.....	17
3.4 Retirada de produtos em Smart Locker	18
3.5 Smart Locker como ferramenta de varejo.....	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	21
4.1 Arquitetura geral do sistema	22
4.1.1 Fluxo de cadastro de entregas	24
4.1.2 Fluxograma de entrega de encomendas	25
4.1.3 Fluxograma para retirada de encomendas.....	27
4.2 Componentes de hardware	28
4.2.1 Orange Pi Modelo Zero LTS	28
4.2.2 Módulo de acionamento elétrico	30
4.2.3 Fechadura eletromagnética	30
4.3 Componentes de software	31
4.3.1 Aplicativo Mobile	31
4.3.2 Aplicação de software embarcado	32
4.3.3 Serviço de mensageria MQTT.....	34
4.3.4 Interface web de cadastro.....	35
4.4 Protótipo do Armário Inteligente.....	35
5. APLICAÇÃO DO MÉTODO	38
5.1 Dispositivos utilizados nos testes.....	38

5.2 Realização de testes de funcionamento	39
5.2.1 Funcionamento da interface web	39
5.2.2 Funcionamento das funções de entrega de encomendas	40
5.2.3 Funcionamento das funções de coleta de encomendas	42
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	45

1. INTRODUÇÃO

Com o surgimento das redes de computadores e avanços promovidos com as tecnologias de comunicação e a internet, percebe-se um grande avanço em serviços ofertados por meio de aplicações em sistemas de rede e aplicativos para smartphones, televisores, relógios inteligentes, dentre outros equipamentos de comunicação, que fazem parte das nossas tarefas cotidianas.

1.1 Contexto

Em estudos realizados pelo Instituto Gartner, existe a previsão de inclusão de 5,8 bilhões de dispositivos inteligentes interligados à internet (GARTNER, 2019). Dentre as ofertas de serviços disponibilizados via internet, o mercado de logística vem se adaptando e testando novas maneiras de oferecer serviços para as pessoas. Estas novas formas de se fazer negócios, entregar produtos e serviços para a população estão em crescimento, graças às novas tecnologias, à computação em nuvem e ao aumento na oferta e na disponibilidade de internet nas localidades urbanas.

Com um maior aumento na conectividade entre empresas, pessoas e produtos ofertados, um novo paradigma de serviços para o mercado de logística se expande. As tecnologias da informação auxiliam na abertura de caminhos para maior integração e troca de informação entre fornecedores, empresas de logística e clientes finais. Nos últimos anos tem se observado um aumento na utilização de aplicativos para pedidos de alimentação, aplicativos para transporte pessoal e aplicativos para entrega de pequenas encomendas, estas que normalmente são realizadas por motociclistas e ciclistas, além dos próprios correios (AGÊNCIA BRASIL, 2021).

Em um momento em que a população vivencia um período de pandemia e o isolamento social se faz necessário, o recebimento de entregas em edifícios comerciais ou residenciais necessita de cuidados especiais para garantir que as encomendas sejam recebidas em concordância com o distanciamento exigido pelas autoridades médicas e sanitárias. Nem sempre estes locais possuem uma pessoa à disposição para o recebimento ou um local adequado para triagem das encomendas, fazendo com que haja a necessidade presencial para a recepção de pacotes, o que pode causar transtornos em caso de atrasos ou indefinição dos horários para a chegada da encomenda (INTELIPOST, 2021).

Com o crescente aumento na utilização de serviços de entregas por aplicativos, gerado pela necessidade de isolamento no período de pandemia as pessoas irão em busca de serviços e tecnologias que facilitem suas tarefas diárias, prejudicadas por questões de distanciamento necessário (OLHAR DIGITAL, 2020).

Para auxiliar nos procedimentos de recepção de encomendas e atendendo a questões de distanciamento social geradas por pandemias, o desenvolvimento de uma caixa de correio inteligente, integrada aos serviços de entrega por aplicativos, permitiria a recepção de encomendas sem a necessidade da presença de uma pessoa no ato da entrega. Toda a interação para entregas e retiradas de encomendas seria realizada por meio de um armário automatizado, eliminando assim a interação física entre destinatário e entregador. Para o funcionamento do sistema, um armário precisa ser instalado em local acessível aos usuários na portaria do prédio, para que todo o processo seja confiável e seguro.

O varejo inclui todas as atividades relacionadas à venda de produtos e serviços diretamente ao consumidor para uso pessoal podendo ser conceituado como uma atividade comercial responsável por ofertar produtos e serviços desejados pelos consumidores (KOTLER e KELLER, 2018). O varejo é um setor que exerce importante papel no desenvolvimento econômico no Brasil e apresentou, durante dez anos, crescimento anual que impulsionou o PIB brasileiro (SBVC, 2018). Um período de crise econômica, iniciada em 2014, fez com que o setor passasse por uma desaceleração com quedas nas vendas nos anos de 2015 e 2016, tendo sua recuperação iniciada a partir de 2017, com crescimento nas vendas de 2% em comparação ao ano anterior (VALOR, 2018). Para se ter uma noção da importância do varejo na economia brasileira, a melhor análise é avaliar o consumo das famílias. Esta é a referência mais precisa do volume que o varejo movimenta no Brasil, em 2017, o consumo das famílias foi de R\$ 4,18 trilhões, o que representa uma participação de 63,4% do varejo no PIB brasileiro, que foi de R\$ 6,6 trilhões em 2017 (SBVC, 2018).

O varejo no Brasil vem passando por grandes transformações na última década e pode-se observar o grande crescimento do comércio eletrônico no mercado em geral. Apesar do cenário de recessão econômica enfrentado recentemente, as vendas do e-commerce no Brasil apresentaram crescimento ano após ano, registrando aumento de 8% no ano em 2017, em relação a 2016, o que totaliza R\$ 47,7 bilhões em comparação aos R\$ 44,4 bilhões em 2016 (E-COMMERCE, 2018).

No mundo contemporâneo, o tempo é cada vez mais um recurso escasso para a maioria das pessoas e, neste sentido, a internet proporciona um novo formato de comércio. Ao utilizarem o e-commerce, os consumidores podem efetuar compras 24 horas por dia, sete dias por semana, e encontrar, de uma só vez, uma variedade muito grande de produtos e muita informação sobre os itens que desejam adquirir (GIULIANI, 2014).

Um dos maiores desafios estratégicos para empresas de varejo é conseguirem ampliar sua relevância por meio da evolução dos modelos de negócio, para que sejam integradas ao varejo eletrônico. O aumento do varejo eletrônico em quantidades superior ao do varejo físico é uma realidade observada no mundo nas últimas duas décadas. Isto permite que a participação das vendas digitais em relação ao varejo de lojas físicas cresça progressivamente (SERRENTINO, 2015). O comércio eletrônico vem ganhando participação no mercado brasileiro ano após ano, com crescimento superior ao do mercado varejista tradicional, conforme apresentado em Tabela 1.

Tabela 1 – Crescimento do varejo no Brasil.
Crescimento do varejo no Brasil entre 2010 e 2017

Ano	Varejo (%)	E-commerce (%)
2010	11	40
2012	8	20
2013	4	28
2014	2	24
2015	-4	15
2016	-6	7
2017	2	8

Fonte: IBGE/IDV/EBIT 2018.

Vale destacar que, mesmo nos anos de 2015 e 2016, quando o varejo tradicional no Brasil apresentou redução nas vendas devido à crise econômica, o e-commerce permaneceu em crescimento e fatores relacionados com a pandemia iniciada após o período da crise econômica, forçaram que muitas localidades implementassem medidas de isolamento social a partir do ano de 2020, fazendo com que as pessoas busquem alternativas de compra de produtos em canais *online*.

A expansão do consumo através de canais digitais foi impulsionada essencialmente pelo maior acesso da população à internet, pelo aumento do uso de meios de pagamentos eletrônicos e pela expansão no poder de compra das classes C e D. Em 2017, 36,8% dos consumidores que realizaram compras online eram da classe C e 30,4%, da classe D (E-COMMERCE, 2018).

1.2 Varejo em tempo de pandemia

A pandemia de COVID-19, iniciada ao final do ano de 2019 e no início de 2020, permaneceu de forma muito presente no cotidiano das pessoas, gerando várias situações de isolamento social e restrições de movimentação. Um dos setores mais afetados pela pandemia foi o setor de varejo, pois muitas pessoas tinham o hábito de se locomover até o comércio para aquisição de produtos ou serviços essenciais como alimentos, roupas, medicamentos, educação, dentre outros. Porém, sistemas de isolamento social com a finalidade de reduzir a transmissão da doença impediram que muitas pessoas saíssem de suas casas.

Com a implantação de medidas de isolamento social e falta de clientes em muitos estabelecimentos, o segmento de varejo foi forçado a passar por algumas transformações. Muitas empresas se prepararam para implementar ferramentas digitais que facilitem a comunicação com seus clientes bem como no investimento de ferramentas de e-commerce de forma a garantir que possam atender as demandas mesmo que seus clientes não possam se locomover até o comércio (MERCADO E CONSUMO, 2021).

1.3 OBJETIVOS

Considerando os conteúdos expostos em seções anteriormente desta dissertação, os objetivos geral e específicos deste trabalho são apresentados a seguir.

1.3.1 Objetivo geral

Desenvolver um equipamento para automatização dos procedimentos de entregas e recebimentos de encomendas em prédios residenciais, comerciais e em condomínios com aplicação de tecnologias de aplicativos móveis, computação em nuvem e internet das coisas, denominado como armário inteligente.

1.3.2 Objetivos específicos

- Projetar um dispositivo eletrônico com comunicação via internet para controle de acionamentos e monitoramento em tempo real dos sensores de um armário

inteligente e com capacidade de realizar atividades de integração via internet com o servidor central da aplicação.

- Desenvolver um ambiente remoto em tecnologia de computação em nuvem como ferramenta responsável por executar todas as aplicações de software necessárias à integração das operações e armazenamento de dados entre os softwares necessários ao funcionamento do armário inteligente.
- Elaborar um aplicativo móvel para que os usuários do armário inteligente tenham acesso as funcionalidades de controle.
- Desenvolver uma interface web para cadastro de operações das entregas no dispositivo eletrônico do armário inteligente.
- Desenvolver um protótipo do armário inteligente para demonstração e validação das interfaces de comunicação e usabilidade dos usuários.
- Testar o funcionamento do protótipo integrando as funcionalidades de computação em nuvem, aplicativo móvel, banco de dados e segurança das informações trocadas entre os elementos do sistema.

1.4 JUSTIFICATIVA

A elaboração de uma caixa de correio inteligente pode surgir como um serviço complementar às tecnologias de aplicativos de entregas, com o objetivo de criar um ambiente de maior conectividade entre fornecedores, empresas de entrega e clientes finais, visto que o aumento do consumo por meio de canais digitais necessita de ferramentas que auxiliem no processo de acompanhamento das entregas.

A ausência porteiros em alguns prédios, utilização de sistemas de portarias remotas ou um local adequado para recebimento de encomendas, principalmente num momento de pandemia, gera uma demanda adicional exigindo que no momento de uma entrega haja uma pessoa à disposição, o que pode se agravar ainda mais quando se tem ao longo do dia a recepção de várias encomendas. Dessa forma, com a utilização de uma caixa de correio inteligente, cada empresa poderá organizar sua rotina de coleta de encomendas e sempre terá a confirmação das entregas realizadas

por meio de um aplicativo, isto gera mais liberdade e otimização na organização de tarefas diárias.

As entregas via caixa de correio inteligente serão independentes do horário de funcionamento do estabelecimento, e a operação da caixa poderá ser em tempo integral, colaborando com a flexibilidade e independência do destinatário em coletar suas encomendas.

O ponto de novidade a ser alcançada com esta dissertação, em comparação com outros produtos do mercado, é popularizar um modelo de negócio de armários modulares que possam ser instalados em locais de fácil acesso como portarias de estabelecimentos comerciais ou residenciais. Dessa forma pretende-se criar um produto de menor custo em relação aos que existem no mercado, permitindo assim que qualquer estabelecimento comercial e residencial possa usufruir de tecnologias que auxiliem e tornem a vida das pessoas mais práticas oferecendo um serviço de automação de entregas. A empresa que realizar a compra e instalação dos armários inteligentes terão acesso à plataforma web de cadastros de códigos de entrega, bem como as ferramentas mobile para entregadores e clientes serão fornecidas de forma gratuita, popularizando ainda mais o acesso a esta tecnologia.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O comércio eletrônico utiliza várias ferramentas e técnicas, dentre as quais, em grande crescimento no contexto mundial, pode-se perceber os canais digitais. As vendas pela internet garantem vantagens, tanto aos consumidores como às empresas, principalmente no quesito da quantidade de intermediários nos processos de compra e venda, quanto nos processos de logística e na entrega de produtos.

2.1 Evolução do e-commerce no Brasil

A introdução de internet no Brasil ocorreu ao final da década de 1980 e inicialmente foi aplicada somente para pesquisa por algumas universidades, passando a ser ofertada a partir do ano de 1994 pela empresa de Telecomunicação Embratel (CARVALHO, 2006). Em 1995, o Ministério das Telecomunicações em conjunto com o Ministério da Ciência e Tecnologia iniciaram ações para promover o acesso à internet para a população brasileira, como a abertura do mercado para empresas oferecerem serviços de provedores de internet, pois até aquele ano somente a estatal Embratel oferecia o serviço de conexão à internet. A partir de 1996, em decorrência da oferta de novos provedores de acesso e da popularização dos computadores desktops no Brasil, é que de fato começou a expansão da internet para a população brasileira (CARVALHO, 2006).

Em 1995, ano em que começou a oferta por acesso à internet, o número de brasileiros com acesso à rede era de aproximadamente 120.000 pessoas. Vinte anos após a expansão do uso de internet, no ano de 2015, registrava-se mais de 120 milhões de pessoas com acesso à internet, mais da metade da população do país na época (IBGE, 2016).

Ao final da década de 1990, com a crescente expansão de usuários conectados, começa a surgir no Brasil o comércio eletrônico, com o surgimento de sites voltados ao e-commerce, como o Mercado Livre, Americanas e Submarino, por exemplo. Todas estas empresas iniciaram suas atividades de comércio *online* no ano de 1999. A Tabela 2, apresenta uma lista com as principais empresas trabalhando com *e-commerce* com maior faturamento no ano de 2017 e seu ano de fundação.

Tabela 2 – Principais empresas de e-commerce em 2017.

Ano de fundação e faturamento em 2017		
Empresa	Ano de fundação	Faturamento em R\$ bilhões
B2W	1999	8,763
Cnova	1996	4,489
Magazine Luiza	2001	4,354
Walmart	2008	3,000
Netshoes	2000	2,600
Máquina de vendas	2006	2,280
Carrefour	2016	1,753
Dafiti	2011	1,100

Fonte: Sociedade Brasileira de Varejo e Consumo.

Comércio eletrônico é toda a cadeia de valor e processos relacionada a um negócio em ambiente eletrônico e inclui todo negócio transacionado no mundo eletrônico em que essas transações ocorram entre dois parceiros de negócio ou entre um negócio e seus consumidores (CAMERON, 1997). Uma tendência observada no e-commerce nacional é o crescimento das compras realizadas por meio de dispositivos móveis como *smartphones* ou *tablets*. No Brasil, em 2017, as compras *online* realizadas por dispositivos móveis representaram um total de 27,3% das compras realizadas pela internet (WHEBSHOPPERS, 2018).

A participação destes dispositivos mais que dobraram em um período de dois anos, pois representavam 12% das compras online em dispositivos móveis no ano de 2015, segundo relatório Webshoppers do Ebit (2016). Outra informação importante são as compras realizadas em sites internacionais. No ano de 2017, 22,4 milhões de brasileiros fizeram compras em sites de outros países e gastaram, em média, um valor de R\$ 115,00 em cada compra (EBIT, 2018).

A idade média do consumidor brasileiro que realiza compras na internet é de 42,2 anos e 69% dos usuários que realizam compras *online* no Brasil possuem mais de 35 anos. Conforme apresentado na Tabela 3, segue uma descrição da participação por faixa etária dos consumidores *online* no Brasil no ano de 2017 (EBIT, 2018):

Tabela 3 – Faixa etária dos consumidores online.

Faixa etária do consumidor online	
Faixa etária	Participação (%)
Até 24 anos	8
Entre 25 e 34 anos	23
Entre 35 e 49 anos	35
Acima de 49 anos	34

Fonte: EBIT Relatório Webshoppers 2018.

O valor médio das compras realizadas em canais *online*, no ano de 2017, foi de aproximadamente R\$ 429,00, registrando uma alta de 3% em relação ao valor médio das compras em 2016. Em relação à participação regional, a região que possui a maior participação no comércio *online* no Brasil é a Sudeste, com 63,6%, seguida pela região Sul, com 16,1%, Nordeste, com 10,9%; Centro-Oeste, com 6,9%; e Norte, com 2,5% de participação sobre as compras realizadas pela internet no Brasil em 2017 (WHEBSHOPPERS, 2018).

Sobre a classe social que realiza compras *online* no Brasil, a predominância é de consumidores da classe C, com 36,8% de participação, seguida da classe D, com 30,4%, classe E, com 15%, classe B, com 13,3%, e classe A, com 5,5% de participação, considerando classes sociais por faixa de salário-mínimo (IBGE, EBIT, 2018). A categoria de produtos com maior participação no faturamento no e-commerce no brasileiro é a de eletrodomésticos, seguida por telefonia/celulares. De acordo com a Tabela 4, seguem detalhes da participação no faturamento das compras *online* no ano de 2017 no Brasil por categoria (WHEBSHOPPERS, 2018):

Tabela 4 – Faturamento por categoria de produtos.

Participação no faturamento das vendas online	
Segmento	Participação (%)
Telefonia e celulares	21,20
Eletrodomésticos	19,30
Eletrônicos	10,80
Informática	8,90
Casa e decoração	8,40
Moda e acessórios	6,10
Saúde, cosméticos e perfumaria	4,80

Fonte: EBIT Relatório Webshoppers 2018.

Tabela 4 – Faturamento por categoria de produtos (continuação).

Esporte e lazer	4,00
Veículos	2,30
Alimentos e bebidas	2,00

Fonte: EBIT Relatório Webshoppers 2018.

2.2 Transporte de carga de etapa final (Last Mile Delivery)

A palavra logística está muito presente nas tarefas diárias das organizações, aparecendo constantemente nos noticiários e ambiente de trabalho. Porém, logística não é uma invenção recente, pois esteve sempre presente nas guerras. Por exemplo, Alexandre, o Grande, foi um dos primeiros a perceber que a guerra não é vencida apenas com armas. Seu grande mérito foi compreender a importância de criar estratégias inteligentes para suprir as necessidades das tropas (VITORINO, 2012).

O transporte de cargas remonta a tempos antigos, desde as grandes navegações promovidas por culturas europeias nos séculos XV e XVI, que levavam e entregavam produtos para os variados e distantes locais pelo mundo. No Brasil, a empresa de entrega de correspondência e encomendas conhecida como Correios, tem suas origens no século XVII, com um histórico de mais de 350 anos de existência. Em relação ao transporte de cargas o termo - logística - é frequentemente utilizado, termo este que supostamente surgiu na Grécia, sendo o termo “*logistikas*” denominado aos indivíduos responsáveis por finanças e distribuição de suprimentos em meio as batalhas da época (TRUCKPAD, 2020).

Com o passar do tempo e os avanços tecnológicos promovidos em vários segmentos da indústria, presencia-se uma evolução na oferta de serviços e empresas que adotam tecnologias computacionais para otimizar processos e aumentar a qualidade de seus serviços. No âmbito das entregas de encomendas a empresa de Correios, estatal brasileira de serviços logísticos, desenvolveu em 2017 um serviço de caixas de correio inteligentes para auxiliar no processo de entregas de encomendas em locais que não possuem portaria (CORREIOS, 2020).

Dentro do conceito da logística de encomendas, um termo amplamente utilizado é o *last mile delivery*, ou entrega de última milha, que se refere ao último trajeto realizado por uma encomenda até chegar ao destinatário. De acordo com estudos realizados, na última etapa da entrega é onde encontram-se um elevado percentual de problemas. Por isso o foco de muitas empresas em oferecer serviços e

tecnologias que permitam novas experiências para a entrega de encomendas, neste âmbito as tecnologias computacionais são de extrema importância para a composição de serviços inovadores (E-COMMERCE, 2020).

No ano de 2019 foi realizado na China um estudo para identificar a intenção das pessoas na utilização de armários inteligentes no processo *last mile delivery*, em 230 localidades distintas e avaliando que as entregas em autoatendimento agregam valor na percepção dos usuários (YUEN, 2019).

Em 2020, um estudo da Universidade Federal do Rio de Janeiro fez um levantamento sobre soluções para as entregas de última milha em ambientes urbanos. Esse estudo é focado em identificar os desafios envolvidos na adoção dessas tecnologias e quais impactos da utilização das ferramentas tecnológicas para entregas de encomendas nos centros urbanos (SOUZA, 2020).

A entrega de última milha, pode ser definida como um serviço de entrega de produtos ao cliente. A entrega de última milha é oriunda de um comércio eletrônico indireto, ou seja, a pesquisa, a solicitação do pedido e o pagamento podem ocorrer via internet, porém, o produto é um bem físico que necessita ser entregue por canais físicos tradicionais (MAPLINK GLOBAL, 2019).

A entrega de última milha é caracterizada normalmente por:

- pedidos de pequenos volumes;
- distribuição física em ampla área geográfica;
- prazo de entrega reduzido;
- exigências de qualidade e flexibilidade;
- locais de entrega que variam diariamente;
- utilização de veículos de pequeno porte.

De acordo com a Figura 1, pode-se identificar um processo básico de aquisição, movimentação, entrega e recebimento de produtos adquiridos por meio de operações realizadas em sites de e-commerce.

Figura 1 – Compras em canais digitais.



Fonte: Adaptado de Pagarme (2021).

Devido a estas características, existe uma grande complexidade nas operações, o que pode refletir em elevados custos logísticos e conseqüente cobrança de altos fretes para as entregas. Ressalta-se que quando o valor do frete é elevado, as exigências dos consumidores também são maiores com relação ao cumprimento de prazo e a flexibilidade da entrega. Os consumidores não se importam com as complexidades e dificuldades da entrega de última milha, visto que pagam pelo serviço e exigem qualidade e rapidez na operação (MAPLINK GLOBAL, 2019).

Na etapa final de entregas de produtos as empresas necessitam trabalhar com a alta expectativa dos clientes, pois a maioria das operações podem ser acompanhadas de por meio de canais online, como aplicativos móveis e web sites. Atrasos ou falhas nas entregas podem ocasionar frustrações ou por parte dos clientes e possivelmente reclamações (E-COMMERCE BRASIL, 2019).

Internet das coisas se torna cada vez mais relevante para empresas e governos e investimentos neste mercado são realizados anualmente com a intenção de popularizar a tecnologia e trazer novos investimentos. Em 2019, o governo brasileiro aprovou o projeto de lei 6549/2019, que cria isenção tributária em sistemas de comunicação. A intenção é criar um ambiente favorável a criação de novos negócios em e geração de novos empregos no mercado de IoT (COMPUTER WORLD, 2019).

2.3 Internet das Coisas

Originário do inglês Internet of Things (IoT), a Internet das Coisas representa o conjunto de dispositivos elétricos ou eletrônicos, de diversos tamanhos e capacidades, os quais suas funcionalidades permitem ser conectadas à internet (MIRAZ et al., 2015). Essa conexão de diversos dispositivos com a internet vai se tornando cada vez mais uma realidade, pelo fato de já existirem vários tipos de tecnologias sem fio de curto alcance, como o ZigBee, Bluetooth, Radio-Frequency Identification (RFID), Lora, LoraWan e redes de sensores e tecnologias baseadas em localização (FEKI et al., 2013).

Com estes avanços tecnológicos, e suas constantes evoluções, a tendência é de que, cada vez mais, sejam ofertados equipamentos eletrônicos com a possibilidade de conectarem-se com a internet, integrando assim uma malha de dispositivos interligados. Dispositivos de IoT, com o devido gerenciamento e com a devida implementação de recursos de segurança, serão empregados nas mais diversas áreas, como por exemplo: automação residencial, medicina, transporte, educação, segurança, energia, entre outros.

2.4 Tecnologia de Armários Inteligentes

Armários inteligentes, em tradução do inglês *Smart Lockers*, são armários do tipo guarda-volumes que são equipados com tecnologias que permitem seu acesso e abertura das portas de forma automatizada via software e conectividade com internet. Neste tipo de dispositivo é possível depositar, armazenar e retirar itens dos mais variados tipos de forma segura, tudo isso é possível com aplicação de travas digitais que são monitoradas remotamente, com as portas sendo liberadas mediante senhas únicas (OIHANDOVER, 2021).

A tecnologia de armários inteligentes vai ao encontro com uma forte tendência de mercado relacionada ao *e-commerce* conhecida como a prática da compra e retirada. Em estudos realizados pela empresa Salesforce, em 2019, e em mais de 20 países, incluindo o Brasil, conhecido como *Connected Shoppers Report*, 67% dos entrevistados já realizaram algum tipo de compra *online* e retiraram o produto em ponto de venda físicos (E-COMMERCE BRASIL, 2020). Os Correios do Brasil iniciaram a utilização de armários inteligentes no Distrito Federal, São Paulo e Rio de Janeiro, e dessa forma os clientes podem escolher onde retirar encomendas

transportada pelos Correios e seus parceiros (CORREIOS, 2021). Na Figura 2, pode-se verificar um exemplar de *smart locker* dos Correios.

Figura 2 – Exemplar de smart locker dos Correios.



Fonte: Ecommerce Brasil (2022).

A tecnologia de armários inteligentes possui uma forte presença nos Estados Unidos, impulsionada principalmente pela rede varejista Amazon, que iniciou o projeto para utilização de *smart lockers* em 2011, nas cidades de Nova York, Seattle e Londres, conforme exemplo da Figura 3.

Figura 3 – Smart Locker Amazon.



Fonte: Amazon (2022).

Atualmente a rede Amazon possui mais de 2.800 armários inteligentes instalados em mais de 900 cidades, somente nos Estados Unidos (Revista Tecnologia, 2020).

De acordo com Associação Brasileira de Comércio Eletrônico (ABCOMM), o principal ponto de problema relacionado com entregas de encomendas é relacionado com o horário limitado do serviço, que normalmente funciona em horário comercial. A utilização de armário inteligentes pode ampliar os horários e até permitir sua utilização 24 horas por dia (ABCOMM, 2021).

3. REVISÃO TECNOLÓGICA

Este capítulo apresentará uma abordagem técnica referente a utilização de armários inteligentes no Brasil para automação do processo de entregas e um levantamento de pesquisas relacionadas ao tema desta dissertação. O levantamento da revisão tecnológica na área de *smart lockers* foi realizada com base em dados obtidos em pesquisas via Google Scholar e sites de informações logísticas.

3.1 Armários inteligentes

A empresa ARMÁRIOS INTELIGENTES é atuante no mercado há mais de 30 anos e desenvolve produtos com aplicação nas áreas médica, industrial e comercial. Ela fornece a solução conhecida como “clique e retire” que, em parcerias com outras empresas, permite que compras realizadas em canais digitais sejam retiradas em armários disponibilizados em locais de fácil acesso ao cliente (ARMÁRIOS INTELIGENTES, 2021). A empresa de materiais para construção Leroy Merlin, possui em algumas de suas unidades, conforme Figura 4, o serviço clique e retire, permitindo que compras realizadas no site sejam retiradas diretamente no armário.

Figura 4 - Armário Inteligente Leroy Merlin.



Fonte: Armários inteligentes (2021).

Segundo informações da rede Leroy Merlin, o serviço clique e retire está disponível em todas as lojas.

3.2 Locker Correios

A empresa de logística Correios do Brasil implantou o serviço de armário inteligente permitindo que pessoas físicas e jurídicas, que possuam ou não contrato com os Correios, possam utilizar os serviços dos terminais de autoatendimento, como denominado pela empresa. Os *lockers* dos Correios estão disponíveis nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Distrito Federal. De acordo com a Figura 5, observa-se um *locker* dos Correios instalado em estação metroviária na cidade do Rio de Janeiro – RJ.

Figura 5 – Locker inteligente dos Correios.



Fonte: Governo do Brasil (2020).

O serviço não possui custos adicionais para o usuário e para que o mesmo possa utilizar o *locker* inteligente, ele deve possuir um cadastro nos Correios e no momento de realizar uma compra online informar o endereço e cep do *locker* de sua preferência. Assim que a encomenda chegar ao *locker*, um SMS e e-mails, serão enviados ao usuário informando que a entrega foi realizada.

3.3 Fatores de influência para utilização de armários inteligentes

Em estudo realizado em 2021, como objeto de conclusão do curso de graduação de engenharia civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, a

utilização de armários inteligentes no Brasil, apresentou crescimento, devido ao aumento das compras realizadas via canais digitais, como sites de e-commerce e aplicativos (OLIVEIRA, 2021).

A aplicação de armários inteligentes no Brasil, apoiam-se essencialmente no sucesso da utilização desta tecnologia em outros países, especialmente nos Estados Unidos. Adicionalmente a procura por armários inteligentes também foi influenciada em função da pandemia de COVID-19.

De acordo com os estudos realizado pelo autor, os principais motivos de interesse das pessoas em usar armários inteligentes estão no fato de ser possível receber encomendas mesmo não estando em sua residência ou poder retirar uma encomenda em um armário que esteja localizado em uma região próxima de sua residência (OLIVEIRA, 2021).

3.4 Retirada de produtos em Smart Locker

Em artigo publicado pela revista *Empresários* (REVISTA EMPRESÁRIOS, 2021), as retiradas de compras em *smart lockers*, apresentou um crescimento de 101% no período de março a julho de 2021, e começam a criar um novo hábito entre os consumidores, principalmente entre aqueles que realizam compras online em sites de e-commerce. Os dispositivos *Smart Lockers* podem ser instalados em locais de fácil acesso para os usuários, como estações de metrô, shopping centers, condomínios, postos de combustíveis, dentre outros locais com grande circulação de pessoas.

O principal objetivo da operação em armários inteligentes é facilitar o acesso por parte dos clientes e criar novas formas de entregas e recepção de encomendas, visando sempre a satisfação dos clientes (REVISTA USE, 2020). A Figura 6, apresenta um exemplo de instalação de *smart locker* em estação de metrô na cidade de São Paulo - SP.

Figura 6 – *Smart locker* em Estação de Metrô.



Fonte: Revista Use (2020).

O estudo realizado pela revista Use, incluiu o período entre março a julho de 2020, no qual se observou um aumento de 101% na utilização da rede clique e retire instaladas nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro (REVISTA USE, 2020).

3.5 Smart Locker como ferramenta de varejo

Um estudo realizado pela empresa Ilos (ILLOS, 2019), especialista em logística e *supply chain*, aponta a utilização de *smart lockers* como uma ferramenta importante no processo de agilizar entregas. Os principais motivos encontrados e que são minimizados com uso de *smart lockers* são:

- reentrega de produtos por ausência de alguém para receber;
- clientes desmotivados a comprar online pelo fato de residir em um local onde entregas não são realizadas;
- insatisfação dos clientes com atraso nas entregas.

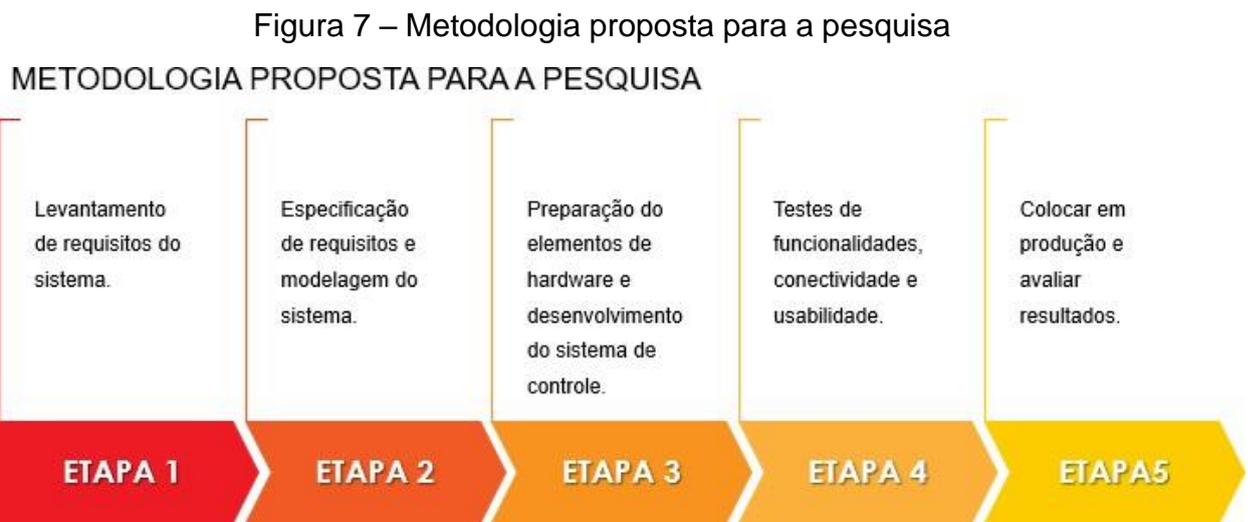
Nos Estados Unidos, a utilização de *smart lockers* ganhou força com a Amazon, depois que a empresa disponibilizou as unidades de entrega localizadas em várias áreas metropolitanas de todo o país (ILLOS, 2019). No Brasil, a modalidade de entrega por meio de *smart lockers* teve as primeiras operações em 2018, quando a Via Varejo deu início a um projeto piloto com quatro estações em São Paulo para os clientes das marcas Pontofrio, Casas Bahia e Extra. Ao final do ano, o novo serviço já

estava presente também na cidade do Rio de Janeiro, nos bairros de São Cristóvão, Jacarepaguá, Jardim Botânico, Botafogo e Barra da Tijuca, totalizando seis pontos de retirada. A varejista operou em parceria com a rede Ipiranga, possibilitando que os armários inteligentes fossem instalados em postos de combustível com funcionamento 24h (ILLOS, 2019).

Em abril de 2019, a plataforma de delivery iFood, inaugurou o iFood Box em edifícios de grande concentração de pessoas na cidade de São Paulo. Nesta modalidade os armários possuem proteção térmica para manter a temperatura do alimento e funcionam do mesmo modo que os *smart lockers* da Amazon: o cliente recebe uma notificação que seu pedido foi entregue e se dirige à estação com o código de retirada (ILLOS, 2019).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A fase de levantamento de dados envolveu a pesquisa de material bibliográfico, requisitos de sistema para definir a escolha pelas tecnologias aplicadas ao projeto do armário. Nesta seção serão apresentados os passos para o desenvolvimento do projeto do armário inteligente. Ao todo 5 etapas principais foram definidas para o andamento do projeto e estão detalhadas conforme apresentado na Figura 7.



Fonte: O autor (2021).

Na etapa 1 foram identificadas as funcionalidades do sistema e itens necessários ao funcionamento do software e requisitos de hardware para o desenvolvimento do projeto do armário inteligente.

Na segunda etapa, após definidos os requisitos de software e hardware para o projeto, foi realizada a especificação dos mesmos identificando hardware mínimo necessário para o projeto e quais tecnologias de internet das coisas seriam adequadas ao desenvolvimento do armário. Finalizada esta etapa de especificações dá-se início às etapas de projeto e construção do sistema como um todo.

A terceira etapa do projeto foi focada na preparação dos elementos de hardware, testes iniciais para validação de requisitos e desenvolvimento das aplicações de software, sendo: aplicação de controle e o aplicativo Android.

Na quarta etapa do projeto foram realizados os testes iniciais de funcionamento e usabilidade do sistema como um todo, sendo que nesta etapa todos os requisitos especificados na etapa 2 passaram por uma validação e monitoramento de sua aderência ao que foi inicialmente proposto.

A etapa final do projeto concentra-se na implantação e testes de funcionalidades simulando operações de recebimento de encomendas da mesma forma que acontece com produtos similares no mercado. Nesta etapa são levantadas informações sobre o funcionamento do sistema, itens a serem aperfeiçoados, análise de resultados obtidos a partir dos dados coletados com os testes de operação das ações de entregas e retiradas.

Neste capítulo são apresentados os aspectos técnicos referentes ao desenvolvimento do protótipo de armário inteligente e está dividido em Materiais e Métodos. O trabalho corresponde a uma pesquisa qualitativa, de intervenção, que inclui o desenvolvimento e customização de uma solução que utiliza tecnologias com sistemas embarcados e internet das coisas, a qual não envolve apenas um único componente. Normalmente tais soluções utilizam várias partes conectadas como:

- Linguagens de programação;
- Bibliotecas;
- Ferramentas de desenvolvimento;
- Sensores e atuadores;
- Softwares;
- Bancos de dados;
- Processadores;
- Microcontroladores;
- Servidores em nuvem.

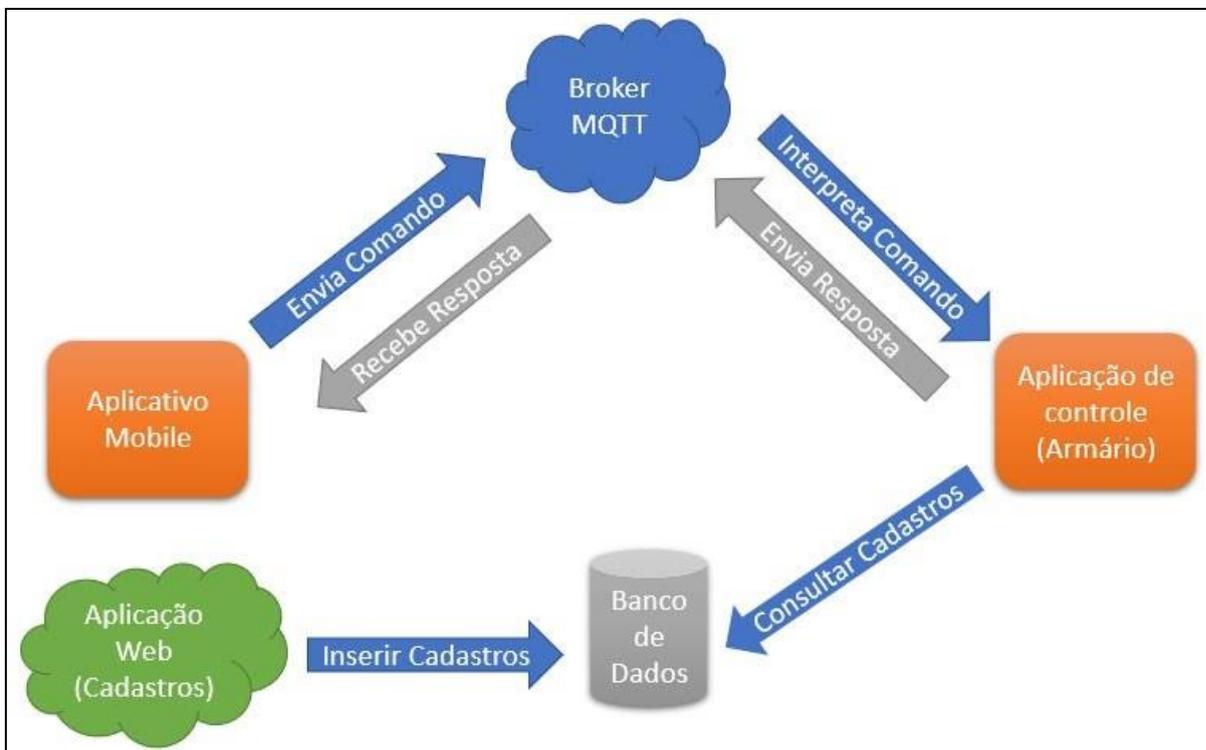
Nas seções deste capítulo são apresentados os componentes de software e hardware que, conectados de forma lógica e física compõem todos os módulos do projeto e construção do protótipo do armário inteligente.

4.1 Arquitetura geral do sistema

O funcionamento do sistema do armário inteligente, como um todo, se trata de uma aplicação que faz uso de tecnologias para internet das coisas, sistemas eletrônicos embarcados, com utilização de um aplicativo móvel Android e serviço MQTT para troca de mensagens entre os elementos que compõe o conjunto do

armário inteligente. De acordo com a Figura 8, observa-se como estão estruturados os itens que compõem a infraestrutura de comunicação.

Figura 8 - Arquitetura geral do sistema de comunicação com MQTT.

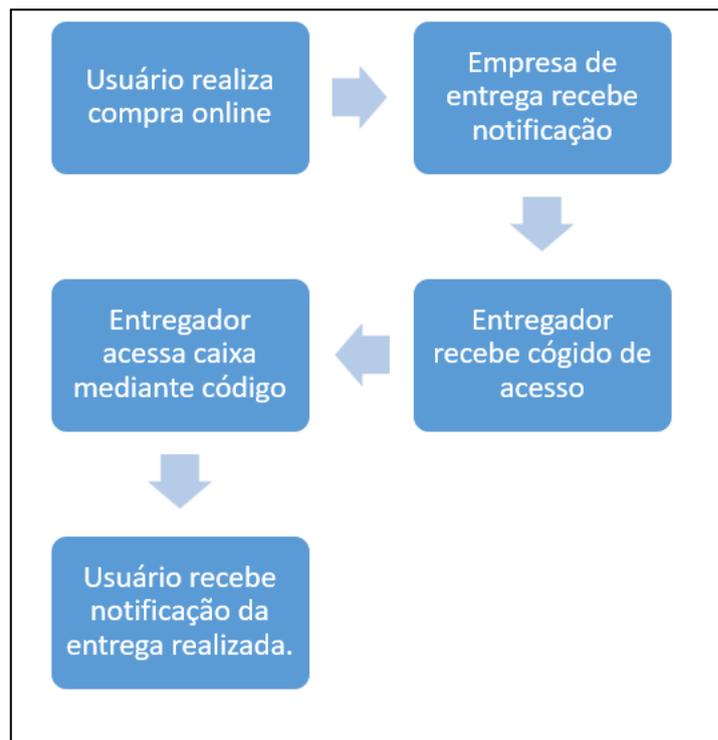


Fonte: O autor (2021).

Toda comunicação tem seu início a partir de ações realizadas pelos usuários do aplicativo móvel e com validações de informações de acesso com utilização de bando de dados. As informações que necessitam armazenamento são permitidas em banco de dados dispostos em ambiente cloud, não sendo necessário armazenamento de dados no software de controle do sistema embarcado e aplicativo móvel.

As ações realizadas no aplicativo Android tem dois usuários envolvidos: entregadores e clientes finais. Usuários entregadores realizam ações relativas ao transporte e entrega de encomendas no armário inteligente e suas ações estão detalhadas conforme apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Ações realizadas pelo entregador.



Fonte: O autor (2021).

As entregas, depois de realizadas no armário, são notificadas ao cliente final pelo software de controle através do *broker* MQTT. Para cada entrega o sistema de controle gera um código de única utilização tanto pelo entregador quanto pelo cliente e, uma vez realizados os processos de entrega e retirada do produto, os códigos de entrega e recebimento são inutilizados evitando assim falhas ou entregas em locais indevidos.

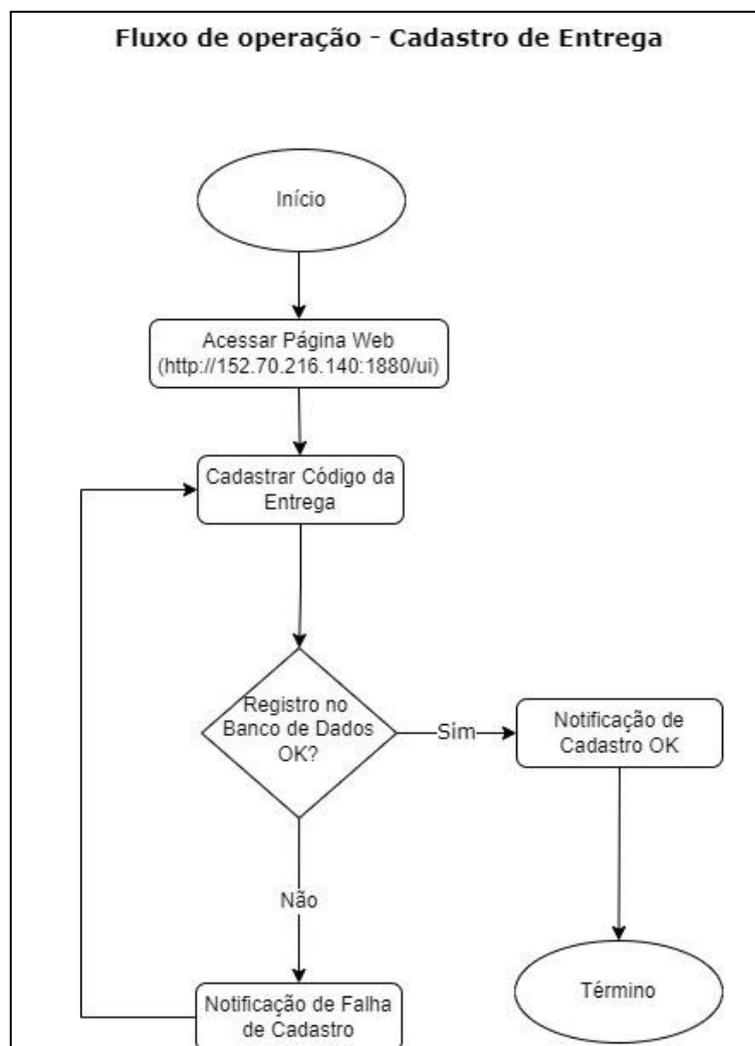
4.1.1 Fluxo de cadastro de entregas

As entregas para que possam ser utilizadas no armário inteligente, necessitam ser registradas no banco de dados do sistema para que os entregadores e clientes, por meio do aplicativo mobile, possam interagir com o armário e realizar as atividades de entregas e coletas conforme necessidade. Na Figura 10, é apresentada uma ilustração do procedimento a ser realizado para registro de novas entregas para o armário inteligente.

As operações necessitam estar previamente cadastradas em banco de dados para que as aplicações *mobile* e software de controle da caixa de correio possam realizar as ações necessárias. Através da página web de cadastros, o cliente pode

cadastrar uma entrega informando seu CPF para o equipamento de destino, o número do seu documento será utilizado pelo entregador posteriormente.

Figura 10 – Fluxograma para cadastro de entregas.



Fonte: O autor (2022).

Nenhuma operação de entrega poderá ser realizada sem antes estar registrada no banco de dados do sistema. As informações registradas na plataforma web servem de base para os processos de entrega e retiradas de encomendas que serão realizadas no armário inteligente.

4.1.2 Fluxograma de entrega de encomendas

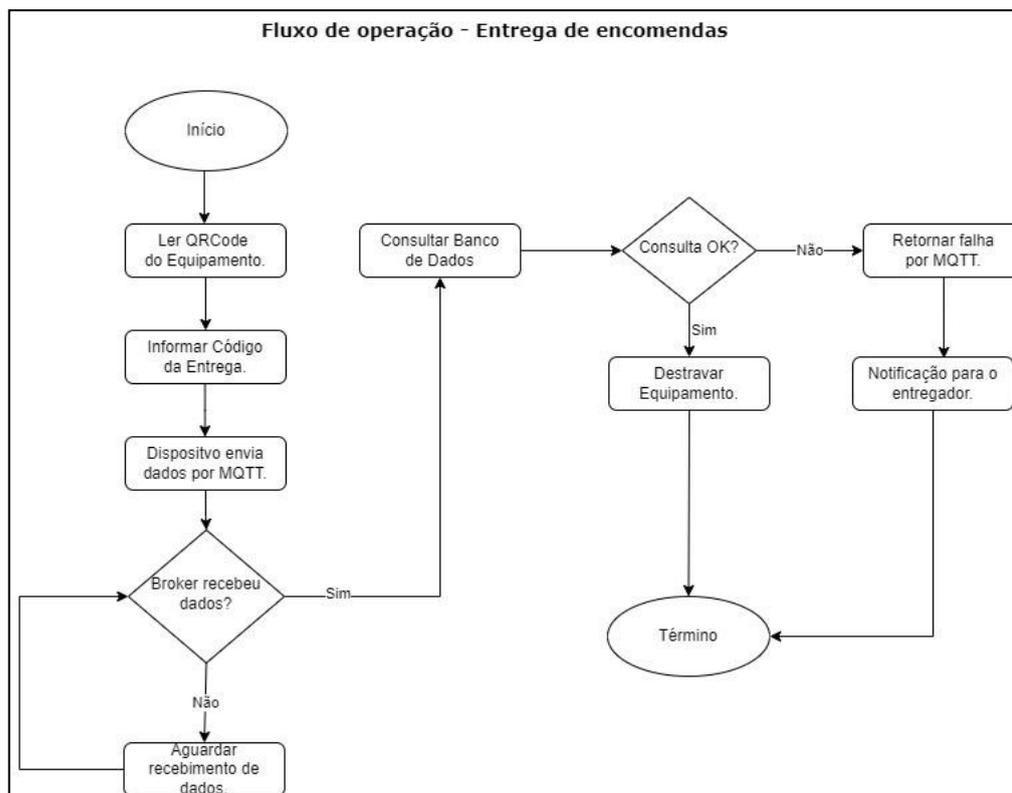
O processo de entrega de encomendas é uma ação a ser realizadas pelos entregadores, sejam eles independentes ou empresas especializadas em logística. A ação de entrega consiste basicamente em sinalizar para o sistema de controle da

caixa de correio que uma entrega está para ser realizada, conforme apresentado em detalhes na Figura 11.

Para iniciar uma operação de entrega, o usuário por meio do aplicativo mobile, inicia a operação lendo o QRcode de identificação da caixa de correio e na sequência informa o número de CPF do destinatário, o qual foi previamente cadastrado na plataforma web.

Após identificação da caixa de correio e inserção dos dados de cliente, o aplicativo mobile faz o envio, por meio de comunicação MQTT, das informações para o software de controle da caixa de correio, assim que o sistema recebe as informações o mesmo faz a validação com o banco de dados e em caso de afirmativo, realiza o destravamento da fechadura do armário para que a encomenda seja entregue. Em caso de falha de validação dos dados, seja por ausência de cadastro, equipamento offline ou dados informados incorretamente o usuário entregador receberá uma mensagem de alerta na tela do aplicativo móvel.

Figura 11 - Fluxograma de operação para entrega de encomendas



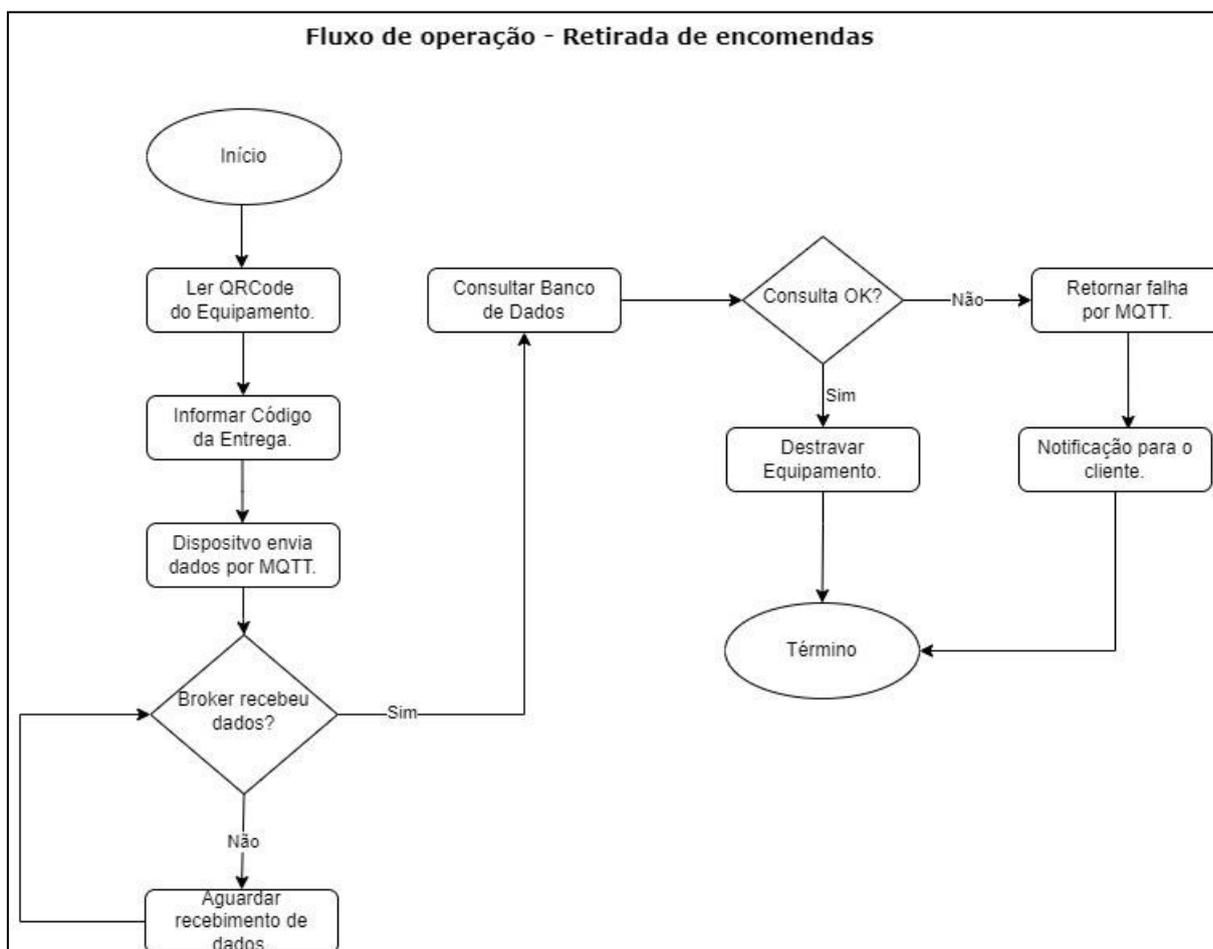
Fonte: O autor (2022).

As operações de entregas sempre serão processadas mediante de um CPF válido previamente cadastrado na plataforma web e notificações do status de entrega e funcionamento do sistema de controle podem ser observados via aplicativo móvel.

4.1.3 Fluxograma para retirada de encomendas

O processo de retirada de encomendas é uma ação a ser realizada pelo cliente final que realizou uma compra e indicou para a empresa realizar a entrega no armário inteligente. A ação de retirada de encomendas consiste basicamente em sinalizar para o sistema de controle que uma retirada de encomenda será realizada, e este será feita mediante o código de acesso cadastrado na plataforma web, o processo completo do processo de retirada está ilustrado na Figura 12.

Figura 12 - Fluxograma de operação para retirada de encomendas.



Fonte: O autor (2022).

Para iniciar uma operação de coleta de encomenda, o cliente utilizando a aplicação móvel, inicia a operação lendo o QRcode de identificação da caixa de correio e na sequência informa seu número de CPF, o qual foi previamente cadastrado na plataforma web.

Após identificação da caixa de correio e inserção dos dados de cliente, o aplicativo mobile faz o envio, por meio de comunicação MQTT, das informações para o software de controle da caixa de correio, assim que o sistema recebe as informações o mesmo faz a validação com o banco de dados e em caso de afirmativo, realiza o destravamento da fechadura do armário para que o cliente proceda com a coleta. Em caso de falha de validação dos dados, seja por ausência de cadastro, equipamento offline ou dados informados incorretamente o cliente receberá uma mensagem de alerta na tela do aplicativo móvel.

As operações de retiradas sempre serão processadas mediante um código válido previamente cadastrado na plataforma web e notificações do status da encomenda e funcionamento do sistema de controle podem ser observados via aplicativo móvel.

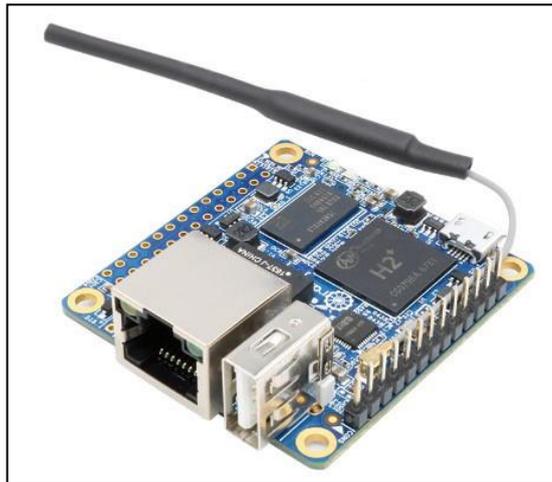
4.2 Componentes de hardware

Os componentes de hardware que compõe o projeto do kit de armário inteligente, são listados nesta seção e são os elementos físicos que compõe toda a base de funcionamento e interatividade com o usuário nas suas mais variadas funções.

4.2.1 Orange Pi Modelo Zero LTS

Orange Pi Modelo Zero LTS é um SBC – *Single Board Computer* - computador de placa única, conforme Figura 13. SBC's também são conhecidos como minicomputadores e amplamente aplicados em projetos de sistemas embarcados e internet das coisas. A fabricação das placas Orange Pi é baseada em código aberto sendo compatível com os sistemas operacionais Android 4.4, Ubuntu, Debian (ORANGE PI, 2021).

Figura 13 – Minicomputador OrangePi Zero LTS.



Fonte: Orange Pi (2021).

De acordo com o Quadro 1, pode-se verificar as especificações da placa Orange Pi Zero LTS utilizada no desenvolvimento do protótipo da caixa de correio inteligente.

Quadro 1 – Especificações ORANGE PI ZERO LTS.

CPU	H2 Quad-core Cortex-A7
GPU	Mali400MP2 GPU @600MHz
Memória	512MB DDR3 SDRAM
Armazenamento	Cartão Micro SD de até 32GB
Conexão de Rede	10/100M RJ45
Conexão WiFi	IEEE 802.11 b/g/n
Entrada de áudio	1 entrada
Saída de vídeo	1 saída
Portas USB 2.0	1 porta
Pinos de entradas/saídas	26 pinos
Sistemas operacionais compatíveis	Android 4.4, Ubuntu, Debian

Fonte: Adaptado de Orange Pi (2021).

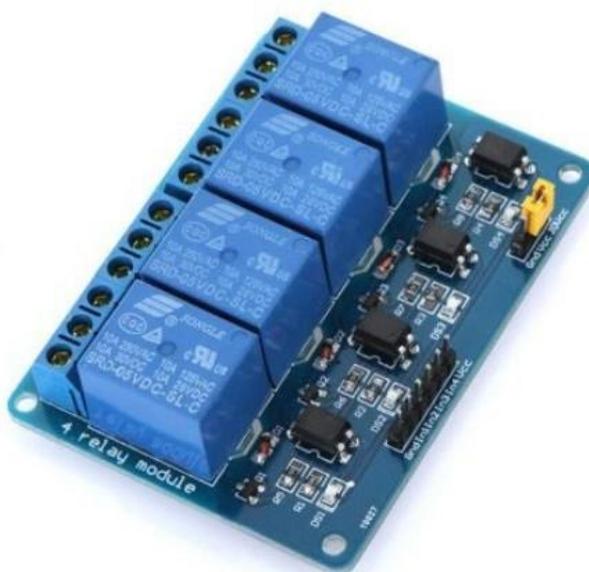
A placa Orange Pi utilizada no projeto do armário inteligente é responsável por executar a aplicação de controle de funcionamento de acionamentos elétricos, conectividade, validação de dados e recepção dos comandos realizados via interface web e aplicativo móvel por meio do protocolo de comunicação MQTT – *Message Queue Telemetry Transport* utilizado nesta dissertação.

A escolha por utilização de minicomputadores em prototipagem de equipamentos baseia-se no fato destes produtos serem customizáveis tanto em quesitos de software como hardware tornando o desenvolvimento mais flexível e adaptável quando necessário.

4.2.2 Módulo de acionamento elétrico

Para realizar o destravamento da gaveta da caixa de correio, foi aplicado ao projeto um módulo de relés com 4 canais, conforme exemplo da Figura 14. A utilização deste componente se dá mediante acionamento elétrico remoto controlado pelo minicomputador do sistema para que o mecanismo de trava da gaveta seja acionado no momento de uma entrega ou coleta.

Figura 14 – Módulo de acionamento com 4 canais.



Fonte: Vida de silício (2022).

A aplicação de relés em acionamentos elétricos de dispositivos atuadores é bastante comum em projetos de internet das coisas, estes dispositivos são aplicados para realizar ações que não seriam possíveis diretamente no minicomputador, devido a restrições de fornecimento de energia por parte da placa Orange Pi.

4.2.3 Fechadura eletromagnética

Para realizar o mecanismo de travamento da gaveta da caixa de correio, foi aplicada ao projeto do protótipo uma fechadura eletromagnética tipo eletroímã com capacidade de 150kg conforme exemplo da Figura 15.

Figura 15 – Fechadura eletromagnética.



Fonte: CS Comunicação e segurança (2022).

A fechadura eletromagnética é um dispositivo atuador que é alimentada com fonte de 12V corrente contínua e seu acionamento é realizado através do módulo de reles e mediante comandos enviados pelo software de controle. A escolha por utilizar uma fechadura eletromagnética no projeto está baseada na facilidade de instalação e manutenção destes componentes, os quais possuem um elevado tempo de vida útil pela ausência de mecanismos móveis e sua robusta construção.

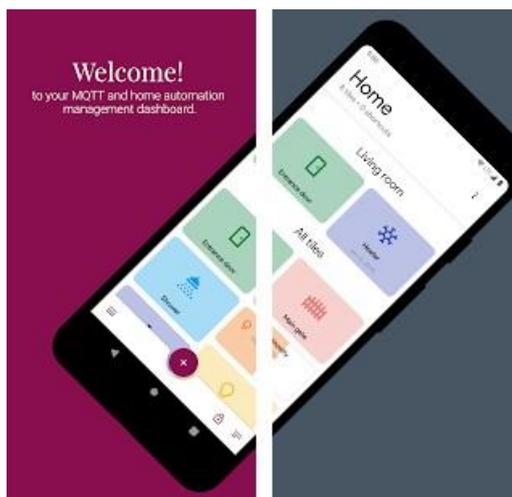
4.3 Componentes de software

Os componentes de software que compõe o projeto do armário inteligente, serão listados nesta seção e são os elementos lógicos que compõe toda a base de comunicação, armazenamento de dados e interfaces de operação para os usuários do sistema.

4.3.1 Aplicativo Mobile

As interfaces de usuários disponíveis no projeto do armário inteligente são disponibilizadas por meio de um aplicativo móvel projetado para a plataforma Android com funções voltadas para projetos de internet das coisas. O aplicativo utilizado para implementação das interfaces mobile foi o MQTT Dashboard, conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16 – Prototipagem de interfaces mobile.



Fonte: MQTT Dashboard (2022).

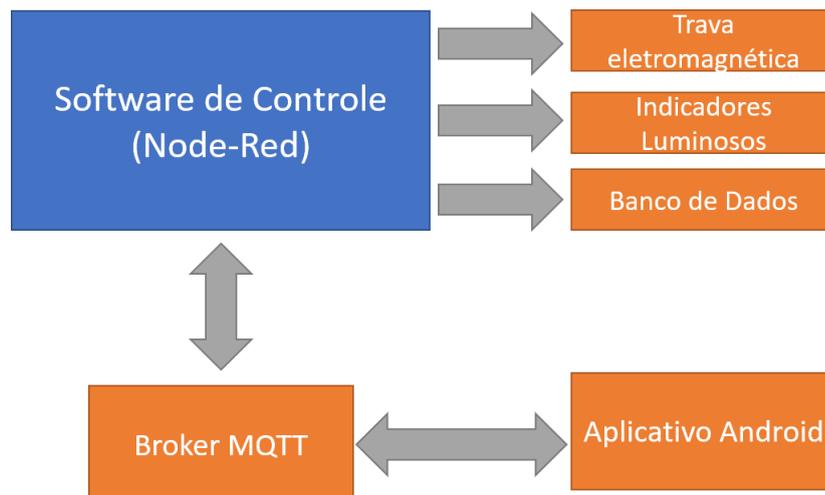
A ferramenta MQTT Dashboard, possui um conjunto de ferramentas pré-definidas e customizáveis que auxiliam no desenvolvimento de protótipos e aplicações para prova de conceito. As funções elaboradas neste aplicativo são destinadas para as ações de entregas e as ações necessárias do usuário para retirada de encomendas alocadas no *smart locker*.

4.3.2 Aplicação de software embarcado

Para que a aplicação de controle das funcionalidades do armário inteligente funcione adequadamente e de forma segura, foi escolhida a utilização do software Node-RED. Esta é uma ferramenta de programação para conectar dispositivos de hardware, API's e serviços online de maneira nova e diferente das metodologias tradicionais das linguagens de programação. Ela fornece um editor baseado em navegador web que torna mais fácil conectar fluxos usando uma ampla quantidade de componentes que podem ser implementados em seu tempo de execução com um único clique (NODE-RED, 2021).

A aplicação de software Node-RED é executada sobre um interpretador de linguagem JavaScript que é instalado no sistema operacional da placa de controle. Este interpretador de JavaScript permite a execução da aplicação controle Node-RED e de todas as funções de comunicação do armário inteligente. Na Figura 17, observa-se um diagrama em blocos dos itens que são controlados pela aplicação Node-Red e as interações entre os elementos necessários à utilização da caixa de correio inteligente.

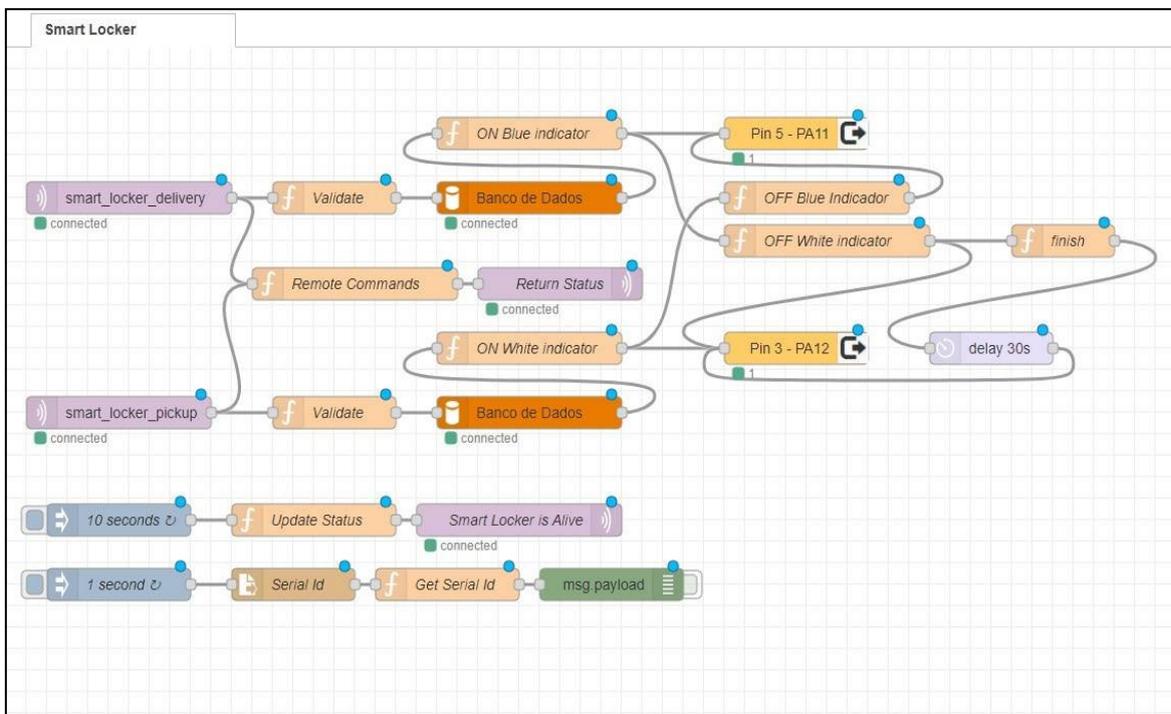
Figura 17 – Diagrama em blocos software de controle.



Fonte: O autor (2022).

A programação e a configuração de eventos, conforme a Figura 18, são realizadas por meio de interligação de fluxos de ações. Cada fluxo é responsável por uma função no sistema e a interligação de fluxos realizam as atividades necessárias ao controle do armário inteligente.

Figura 18 – Programação de eventos do sistema embarcado.



Fonte: O autor (2021).

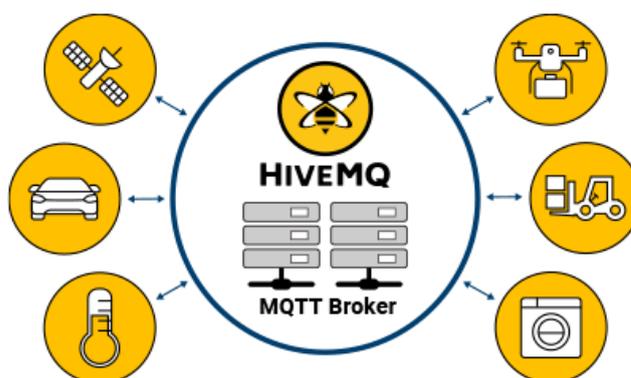
Os fluxos que necessitam de programação mais aprofundada ou ações mais complexas, podem ser programados em linguagem JavaScript, porém o Node-RED tem acesso ao sistema operacional podendo executar aplicações externas que estejam desenvolvidas em outras linguagens de programação.

Todas as ações realizadas pelo software de controle dependem de uma ação externa a ser realizada via aplicativo móvel ou interface web e são dependentes de uma conexão permanente com a internet. As comunicações realizadas entre o software de controle e aplicativo móvel são efetuadas via serviço de mensageria MQTT – *Message Queue Telemetry Transport*, a ser apresentada em mais detalhes na seção a seguir.

4.3.3 Serviço de mensageria MQTT

Os aplicativos de internet das coisas podem gerar muitos dados. É fundamental selecionar uma tecnologia projetada para transportar dados de IoT entre redes e plataformas de nuvem. Um servidor de MQTT, conhecido como broker MQTT é projetado trocas de dados entre aplicações de forma rápida e segura. Seu uso reduz a largura de banda da rede necessária para envio e recebimento de dados. Soluções eficientes de IoT significam custos totais de operação mais baixos. A solução adotada para o projeto do armário inteligente foi o broker MQTT da empresa HiveMQ. Para troca de dados entre aplicação móvel e aplicação de controle e validação das comunicações foi utilizada a camada gratuita de serviços HiveMQ (HiveMQ, 2021). Conforme exemplo da Figura 19, diversos dispositivos eletrônicos são passíveis de conexão com a internet e conseqüentemente podem utilizar um protocolo de MQTT para transmissão de mensagens.

Figura 19 – Exemplo de BROKER MQTT.



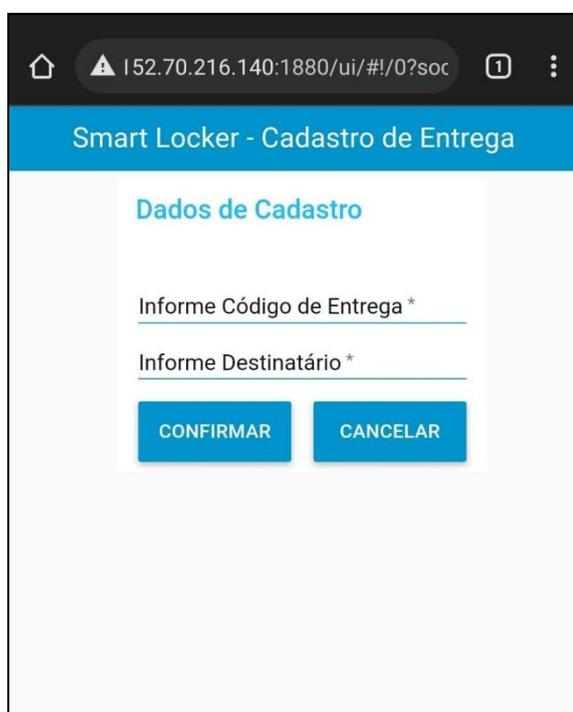
Fonte: HiveMQ (2021).

Um desafio importante para qualquer aplicação de internet das coisas é conectar e transportar dados entre dispositivos. Um *broker* MQTT conecta qualquer dispositivo e sistema de *backend* de maneira confiável e segura por meio do protocolo MQTT padrão para IoT.

4.3.4 Interface web de cadastro

As operações a serem realizadas pelo sistema, são dependentes de um código a ser previamente cadastrado, e para esta funcionalidade foi preparado um banco de dados MySQL em ambiente remoto o qual é responsável por armazenar os códigos de operação, estes que serão acessados pelo aplicativo móvel e software embarcado para validações das ações. A Figura 20, representa a tela de cadastros de entregas que foi desenvolvida para acesso via navegador web em smartphones ou computadores.

Figura 20 – Página Web para Cadastro de Entregas.



A imagem mostra uma captura de tela de um navegador web acessando a URL 152.70.216.140:1880/ui/#!/0?soc. O cabeçalho da página é azul e contém o texto "Smart Locker - Cadastro de Entrega". Abaixo, há um formulário branco com o título "Dados de Cadastro" em azul. O formulário possui dois campos de entrada de texto, cada um com o rótulo "Informe" seguido do campo e um asterisco para indicar obrigatoriedade: "Informe Código de Entrega *" e "Informe Destinatário *". Na base do formulário, há dois botões azuis: "CONFIRMAR" à esquerda e "CANCELAR" à direita.

Fonte: O autor (2022).

As funções de cadastro dos códigos de operação são acessíveis em navegadores web tanto via smartphone como em computadores e a estrutura da página web foi desenvolvida para funcionar de forma responsiva se adaptando em diversos formatos de telas.

4.4 Protótipo do Armário Inteligente

A preparação do protótipo para atender ao objetivo geral proposto se deu na forma de construir um modelo de equipamento para validação das funcionalidades propostas. O equipamento denominado armário inteligente proposto nesta

dissertação foi elaborado a partir de uma estrutura metálica de armário gaveteiro do tipo pasta suspensa e de dimensões compactadas, permitindo sua instalação em locais com espaço reduzido, a Figura 21, apresenta o armário inteligente preparado com os elementos de controle e identificação através de um QRCode afixado em sua parte superior.

Figura 21 – Protótipo do armário inteligente.



Fonte: O autor (2022).

O dispositivo construído para testes de funcionamento possui as seguintes dimensões: 66cm de altura, 46cm de largura e 45cm de profundidade. Para ações de teste das funcionalidades de entrega e recebimento, foi aplicada uma trava eletromagnética para o compartimento inferior, conforme as Figuras 22 e 23.

A trava utilizada no protótipo suporta até 150kg e foi instalada na lateral esquerda interna do armário de forma que não fique aparente para o usuário enquanto

o armário estiver bloqueado aguardando entregas ou com algum produto em seu interior.

Figura 22 – Compartimento inferior do armário inteligente.



Fonte: O autor (2022).

Figura 23 – Detalhe interno da trava magnética.



Fonte: O autor (2022).

5. APLICAÇÃO DO MÉTODO

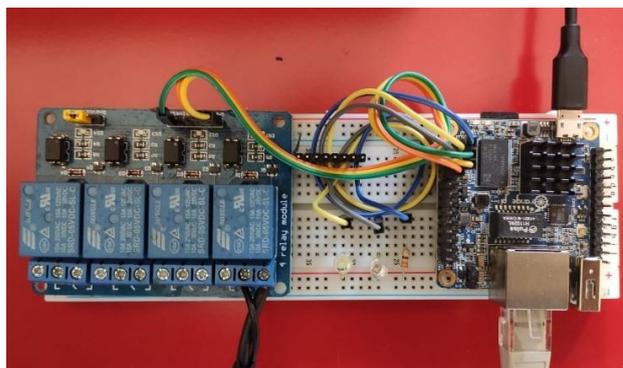
Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com os testes realizados no protótipo e fazer uma análise qualitativa das funcionalidades propostas para o projeto do kit de armário inteligente. De acordo com os resultados obtidos após a montagem do protótipo de testes, foi possível aplicar integração entre tecnologias de comunicação, sistemas embarcados e internet das coisas escolhidos para o desenvolvimento do protótipo.

Os testes realizados têm a finalidade de simular operações de entregas e retiradas de produtos. As telas são extraídas das operações realizadas nas interfaces de usuário, sendo obtidas a partir do aplicativo móvel projetado para validação das funcionalidades propostas. Também são indicadas algumas considerações à respeito da trajetória que foi descrita pelo sistema, uma vez que esta depende, além do correto funcionamento do protótipo, de infraestrutura de comunicações de internet.

5.1 Dispositivos utilizados nos testes

Os dispositivos utilizados para os testes, conforme especificados a seguir, foram organizados em forma de circuitos eletrônicos de controle e software embarcado para realização dos testes e validação de funcionalidades, a constituição do protótipo consiste em um modelo de validação de projetos de hardware com a utilização de placas de prototipagem – *protoboard*, dispositivos indicadores luminosos para sinalização de status de funcionamento do sistema de controle do armário inteligente e módulo de relés para acionamento elétrico. Conforme a Figura 24, os dispositivos de hardware de controle estão dispostos em forma de testes de bancada fixados em uma placa de ensaios eletrônicos.

Figura 24 - Sistema embarcado de controle.



Fonte: O autor (2022).

O projeto do armário inteligente consiste em uma solução de internet das coisas, na qual, é fundamental a conectividade. Os meios de comunicação que podem ser utilizados no sistema da caixa de correio são por WiFi ou rede cabeada. O protótipo elaborado nesta dissertação em seus testes de funcionamento fez utilização de rede cabeada e redes sem fios durante os testes.

5.2 Realização de testes de funcionamento

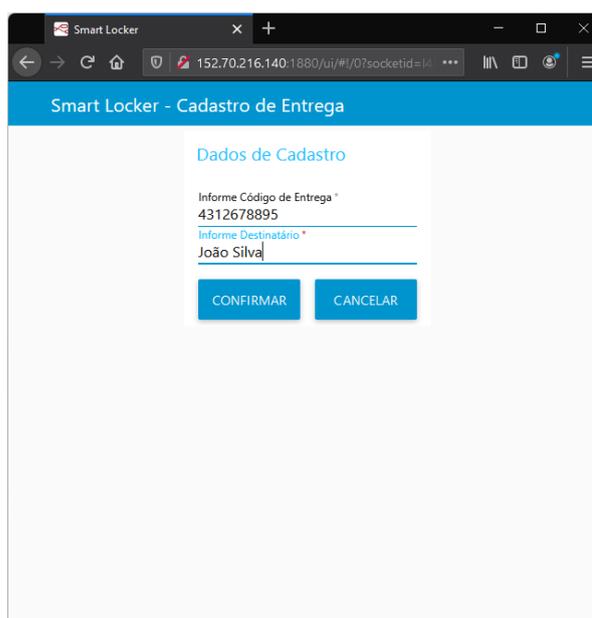
Os testes de funcionamento do sistema completo foram realizados em três etapas, sendo:

- Etapa 01 – Funcionamento da interface web.
- Etapa 02 – Funcionamento das funções de entregas de encomendas.
- Etapa 03 – Funcionamento das funções de coleta de encomendas.

5.2.1 Funcionamento da interface web

A interface web foi elaborada para permitir um acesso facilitado aos cadastros de novas entregas na plataforma, conforme Figura 25, vemos um exemplo da tela de cadastro de entregas sendo utilizada em navegador web para registro de uma nova atividade.

Figura 25 – Visualização da interface de cadastro..



A imagem mostra uma captura de tela de um navegador web acessando a interface de cadastro de entrega do sistema 'Smart Locker'. O navegador exibe o endereço '152.70.216.140:1880/ui/#/0?socketid=...'. A página tem um cabeçalho azul com o texto 'Smart Locker - Cadastro de Entrega'. O formulário principal, intitulado 'Dados de Cadastro', contém dois campos de texto obrigatórios: 'Informe Código de Entrega *' com o valor '4312678895' e 'Informe Destinatário *' com o valor 'João Silva'. Abaixo dos campos, há dois botões azuis: 'CONFIRMAR' e 'CANCELAR'.

Fonte: O autor (2022).

As informações solicitadas ao usuário são: identificação do destinatário e o código a ser utilizado nas operações de entrega e retirada, que para fins de validação foi definido como sendo o CPF do cliente. O preenchimento dos campos é obrigatório e não é possível inserir entregas no sistema com a ausência de código ou identificação do destinatário. Após a inserção dos dados de forma correta na plataforma, uma mensagem de sucesso será apresentada conforme a Figura 26.

Figura 26 – Confirmação de Cadastro.

Smart Locker - Cadastro de Entrega

Dados de Cadastro

Informe Código de Entrega *

Informe Destinatário *

CONFIRMAR CANCELAR

Cadastro Realizado com Sucesso!

Fonte: O autor (2022).

Todas as operações realizadas na página web de cadastros, ficam armazenadas no banco de dados MySQL em ambiente remoto, para que futuramente possam ser gerados relatórios de acesso, análises, geração de históricos, dentre outras atividades gerenciais que se façam necessárias.

5.2.2 Funcionamento das funções de entrega de encomendas

As operações de entregas serão realizadas por empresas de entregas, independente do porte. Para que a operação seja realizada de forma correta, o entregador deve receber o código de operação e a localização da entrega, estas informações serão fornecidas pelo cliente que realizou a compra e de posse destes dados o entregador estará apto a realizar as ações necessárias.

Para os testes das funcionalidades de entregas, foram cadastrados códigos na interface web e as operações validadas com a utilização da aplicação mobile MQTT Dashboard, a qual permite personalização de ações e troca de mensagens em sistemas que utilizem o protocolo MQTT para troca de mensagens. Conforme a Figura 27, observa-se, por parte do entregador, a inserção de um código cadastrado na plataforma web.

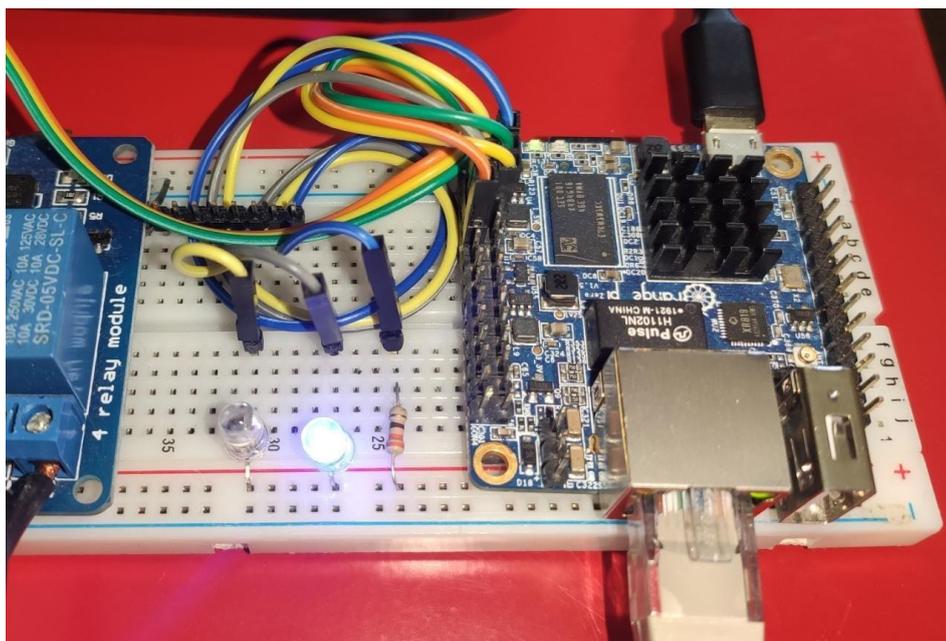
Figura 27 - Inserção do código de entrega.



Fonte: O autor (2022).

O código inserido pelo integrador, será enviado ao software embarcado via protocolo MQTT e após a validação do mesmo a ser realizada no banco de dados, um indicador luminoso azul será acionado no dispositivo indicando que a entrega poderá ser realizada, conforme ilustrado na Figura 28. Neste momento a fechadura eletromagnética destrava o compartimento inferior do armário, permitindo que a entrega seja efetuada pelo operador.

Figura 28 - Indicação de Validação de Entrega.



Fonte: O autor (2022).

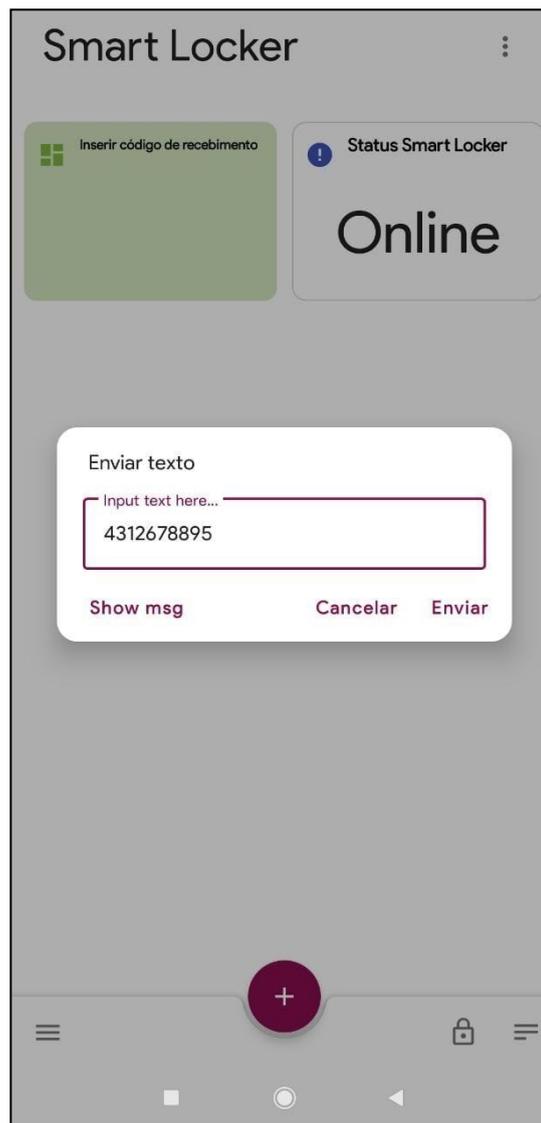
Em caso de falha na validação do código, seja por ausência de cadastro, conectividade ou erro de digitação, uma mensagem de falha será apresentada na tela do aplicativo MQTT Dashboard. Na tela do aplicativo também são apresentadas mensagens de status da conectividade do armário inteligente.

5.2.3 Funcionamento das funções de coleta de encomendas

As operações de retirada serão realizadas diretamente pelo cliente. Para que a operação seja realizada de forma correta, o cliente estar de posse do código de acesso para autenticação no sistema de controle.

Para os testes das funcionalidades de retiradas, foram cadastrados alguns códigos na interface web e as operações validadas com a utilização da aplicação mobile MQTT Dashboard, a qual permite personalização de ações e troca de mensagens em sistemas que utilizem o protocolo MQTT como serviço de mensageria entre seus componentes. Conforme a Figura 29, observa-se a inserção de um código cadastrado na plataforma web para validação da ação de coleta de uma encomenda armazenada no armário inteligente.

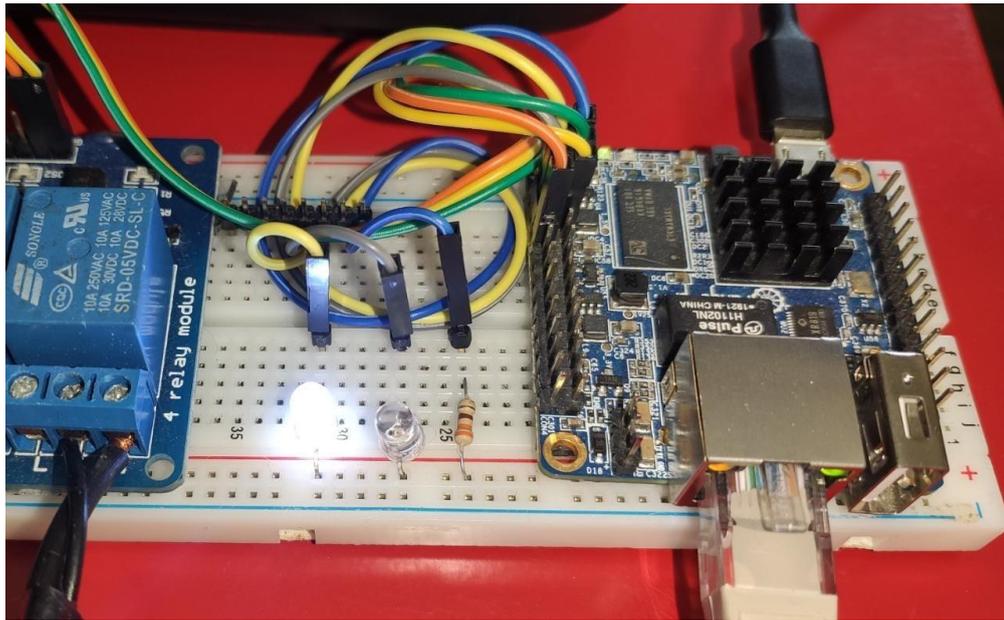
Figura 29 – Inserção do código de recebimento.



Fonte: O autor (2022).

O código inserido pelo cliente, será enviado ao software embarcado via protocolo MQTT e após a validação do mesmo a ser realizada mediante consulta no banco de dados, um indicador luminoso branco será acionado no dispositivo indicando, conforme ilustrado a seguir na Figura 30, que a retirada da encomenda poderá ser realizada, após a trava eletromagnética destravar o acesso ao compartimento inferior do armário inteligente.

Figura 30 - Indicação de Validação de Retirada.



Fonte: O autor (2022).

Em caso de falha na validação do código, seja por ausência de cadastro, conectividade ou erro de digitação, uma mensagem de falha será apresentada na tela do aplicativo. Na tela do aplicativo também são apresentadas mensagens de status da conectividade do dispositivo de controle.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta dissertação apresentou uma abordagem dos passos do desenvolvimento e customização de um protótipo de sistema denominado armário inteligente – *smart locker*, permitindo assim que entregas de encomendas sejam monitoradas por dispositivos de internet das coisas, reduzindo a necessidade, e até em alguns casos dispensar, a presença de uma pessoa para receber uma encomenda, seja esta entrega a ser realizada em um prédio comercial ou residencial.

O sistema elaborado apresenta uma arquitetura de internet das coisas que permite a conectividade e troca de dados entre os elementos que o compõe, de forma segura e rápida, o protocolo MQTT aplicado como serviço de mensageria é projetado para esta finalidade de comunicações e cumpre com segurança e rapidez as funcionalidades de trocas de dados entre os elementos do armário inteligente.

O objetivos geral e específicos do projeto foram atingidos, pois o projeto desenvolvido contempla os elementos propostos no item 1.3.2 desta dissertação, que eram a elaboração de ferramentas web de cadastro de códigos de entrega, elaboração do protótipo de controle e interfaces de uso dos clientes e entregadores por meio de aplicativo mobile, culminando com a montagem de um armário físico onde os testes de funcionamento foram realizados.

Os testes realizados com o protótipo desenvolvido até o momento atestaram o correto funcionamento das funções de controle de ações e notificações para os usuários, bem como demonstraram que é possível identificar o status de funcionamento do equipamento, apontando se o armário está ou não conectado à internet. Funções estas que serão importantes em futuras implementações do projeto e utilização em locais de entregas e recebimento de encomendas.

Dentre as melhorias possíveis e aplicáveis ao projeto identificou-se que o módulo de controle eletrônico e comunicações necessitam ser instalados dentro do armário, deixando apenas pontos de acesso a energia elétrica e internet. No protótipo produzido os elementos de controle ficaram externos, devido à constante necessidade de acessar os componentes para ajustes durante os testes, além do módulo de controle a instalação de um nobreak será útil para garantir que a operação não seja interrompida por quedas no fornecimento de energia elétrica. Como melhoria futura para os utilizadores da caixa de correio, será disponibilizada uma versão do aplicativo móvel para a plataforma iOS, abrangendo assim uma maior quantidade de usuários e tornando o sistema mais acessível para as pessoas.

Um ponto que merece atenção para a utilização em campo é a conectividade com internet, em projetos de internet das coisas a conectividade é um elemento essencial para o sucesso do projeto e também para que a experiência do usuário e confiança do produto não sejam prejudicadas. O protótipo do armário inteligente possui conexão via rede cabeada e WiFi, porém no futuro uma opção de conectividade por redes de celular 3G ou 4G serão importantes para locais que não possuam uma infraestrutura de conectividade local por fibra óptica, ou o estabelecimento onde o armário será instalado decida pelo não fornecimento de acesso à internet.

Este projeto de dissertação proporcionou um grande aprendizado em relação à construção de produtos com utilização de internet das coisas e sistemas embarcados. A aplicação destas tecnologias na solução de problemas cotidianos demonstrou como elementos de internet das coisas podem complementar serviços existentes e trazem mais praticidade na vida das pessoas, afinal o consumo via internet aumentou nos últimos anos e as pessoas buscam ferramentas inovadoras que as auxiliem na recepção de encomendas.

O desenvolvimento do projeto do armário inteligente também auxiliou na compreensão de processos logísticos de entregas de menor porte, relacionados ao *last mile delivery*, nesta etapa das entregas as empresas estão em contato direto com o cliente é o ponto onde há uma grande expectativa do sucesso da operação, tanto para fornecedores como clientes, e neste âmbito tecnologias, como a do armário inteligente aqui desenvolvida, são uteis na redução de problemas pela não concretização de uma entrega.

Os desafios e metas que foram cumpridos devidos aos conhecimentos adquiridos nas etapas de construção da fundamentação teórica e do estado da arte colaboraram para o desenvolvimento de um projeto que buscou criar novidades no mercado para o mercado de *smart lockers*, apresentando ao mercado uma opção de armário inteligente de dimensões compactas, conectado à internet, e com possibilidades de modularização permitindo que seja adaptado às necessidades dos clientes que os utilizarem. Ao final das etapas de desenvolvimento do protótipo, testes de validação de requisitos e testes operacionais do armário inteligente, será solicitado, em órgãos competentes, o registro de patente para o produto apresentado nesta dissertação.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASIL. Pesquisa revela aumento de pedidos de comida por app durante pandemia. Disponível em: <<https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2021-12/pesquisa-revela-aumento-de-pedidos-de-comida-por-app-durante-pandemia#:~:text=Os%20pedidos%20de%20refei%C3%A7%C3%B5es%20pela,%20emerg%C3%Aancia%20de%20sa%C3%BAde%20p%C3%ABlica.>> Acesso em: 10 dez. 2021.

AMAZON. Amazon Hub. Disponível em: <<https://www.amazon.com/b?ie=UTF8&node=13853235011>>. Acesso em: 08 fev. 2022.

ARMÁRIOS INTELIGENTES. Disponível em: <<https://armariosinteligentes.com.br/>> Acesso em: 28 dez 2021.

CAMERON, D. Electronic commerce: the new business platform of the Internet. Charleston: Computer Technology Research Corp., 1997.

COMPUTER WORLD. Lei de IoT pode gerar até 10 milhões de empregos no Brasil. Disponível em: <<https://computerworld.com.br/negocios/lei-de-iot-pode-gerar-ate-10-milhoes-de-empregos-no-brasil/>>. Acesso em: 28 dez. 2021.

CARVALHO, M. S. R. M. D. A trajetória da Internet no Brasil: do surgimento das redes de computadores à instituição dos mecanismos de governança. Dissertação (Mestrado em Ciências de Engenharia e Sistemas de Computação) – Programa de Pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

CORREIOS. Locker - Armário inteligente dos Correios. Disponível em: <<https://www2.correios.com.br/hotsites/locker/>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

CS SEGURANÇA E COMUNICAÇÃO. Fechadura eletromagnética. Disponível em: <<https://cs.ind.br/produto/fechadura-eletromagnetica-el-180/>>. Acesso em 08 fev. 2022.

E-COMMERCE BRASIL. Correios impulsionam a indústria de lockers no Brasil com a Boxit. Disponível em: < <https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/correios-impulsionam-a-industria-de-lockers-no-brasil-com-a-boxit/>>. Acesso em 08 fev. 2022.

E-COMMERCE BRASIL. 67% dos brasileiros fazem uso do “retire em loja”, revela pesquisa. Disponível em: <<https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/brasileiros-uso- retire-em-loja-pesquisa/>> Acesso em: 10 dez. 2021.

E-COMMERCE BRASIL. 90% dos consumidores estão satisfeitos com a navegação via mobile. Disponível em <<https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/90-dos-consumidores-estao-satisfeitos-com-a-navegacao-via-mobile/>>. Acesso em: 22 dez. 2021.

E-COMMERCE BRASIL. E-commerce faturou R\$ 47 bi em 2017, diz Ebit. Disponível em: <<https://www.ecommercebrasil.com.br/noticias/37-webshoppers-e-commerce-faturou-r-47-bi-2017/>>. Acesso em 10 dez. 2021.

FEKI, M. A. et al. The Internet of Things: The Next Technological Revolution. IEEE Computer Society, 2013.

GARTNER. Gartner Says 5.8 Billion Enterprise and Automotive IoT Endpoints Will Be in Use in 2020. Disponível em: <<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-08-29-gartner-says-5-8-billion-enterprise-and-automotive-io>>. Acesso em 10 dez. 2021.

GIULIANI, Antonio C. Marketing Contemporâneo: Novas Práticas De Gestão. São Paulo. Saraiva, 2014

HiveMQ. Disponível em: <<https://www.hivemq.com/>>. Acesso 08 jan 2022.

ILLOS. Lockers: a aposta do varejo para agilizar entregas. Disponível em: <<https://www.ilos.com.br/web/lockers-a-aposta-do-varejo-para-agilizar-entregas/>>. Acesso em 08 jan. 2022.

INTELIPOST. O desafio da última milha da logística nas grandes cidades. Disponível em: < <https://www.intelipost.com.br/blog/logistica-nas-grandes-cidades/>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

KOTLER, P. & KELLER, K. L. Administração de marketing. 15. ed. São Paulo: Pearson, 2018.

MAPLINK GLOBAL. O que é last mile delivery? Como fazer para melhorar a experiência do cliente? Disponível em: <<https://maplink.global/blog/last-mile-delivery/>>. Acesso em: 22 dez. 2021.

MERCADO E CONSUMO. Confira três tendências para o varejo no pós-pandemia. Disponível em: <<https://mercadoeconsumo.com.br/2021/07/18/confira-tres-tendencias-para-o-varejo-no-pos-pandemia/>> Acesso em: 28 dez 2021.

MIRAZ et al. A review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet of Nano Things (IoNT). Disponível em: < <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7317398>>. Acesso em 08 jan. 2022.

MQTT DASHBOARD. - IoT and Node-RED controller. Disponível em: <<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.app.vetru.mqttdashboard&hl=pt-BR>>. Acesso em 08 fev. 2022.

NODE-RED. Disponível em: <<https://nodered.org/>>. Acesso em 21 dez. 2021.

OIHANDOVER. Armários inteligentes: O que são? Como e onde usar? 2021. Disponível em: <<https://oihandover.com/o-que-sao-armarios-inteligentes/>>. Acesso em: 10 dez. 2021

OLIVEIRA, Leonardo C. Fatores de influência para utilização de sistema de entrega via lockers - armários inteligentes. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/229422>> Acesso em: 08 jan 2022.

ORANGE PI. Disponível em: <<http://www.orangeipi.org/orangepizerolts/>>. Acesso em 21 dez 2021.

REVISTA EMPRESÁRIOS. Retiradas de compras em smart lockers crescem 100% e começam a criar novo hábito entre os consumidores. Disponível em: <<https://revistaempresarios.net/site/retiradas-de-compras-em-smart-lockers-crescem-100-e-comecam-a-criar-novo-habito-entre-os-consumidores/>>. Acesso em 08 fev. 2022.

REVISTA TECNOLOGIA. Tecnologia em Smart Lockers pode ser uma solução para empresas em plena pandemia. Disponível em: <<https://revistatecnologia360.com.br/tecnologia-em-smart-lockers-pode-ser-uma-solucao-para-empresas-em-plena-pandemia/>>. Acesso em: 10 dez. 2021.

REVISTA USE. Retiradas de compras em smart lockers crescem 100% e começam a criar novo hábito entre os consumidores. Disponível em: <<http://www.revistause.com.br/retiradas-de-compras-em-smart-lockers-crescem-100-e-comecam-a-criar-novo-habito-entre-os-consumidores/>>. Acesso em: 08 jan 2022.

SBVC. O papel do varejo na economia brasileira. Disponível em: <http://sbvc.com.br/wp-content/uploads/2019/07/O-Papel-do-Varejo-na-Economia-Brasileira-SBVC_2019.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2021.

SERRENTINO, A. Varejo e Brasil Reflexões Estratégicas. São Paulo. Varese, 2015.

SOUZA, de Oliveira C; et al. Solutions for last mile deliveries. Disponível em: <<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85086249962&origin=inward&txGid=f4f071ec7d8d1cecb312ecf6695d99f0>>. Acesso em: 16 de junho de 2020.

VIDA DE SILÍCIO. Módulo de relé 4 canais. Disponível em: <https://www.vidadesilicio.com.br/produto/modulo-rele-4-canais/?vds&gclid=CjwKCAiA6Y2QBhAtEiwAGHybPYqMxjDnY9zLizBHcizi3LYE9TBViT1Ov024KpWFXx-fjqEm3FMs8hoCF3wQAvD_BwE>. Acesso em: 08 fev. 2022.

VITORINO, Carlos Márcio. Logística, São Paulo: Pearson, 2012.

WEBSHOPPERS. Wheeshoppers 38ª Edição. Disponível em:
<https://www.fecomercio.com.br/public/upload/editor/ws38_vfinal.pdf>. Acesso em:
22 dez. 2021.

YUEN, Kum Fail; et al. The determinants of customers intention to use smart lockers
for last-mile deliveries. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0969698919300293>>

Acesso em:10 dez. 2021.