



**INSTITUTO
FEDERAL**

Minas Gerais

Campus

Betim

BACHARELADO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

LÚCIO PAULO BRAGA PINHEIRO CHAGAS

MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS E INTERNET DAS COISAS

Betim

2023

LÚCIO PAULO BRAGA PINHEIRO CHAGAS

MÁQUINA DE LAVAR ROUPAS E INTERNET DAS COISAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia de Controle e Automação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais Campus Betim, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Hermano Rezende Rosa

Coorientador: Prof. Me. Helbert Ribeiro de Sá

Coorientadora: Prof^a. Esp. Nádya Guimarães de Paula Borges

Betim

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

C433m Chagas, Lúcio Paulo Braga Pinheiro
Máquina de lavar e internet das coisas / Lúcio Paulo Braga
Pinheiro Chagas. – 2023.

94 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em
Engenharia de Controle e Automação) - Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim,
2023.

Orientador: Prof. Dr. Arthur Hermano Rezende Rosa
Coorientador: Prof. Me. Helbert Ribeiro de Sá
Coorientadora: Profa. Esp. Nádia Guimarães de Paula Borges

1. Internet das coisas. 2. Android (Recurso eletrônico). 3.
Microcontroladores. 4. Controle. 5. Automação. I. Chagas, Lúcio
Paulo Braga Pinheiro. II. Título.

CDU: 004.8



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Betim
Diretoria de Ensino
Docentes Automação Industrial e Tecnologia da Informação
Rua Itamarati - CEP 32677-564 - Betim - MG
3135976360 - www.ifmg.edu.br

DEFESA DE TCC

No dia 12 de dezembro de 2023, às 19 horas, o estudante Lúcio Paulo Braga Pinheiro Chagas, do curso de Engenharia de Controle e Automação do IFMG – Campus Betim, apresentou o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) à banca examinadora, composta por Prof. Virgil Del Duca Almeida, Prof. Arthur Hermano Rezende Rosa, Prof. Helbert Ribeiro de Sá e Prof. Bruno de Souza Baptista, que obteve **aprovação** com a **nota 81**, que está condicionada ao cumprimento dos procedimentos pós-defesa do TCC. Caso seja aprovado, deverá apresentar o trabalho com as devidas modificações até o final do semestre letivo corrente e, feitas as correções, tem mais 10 dias corridos para entregar as cópias em meio eletrônico.

O aluno está ciente de que, caso não cumpra os procedimentos pós-defesa de TCC até a data estipulada, sua nota será considerada zero e a sua defesa de TCC será considerada nula. Também está ciente de que o trabalho de conclusão de seu curso poderá ser divulgado pela Instituição através dos seus meios de comunicação.

Alterações sugeridas pela banca examinadora e outras observações pertinentes à defesa:

- observar as sugestões dos membros da banca nos textos enviados.

Às 21h, o presidente da banca, Arthur Hermano Rezende Rosa encerrou a reunião.

Betim, 17 de dezembro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Arthur Hermano Rezende Rosa, Professor**, em 17/12/2023, às 10:45, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Bruno de Souza Baptista, Professor**, em 17/12/2023, às 16:41, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Virgil Del Duca Almeida, Professor**, em 18/12/2023, às 14:53, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Helbert Ribeiro de Sa, Professor**, em 20/12/2023, às 13:50, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

RESUMO

As máquinas de lavar roupa são dispositivos eletromecânicos projetados para automatizar o processo de lavagem de roupas. Elas desempenham um papel crucial na vida cotidiana, proporcionando uma forma eficiente e conveniente de lavar roupas, economizando grande quantidade de tempo e recursos. A IoT ou *Internet of Things* (Traduzido para Internet das Coisas), trata-se de conexão entre objetos compartilhando informações através de um sistema integrado de rede. Entende-se que com a introdução desta tecnologia meios de comunicação, pesquisa de dados, sistemas integrados de manufatura entre outros, obtém uma potencialização com transferência e análise de dados mais rápida, transpondo mais agilidade para sistemas industriais. A conexão entre objetos traz um avanço colossal em direção a modernização, transformando o cotidiano. A IoT não está presa somente a indústria, afinal, casas inteligentes não são mais uma coisa do amanhã. Televisão, ar-condicionado, máquina de lavar roupa, sistemas de som, janelas, câmeras de segurança, portas e portões transformam uma simples casa em um sistema único e integrado controlado facilmente pelo celular, reconhecimento de gestos ou voz, basta uma conexão estável entre os objetos e que todos estejam conectados à mesma rede. O presente trabalho tem como objetivo principal de realizar o desenvolvimento de um protótipo de um sistema eletroeletrônico composto por microcontrolador Esp32, display Nextion e aplicativo Android utilizando diferentes protocolos de comunicação com capacidade de se comunicar a longa distância, para monitorar, parametrizar e controlar uma máquina de lavar de qualquer marca, modelo e ano de fabricação.

Palavras-chave: Internet das coisas; Android (Recurso eletrônico); Microcontroladores; Controle; Automação.

ABSTRACT

Washing machines are electromechanical devices designed to automate the process of washing clothes. They play a crucial role in everyday life, providing an efficient and convenient way of washing clothes, saving a large amount of time and resources. IoT or Internet of Things (Translated as Internet of Things), is a connection between objects sharing information through an integrated network system. It is understood that with the introduction of this technology means of communication, data research, integrated manufacturing systems, among others, it is enhanced by faster data transfer and analysis, bringing more agility to industrial systems. The connection between objects brings a colossal advance towards modernization, transforming everyday life. IoT is not limited to industry alone, after all, smart homes are no longer a thing of tomorrow. Television, air conditioning, washing machine, sound systems, windows, security cameras, doors and gates transform a simple house into a single and integrated system easily controlled by cell phone, gesture recognition or voice, just a stable connection between objects and that they are all connected to the same network. The main objective of this work is to develop a prototype of an electronic system composed of an Esp32 microcontroller, Nextion display and Android application using different communication protocols with the ability to communicate over long distances, to monitor, parameterize and control a washing machine of any brand, model and year of manufacture.

Keywords: *Internet of Things; Android (Electronic resource); Microcontrollers; Control; Automation.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Usuário utilizando a máquina de lavar	20
Figura 2 - Painéis das Máquinas de Lavar Roupa.....	20
Figura 3 - Equipamento monitor de Autoteste Electrolux	22
Figura 4 - Ciclo de Interação Homem x Máquina	23
Figura 5 - Máquina de lavar roupas abertura superior.....	26
Figura 6 - Máquina de lavar roupas abertura frontal.....	27
Figura 7 - Vista explodida externa e peças da Máquina (Gabinete/Painel)	29
Figura 8 - Vista explodida das peças internas da máquina	30
Figura 9 - Vista explodida do mecanismo de acionamento	32
Figura 10 - Painel Eletrônico dos Controles da Máquina de Lavar Roupas	33
Figura 11 - Placa de Potência e conectores das Máquina de Lavar Roupas	33
Figura 12 - Modelo de Diagrama Elétrico de Máquina de Lavar Roupas	34
Figura 13 - Mecanismo e Motor Elétrico de Máquina de Lavar Roupas	35
Figura 14 - Mecanismo e Atuador de Máquina de Lavar Roupas.....	35
Figura 15 - Válvulas Solenoides das Máquina de Lavar Roupas	35
Figura 16 - Bomba de drenagem das Máquina de Lavar Roupa.....	36
Figura 17 - Sensores das Máquina de Lavar Roupas	36
Figura 18 - Exemplo de Roteador.....	40
Figura 19 - Equipamentos em comunicação	43
Figura 20 - Servidor de broker MQTT.....	45
Figura 21 - IDE de Desenvolvimento Arduíno	47
Figura 22 - IDE de Desenvolvimento Android.....	49
Figura 23 - IDE de Desenvolvimento Android.....	49
Figura 24 - Placa do Esp32	50
Figura 25 - Placa do Esp32 Devkit V1	51
Figura 26 - Placa HF-006	53
Figura 27 - Placa HF-006	53
Figura 28 – Conectores das entradas digitais	54
Figura 29 – Conectores das entradas analógicas	54
Figura 30 – Conectores das saídas digitais a relé.....	55
Figura 31 – Conectores da saída PWM.....	55
Figura 32 – Conectores das saídas serial e I2C.....	56

Figura 33 – Conectores da saída RS485	56
Figura 34 – Esquemático da Placa H006	57
Figura 35 - Tela Nextion 3.5"	58
Figura 36 - IDE de Desenvolvimento Nextion.....	59
Figura 37 - Equipamentos em comunicação	60
Figura 38 - Cavalete e Mecanismo.....	61
Figura 39 - Base de Madeira para instalação do conjunto eletroeletrônico	61
Figura 40 - Esquema Eletroeletrônico do projeto	62
Figura 41 - Fluxograma simplificado de ciclo de lavagem	64
Figura 42 - (a) - Tela de apresentação do projeto (b) - Tela principal do projeto.....	65
Figura 43 - (a) - Atuação (I/O) (b) - Prog. Nível (c) - Prog. Ciclo.....	66
Figura 44 - Print da tela principal com os componentes inseridos.....	67
Figura 45 - Print do código da tela de apresentação	67
Figura 46 - Print do código da tela de apresentação	68
Figura 47 - Print do código do botão de programação de nível	68
Figura 48 - Print do código do botão de programação de ciclo	69
Figura 49 - Print do código do botão de programação de ciclo	70
Figura 50 - Print da Tela de Apresentação e seu código de programação.....	71
Figura 51 - Print da Tela de Apresentação.....	72
Figura 52 - Prints das Telas de Apresentação e Configuração	72
Figura 53 - Print da publicação.....	73
Figura 54 - Print dos arquivos gerados pelo software	74
Figura 55 - Print Configuração Software	75
Figura 56 - Fluxograma do Ciclo de Trabalho	75
Figura 57 - Trecho do código chamada das Bibliotecas.....	76
Figura 58 - Configuração dos Dados para Wifi.....	76
Figura 59 - Definição das Entradas e Saídas do ESP32	76
Figura 60 - Variáveis do projeto.....	77
Figura 61 - Funções para comunicação	77
Figura 62 - Função void setup().....	79
Figura 63 - Função void loop().....	80
Figura 64 – Função Switch segurança da tampa	81
Figura 65 - Fluxograma do Ciclo de Trabalho	82
Figura 66 – Protótipo Eletroeletrônico	83

Figura 67 - Equipamentos em comunicação83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fluxo simplificado das tarefas de lavar roupas.....	25
---	----

ABREVIATURAS, SIGLAS E CONVENÇÕES

AET	Análise Ergonômica do Trabalho
FTP	File Transfer Protocol
GPIO	General Purpose Input/Output
HTTP	Hypertext Transport Protocol
IDE	Integrated Development Environment
IHM	<i>Human Machine Interface</i> ou Interface Homem Máquina
IMAP	Internet Mail Access Protocol
ICANN	Internet Corporation for Assigned Names and Numbers
IoT	<i>Internet of Things</i> ou Internet das Coisas
IP	Internet Protocol
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport" ou Transporte de filas de mensagens de Telemetria
NA	normalmente abertos
NF	normalmente fechados
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
REEE	Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos
SMTP	Simple Mail Transport Protocol
SOP	Sem Obsolescência Programada
TCP	Transmission Control Protocol
TLS	Transport Layer Security
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i> ou 'Fidelidade Sem Fios

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1. Objetivos	13
1.1.1 Objetivo Geral	13
1.1.2 Objetivos Específicos	13
1.2. Justificativa	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 A inovação como fator histórico de progresso	15
2.2. Obsolescência programada e publicidade	17
2.3. Análise da sustentabilidade do processo de remanufatura de equipamentos eletroeletrônicos	18
2.4. Usabilidade entre modelos de máquinas de lavar roupa	19
2.5. Desenvolvimento de dispositivo para Autoteste no dispositivo eletroeletrônico (protótipo)	21
2.6. Estudo da usabilidade de interfaces	23
2.7. Máquina de lavar roupas	26
2.7.1 Partes mecânicas das máquinas de lavar roupa	27
2.7.2 Partes eletroeletrônica das máquinas de lavar roupa	32
2.8. Internet das coisas (IoT)	37
3 METODOLOGIA	38
3.1 Comunicação entre dispositivos (Wi-fi e Roteador)	38
3.2 O Transmission Control Protocol (TCP) e o Internet Protocol (IP)	40
3.3 Protocolo Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)	42
3.4. Sistema Operacional Android	45
3.5 Software Arduíno	46
3.6. Ambiente de desenvolvimento Android	47
3.6. Módulo Wifi Eso 32 NodeMcu	49
3.7. Placa HF-006	51
3.8. Display Nextion 3.5” e IDE	57
3.9. Comunicação do sistema	59
3.10 Montagem dos componentes físicos	60
3.11 Ciclo de Trabalho e Nível da Água da Máquina de Lavar	62

3.12 Nível de Água.....	64
3.13 Ambiente de desenvolvimento IDE Nextion.....	65
3.14 Ambiente de Desenvolvimento Software App Android.....	70
3.15 Ambiente de Desenvolvimento Software IDE Arduíno.....	74
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	82
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	84
REFERÊNCIAS.....	86
ANEXO I - CÓDIGO CICLO UNICO PARA MÁQUINA DE LAVAR.....	88

1 INTRODUÇÃO

O mundo está passando por diversas transformações que exigem inovações para concretizar mudanças positivas significativas. Diante desse cenário de avanço da humanidade e do contínuo aprimoramento das técnicas e conhecimentos na área da engenharia, torna-se relevante abordar a contribuição e a importância social em relação ao alcance de todos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

Com base nisso, surgiu a proposta de desenvolver um modelo experimental que permitirá modernizar máquinas de lavar roupas antigas e reintroduzi-las no mercado de forma mais acessível e atualizada tecnologicamente.

A Internet das Coisas surgiu da necessidade que os seres humanos têm de estar sempre rodeados de facilidades e praticidades. O que queremos dizer com isso, é que, quanto mais prático, rápido e versátil for à tecnologia e claro, mais empolgante, interessante, fascinante, melhor será a convivência das pessoas em seu cotidiano.

Resumindo, a inclusão de produtos inovadores em máquinas antigas de lavar roupas vai além da economia, incentivando as pessoas a usarem o tempo antes dedicado à lavagem manual para outras atividades, como trabalho remunerado e educação. Adicionalmente, benefícios são observados na recuperação de equipamentos, com a criação de empregos dignos nas operações e impulsionando o crescimento econômico, ao mesmo tempo em que promove a responsabilidade na utilização de recursos e descarte adequado.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um protótipo para atualizar tecnologicamente as máquinas de lavar roupas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Monitorar, parametrizar e controlar a máquina de lavar roupas utilizando uma Interface Homem Máquina (IHM) fixa na máquina e/ou aplicativo no celular

conectados por redes de computador via *Wireless Fidelity* ou Fidelidade Sem Fios (Wi-Fi).

- Contribuir para o atingimento dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
- Compreender a inovação e adaptação à evolução da tecnologia das máquinas de lavar roupas.
- Destacar a falta de manutenção das placas eletrônicas.
- Apontar como a falta de peças de reposição e com preços abusivos no mercado, pode afetar a manutenção das máquinas de lavar.

1.2. Justificativa

O investimento na sociedade atinge seus objetivos por meio do investimento público, do conhecimento adquirido nas escolas públicas federais, do fortalecimento da pesquisa científica, do aprimoramento da capacidade tecnológica, do empreendedorismo, da criação e inovação de produtos a serem fabricados e descartados, reduzindo os Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE), que contêm muitas substâncias tóxicas que podem ter impactos negativos no ambiente e na saúde humana. Também reduz a extração de matéria-prima para a produção de novos equipamentos eletroeletrônicos.

Esse trabalho se justifica pois, demonstrou a possibilidade de construção de equipamentos eletroeletrônicos com tecnologia atualizada para *retrofit* em máquinas de lavar com vários anos de utilização de qualquer marca e modelo. Possibilitar a parametrização, o monitoramento e o controle a distância. Melhorar a obsolescência das máquinas com tempo determinado.

Nota-se que as máquinas de lavar roupa modernas são mais eficientes no uso de recursos. Uma torneira aberta por 15 minutos pode consumir até 279 litros de água, aproximadamente. Uma máquina de lavar atual lava 5kg de roupas com 135 litros de água. Desta forma, a adoção de máquinas de lavar roupa também é, em alguns casos, além de justificável do ponto de vista econômico, também justificável do ponto de vista ecológico e de mão de obra.

Observa-se que o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos urbanos, se coloca, na segunda década do século XXI, como uma das questões cruciais a ser equacionada nas grandes cidades do mundo. Seja pelo volume crescente ou pela composição cada vez mais diversificada desses resíduos, seja pelos prejuízos ao

meio ambiente e saúde, relacionados à disposição inadequada deles. Diante disso, existe uma evidente necessidade em se pensar alternativas que vão desde o consumo mais consciente à adoção crescente da reciclagem ou remanufatura.

A remanufatura aplicada de forma sistemática é uma estratégia de recuperação e reintrodução dos equipamentos eletroeletrônicos e seus componentes na cadeia produtiva, fato que possibilita a redução do consumo de recursos materiais e energéticos e do descarte de resíduos REEE no meio ambiente

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir serão apresentadas as características de funcionamento das máquinas de lavar roupas e os conceitos de internet das coisas ou *Internet of Things* (IoT) com o objetivo de situar e contextualizar a leitura por meio de referências teóricas.

2.1 A inovação como fator histórico de progresso

A inovação em máquinas de lavar roupa tem sido um campo dinâmico que visa melhorar a eficiência, a conveniência e a sustentabilidade do processo de lavagem. Algumas das inovações mais significativas incluem: eficiência energética, tecnologia de lavagem, conectividade e controle remoto, sensores e inteligência artificial, redução de ruído e vibração, economia de água, ciclos específicos, design e portabilidade, sustentabilidade e matéria (ARAÚJO, 2018, p.45).

Em setembro de 2015, em reunião com representantes dos 193 estados membros da Organização das Nações Unidas (ONU), líderes mundiais e representantes da sociedade civil reuniram-se na sede da ONU, em Nova York, e decidiram um plano de ação para erradicar a pobreza, proteger o planeta e garantir que as pessoas alcancem a paz e a prosperidade.

Esse plano, conhecido como Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável, resultou na criação de 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que se baseiam nos antigos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Cada um deles perpassa seu próprio âmbito, influenciando e sendo influenciado pelos outros.

São eles:

1. Erradicação da Pobreza;
2. Fome Zero e Agricultura Sustentável;
3. Saúde e Bem-Estar;
4. Educação de Qualidade;
5. Igualdade de Gênero;
6. Água Potável e Saneamento;
7. Energia Acessível e Limpa;
8. Trabalho Decente e Crescimento Econômico;
9. Indústria, Inovação e Infraestrutura;
10. Redução das Desigualdades;
11. Cidades e Comunidades Sustentáveis;
12. Consumo e Produção Responsáveis;
13. Ação Contra a Mudança Global do Clima;
14. Vida na Água;
15. Vida Terrestre;
16. Paz, Justiça e Instituições Eficazes;
17. Parcerias e Meios de Implementação;

De acordo com Araújo (2018, p.39), a medida em que não se faz mudança positiva nas formas em que se produzi, se pensa, se distribui, se usa os recursos, qualifica-se a educação, adapta-se as cidades e se reduz as desigualdades.

A etimologia da palavra inovação (do latim *innovatio*, derivada de *innovare*, inovar e, de *novum*, novo) faz com que se possa afirmar, por extensão, que a raiz da palavra traz não só o sentido de novo, mas a ação (in *novum*, “introduzir” a novidade, o novo) e do senso comum, o termo é usado como sinônimo de invenção, novidade, modificação, alteração, criatividade e outros que se assemelham a novo, criação, mudança (ARAÚJO, 2018, p.41).

Nem todas as mudanças implicam em resultados positivos. É parte do processo de inovação separar o joio do trigo; na natureza, essa separação é feita através da seleção natural. Nas sociedades humanas, ela pode ser realizada com análise de resultados fortemente baseada em números, estatísticas, metas, objetivos como os da Agenda 2030.

O (ODS-8) trata do trabalho decente e crescimento econômico, promover políticas orientadas para o desenvolvimento, que apoiem as atividades produtivas,

geração de emprego decente, empreendedorismo, criatividade e inovação, e incentivar a formalização e o crescimento das micro, pequenas e médias empresas, inclusive por meio do acesso a serviços financeiros.

Já o (ODS-9) nos remete a fortalecer a pesquisa científica, melhorar as capacidades tecnológicas de setores industriais em todos os países, particularmente nos países em desenvolvimento, inclusive, até 2030, incentivando a inovação e aumentando substancialmente o número de trabalhadores de pesquisa e desenvolvimento por milhão de pessoas e os gastos público e privado em pesquisa e desenvolvimento.

Independente de considerações de certo ou errado, é fato que o ato de lavar roupa sempre foi associado (e ainda é) à atividade feminina de baixa, ou nenhuma, remuneração atrelada. O cuidado com as vestimentas assim como a sua higiene e limpeza e suas implicações na saúde são vistos como intimamente ligados às mulheres (ARAÚJO, 2018, p.45).

A adoção de máquinas de lavar roupa, mais do que a simples economia de energia, redireciona o tempo utilizado para outras atividades, como um trabalho remunerado [ODS 8] e à educação [ODS 4]. Ambos podem ajudar a reduzir a pobreza [ODS 1], enquanto a infraestrutura necessária para sua adoção implica processos sustentáveis nas comunidades [ODS 11], ao mesmo tempo que se cuida do consumo de insumos com responsabilidade [ODS 12].

Essas inovações buscam não apenas aprimorar o desempenho técnico das máquinas de lavar, mas também melhorar a experiência do usuário, promover a sustentabilidade ambiental e ocasionalmente incorporar elementos de conectividade e automação para se adaptar aos estilos de vida moderna.

2.2. Obsolescência programada e publicidade

A obsolescência programada, refere-se à prática de projetar e fabricar produtos de forma deliberada para terem uma vida útil limitada, levando os consumidores a substituí-los mais frequentemente.

As coisas são feitas para quebrar, e isso se chama obsolescência programada (SLADE, 2006, p.26).

Segundo o espanhol Benito Muros, presidente de um movimento contra a obsolescência programada (SOP, ou Sem Obsolescência Programada), algumas

peças essenciais para eletrodomésticos são colocadas propositalmente próximas das partes que mais aquecem no objeto, diminuindo seu tempo de vida. Soma-se a isso, o uso de materiais de menor qualidade (INSAURRIAGA, 2012).

A questão é que as fábricas poderiam fazer e faziam produtos com mais qualidade, mais duráveis. Com o passar dos anos, nas últimas décadas, os produtos já saem das fábricas, estrategicamente, com qualidade reduzida. A aceleração desse ciclo é necessária para manter o crescimento econômico, mantendo empregos. Isso não é verdade, pois podemos pensar em novas formas de trabalho (inclusive, com menos precarização e exploração) num outro tipo de organização social e econômica (INSAURRIAGA, 2012).

Segundo Mézáros (1989), vivemos numa sociedade descartável que se baseia na “taxa de uso decrescente dos bens e serviços produzidos pela sociedade”, ou seja, o capitalismo não é a favor da produção de bens duráveis e reutilizáveis. O capitalismo é um sistema essencialmente destrutivo, pois precisa destruir a natureza no início e no final do ciclo produtivo: quando esgota os recursos naturais a fim de sustentar a produção de mercadorias e quando estimula o descarte rápido dessas mercadorias aumentando a quantidade de resíduos/ lixos na natureza.

A aceleração desse ciclo é necessária para manter o crescimento econômico, mantendo empregos. Isso não é verdade, pode-se pensar em novas formas de trabalho (inclusive, com menos precarização e exploração) em um outro tipo de organização social e econômica.

2.3. Análise da sustentabilidade do processo de remanufatura de equipamentos eletroeletrônicos

A remanufatura aplicada de forma sistemática é uma estratégia de recuperação e reintrodução dos equipamentos eletroeletrônicos e seus componentes na cadeia produtiva, fato que possibilita a redução do consumo de recursos materiais e energéticos e do descarte de resíduos REEE no meio ambiente.

Com a redução da extração de matérias-primas e da fabricação de EEE novos proporcionada pela remanufatura, as emissões de gases poluentes ao meio ambiente (SOx, NOx e GEE do tipo CO₂) também diminuem. Além disso, ao

promover a extensão do ciclo de vida útil do EEE, a remanufatura, novamente, ocasiona a redução destes contaminantes (PARLAMENTO EUROPEU, 2003).

Além dos benefícios ambientais, na remanufatura de EEE são observados, também, benefícios econômicos, representados por dois fatores: a remanufatura permite a recuperação e reutilização de materiais de alto valor agregado contidos nos EEE, e o custo de remanufatura tende a ser inferior ao custo de fabricação de um produto novo, possibilitando que o preço de venda de um produto remanufaturado seja inferior ao preço do produto original (PARLAMENTO EUROPEU, 2003).

Apesar dos custos de mão-de-obra que apresenta, a operação de remanufatura é atrativa aos empresários, pois o custo da matéria-prima (isto é, os componentes provenientes da desmontagem dos produtos) é inferior ao custo da matéria-prima virgem. Assim, se por um lado, o empresário tem um custo maior de mão-de-obra na remanufatura, o custo de aquisição de matéria prima é menor quando comparado ao processo de fabricação de um produto novo (ROCHA *et al.*, 2009).

2.4. Usabilidade entre modelos de máquinas de lavar roupa

A usabilidade em máquinas de lavar, refere-se à facilidade e eficácia com que os usuários conseguem interagir e operar esses aparelhos para realizar suas tarefas de lavagem de roupa. Uma máquina de lavar com boa usabilidade é projetada de maneira a ser intuitiva, eficiente e segura para o usuário (BETIOL, 2004).

Alguns apontamentos relacionados à usabilidade em máquinas de lavar, são eles: interface intuitiva, instruções claras, ciclos programáveis, indicadores de progresso, segurança, acessibilidade, manutenção simples, eficiência energética, retroalimentação (BETIOL, 2004).

Como há um consenso no fato de que produtos difíceis de usar não são agradáveis e conseqüentemente não propiciam satisfação aos usuários, o projeto ergonômico implica na aplicação da informação ergonômica ao design de ferramentas, máquinas, sistemas, tarefas, trabalhos e ambientes para o uso humano seguro, confortável e efetivo (CHAPANIS, 1996).

Assim, a satisfação deveria ser considerada tanto no processo de design dos artefatos quanto na sua avaliação, com vistas à melhoria da interação indivíduo-artefato (JORDAN, 1998, p.33).

Nesse contexto, encontra-se a Usabilidade, um dos componentes da aceitabilidade de um produto que se refere à habilidade do usuário em poder utilizar as funcionalidades do produto na prática (BETIOL, 2004). Significa eficiência, facilidade, comodidade e segurança no uso dos produtos, tanto no ambiente doméstico como no profissional, incluindo a facilidade de manuseio e fornecimento claro de (LIDA; GUIMARÃES, 2016).

Preconiza-se então que, desde o início do projeto, a consideração com a usabilidade deve estar presente e que os produtos devem ser desenvolvidos de modo que a ocorrência desses erros seja minimizada (JORDAN, 1998).

Figura 1 - Usuário utilizando a máquina de lavar



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Assim, o conceito de Usabilidade inclui não só os aspectos relacionados ao desempenho durante o uso de um artefato, mas também aspectos subjetivos, como o sentimento de satisfação do usuário com o produto (VASQUES, 2011).

Figura 2 - Painéis das Máquinas de Lavar Roupa



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A qualidade e a rapidez do feedback são dois fatores importantes para o estabelecimento de satisfação e confiança do usuário. Estes fatores possibilitam que o usuário tenha melhor entendimento do funcionamento do sistema. Além disso, a ausência de feedback ou sua demora podem ser desconcertantes para o usuário (BASTIEN; SCARPIN, 1993).

Jordan (1998), ressalta que recurso usado com maior frequência pra atender a essa medida é o uso de dispositivos auditivos, recomendado, sobretudo, para a ocasião em que a informação deve receber atenção imediata do operador.

Jordan (1998), alerta que é preciso considerar de que maneira as informações serão repassadas, o tamanho adequado dos caracteres (de modo que facilite a leitura), a quantidade de informações contida em determinado espaço, os tipos de cores para beneficiar a interface e também o local onde as informações serão apresentadas. Nesse sentido, é preferível o usuário detectar erros durante a entrada de dados, do que constatá-lo no resultado final do processo. Ainda, os usuários são capazes de detectar diferentes itens mais facilmente se eles forem apresentados de forma organizada.

Por fim, Lida e Guimarães (2016), refere-se às características cognitivas como os conhecimentos do usuário sobre o modo de usar o produto, baseando-se em suas experiências anteriores. Dessa forma, qualquer produto que contrarie esses estereótipos causará dificuldade.

2.5. Desenvolvimento de dispositivo para Autoteste no dispositivo eletroeletrônico (protótipo)

A ideia de construção de uma função de teste para testar o funcionamento do comando da lavadora de roupas. O autoteste do protótipo, placa controladora da lavadora de roupas identifica o setor com problemas agilizando serviço do técnico que realiza o conserto. O autoteste apresentará resultados favoráveis em termos de diminuição de tempo para analisar o defeito da lavadora, em termos de custo e de reaproveitamento do tempo e da mão de obra.

Um dos eletrodomésticos que mais apresentam defeitos ao longo de sua utilização é a lavadora de roupas. Normalmente, a falha que prejudica o seu funcionamento está associada com problemas no seu sistema eletrônico. Este

sistema é composto por uma placa de interface e uma placa de potência. Para verificar o funcionamento da placa de potência, profissionais especializados empregam, normalmente, multímetros digitais.

O autoteste do (Protótipo) conforme placa controladora da lavadora de roupas identifica o setor com problemas agilizando serviço do técnico que realiza o conserto. O autoteste apresentará resultados favoráveis em termos de diminuição de tempo para analisar o defeito da lavadora, em termos de custo e de reaproveitamento do tempo e da mão de obra conforme Figura 3 a seguir.

Figura 3 - Equipamento monitor de Autoteste Electrolux

6.1 MONITOR DE AUTOTESTE

6.1.1 FUNÇÕES DO MONITOR DE AUTOTESTE

	Avança a escolha do componente a ser testado. Exemplo: 1, 2, 3, 4...
	Retorna a escolha do componente a ser testado. Exemplo: 13, 12, 11, 10...
	Liga ou desliga o componente a ser testado. Obs.: Algumas etapas não utilizam esta tecla.

⚠ ATENÇÃO

O monitor de autoteste somente deverá ser conectado com a Lavadora desligada da rede elétrica.

6.1.2 PROCEDIMENTO DE USO

- 1° Desconecte a Lavadora da rede elétrica.
- 2° Com o auxílio de uma chave Phillips, retire os 4 parafusos que fixam o complemento do painel e retire o complemento.

- 3° Conecte o Monitor de Autoteste à placa principal.
- 4° Em seguida, conecte a Lavadora na rede elétrica e mantenha a tampa fechada. O monitor mostrará as seguintes mensagens de inicialização:



Assist. Técnica
Electrolux S/A



Baixando Dados



Comunicação OK
Modelo da Lavadora



Após concluir a comunicação com a Lavadora, o monitor mostrará o primeiro teste a ser realizado.

1 Versão do software
O monitor informa a versão do software da placa.

Pressionando a tecla , o monitor selecionará o próximo componente a ser testado.



Fonte: Electrolux Manual LBU 15kg, (2023)

Ao utilizar multímetros nos testes de funcionamento, tais profissionais necessitam desmontar a máquina de lavar e em muitos casos tombá-la no chão. Mesmo realizando tais ações, o defeito pode não ser encontrado, pois ele pode estar associado à conexão elétrica entre a placa e o motor que não será verificada com o uso de multímetro, o que implicará em grande gasto de tempo para verificar o problema de funcionamento, além da incerteza de qual componente está defeituoso.

Diante disso, a ideia de construção de uma função de teste para testar o funcionamento do comando da lavadora de roupas.

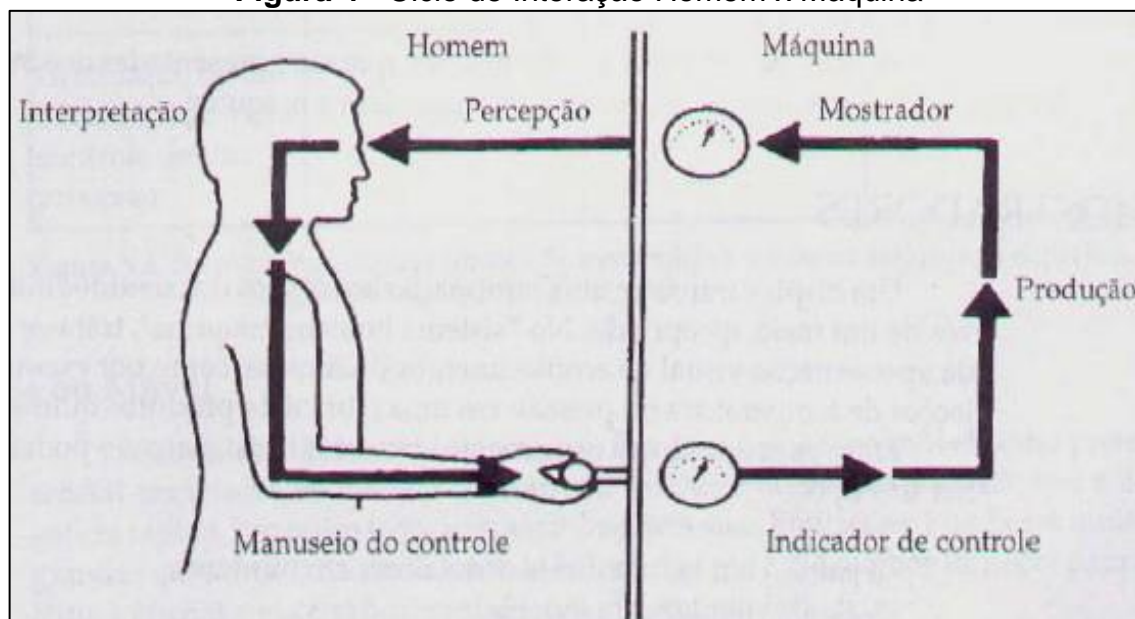
2.6. Estudo da usabilidade de interfaces

O estudo da Usabilidade de Interfaces está pautado em duas metodologias: a primeira, aplicada aos modelos de desenvolvimento de projeto de produtos: Total Design; e a segunda, aplicada à análise ergonômica, que é a Análise Ergonômica do Trabalho (AET), a Figura 4 ilustra o ciclo de interação Homem x Máquina (LIDA; GUIMARÃES, 2016).

A palavra ergonomia vem do grego: ergon = trabalho e nomos = legislação, normas. O objetivo da ergonomia é o desenvolvimento de bases científicas para a adequação das condições de trabalho às capacidades e realidades da pessoa que o executa, (GRANDJEAN, 1998).

A origem e evolução da ergonomia é consequência das transformações socioeconômicas e, sobretudo, tecnológicas que ocorreram no mundo do trabalho a partir da segunda metade do século XIX. Da produção artesanal, passando pela automação à 7 robótica, a relação do homem com seu trabalho tem sofrido mudanças estruturais profundas (ABRAÃO, 1993).

Figura 4 - Ciclo de Interação Homem x Máquina



Fonte: Lida e Guimarães (2016, p.32)

Ergonomia física está preocupada com características humanas anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas e como essas relacionam-se com as atividades físicas. Tópicos pertinentes incluem posturas, manuseios de materiais, movimentos repetitivos, desordens muscoesqueléticas relacionadas ao trabalho, layout dos postos de trabalho, segurança e saúde.

Ergonomia cognitiva está relacionada aos processos mentais, como percepção, memória, raciocínio, e resposta motora, como afetam interações entre os humanos e outros elementos de um sistema. Tópicos pertinentes incluem carga de trabalho mental, tomada de decisão, qualificação, interação homem-computador, confiabilidade, stress, que são treinados e integrados na concepção da relação homem-sistema.

Ergonomia organizacional está relacionada com a otimização do sistema sociotécnico, incluindo suas estruturas organizacionais, políticas e processos. Tópicos pertinentes incluem comunicação, administração de recursos, projeto do trabalho, jornada 8 de trabalho, trabalho em equipe, projeto participativo, ergonomia de comunidades, trabalho cooperativo, novos paradigmas de trabalho, organizações virtuais, teletrabalho e administração de qualidade.

Segundo Bifano (1999), a atividade de Lavar Roupas pressupõe, também, um complexo de atividades cercadas de emoções e concepções ideológicas: demonstração de carinho, dedicação e amor, por meio do cuidado com as roupas pessoais de todos os membros da família, bem como a conservação e manutenção da higienização do lar, por parte da mulher, a quem a função de “cuidar das roupas” é delegada no âmbito das atividades domésticas.

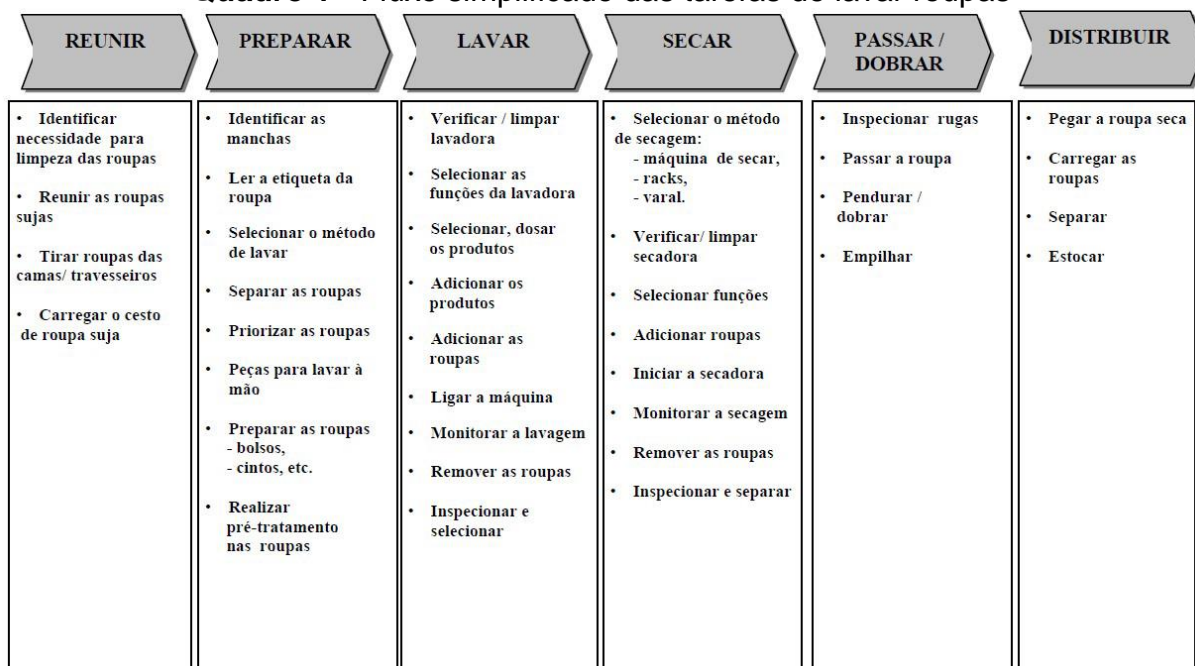
Segundo Bifano (1999), a atividade de Lavar Roupas pressupõe, também, um complexo de atividades cercadas de emoções e concepções ideológicas: demonstração de carinho, dedicação e amor, por meio do cuidado com as roupas pessoais todos os membros da família, bem como a conservação e manutenção da higienização 86 do lar, por parte da mulher, aquém a função de “cuidar das roupas” é delegada no âmbito das atividades domésticas.

Justifica-se, assim, que, a atividade de lavar roupa seja analisada além dos espelhos dos laboratórios com situações controladas, mas no ambiente real de trabalho, onde as características ambientais poderão influenciar na execução da tarefa. É uma oportunidade de identificar as interferências alheias à tarefa, que podem induzir situações de erro e dificuldade na interação com o produto.

Essa forma de acompanhamento permite aumentar a capacidade dos projetistas e ergonomistas de desenvolverem produtos mais adequados à realidade do usuário, de forma que os artefatos se tornem, realmente, um meio de trabalho que o auxilie a realizar a tarefa de lavar roupas, propiciando mais comodidade a ele, através da diminuição do esforço físico e mental e da economia de tempo.

É uma comodidade e conseqüente melhoria na qualidade de vida que se amplia, ainda mais, na mesma proporção que cresce o grau de conhecimento que os projetistas têm da realidade do usuário.

Quadro 1 - Fluxo simplificado das tarefas de lavar roupas



Fonte: Whirpool (2002)

Um exemplo comum é que nem todos os projetos têm condições de disponibilizar protótipos no momento ideal ou em condições adequadas para análise de usabilidade. Isso pode acontecer pelo fato de o projeto não contar com a tecnologia disponível ou por não haver verba suficiente para prototipagem. É o momento em que é preciso identificar as técnicas de avaliações mais adequadas às condições do projeto, uma vez que os líderes de projetos, quase sempre, necessitam de respostas rápidas. As dificuldades devem ser relatadas e levadas em consideração, pois podem prejudicar o desenvolvimento da usabilidade.

A introdução de técnicas de avaliação ao modelo proposto, apesar de já ter possibilitado ao projeto de produtos melhorias em suas qualidades ergonômicas (facilidade de aprendizagem, facilidade de uso e de adequação do produto à tarefa

de lavar roupa conforme necessidade dos usuários), não eliminam o desafio da busca constante por técnicas que auxiliem na melhor compreensão das necessidades dos consumidores e na conversão mais eficaz das necessidades dos usuários em especificação de projeto.

O estudo não tem como pretensão encerrar-se com a proposição de um modelo estático, mas sim, dinâmico, por acreditar que irá evoluir com as experiências vivenciadas no processo. Cada projeto com suas particularidades exigem uma adaptação e, por conseguinte uma melhoria no processo. O modelo está aberto para estas futuras melhorias e adaptações.

2.7. Máquina de lavar roupas

As máquinas contemporâneas são fabricadas em dois modelos básicos, com abertura frontal ou abertura superior. Sendo as máquinas com abertura superior conforme Figura 5 a seguir, mais populares nos Estados Unidos, Austrália, Brasil e parte da Europa. Elas recebem a roupa em um cilindro montado verticalmente, com um agitador central e tem a tampa por cima.

Figura 5 - Máquina de lavar roupas abertura superior



Fonte: Electrolux Manual Lm09, 2023

As máquinas com abertura frontal mostrado na Figura 6, possuem um cilindro montado horizontalmente, sem agitador central, mas com a porta estanque e com visor de vidro. Algumas marcas conhecidas que fabricam máquinas de lavar com abertura frontal no Brasil incluem: Electrolux, Brastemp, Consul, Samsung e LG.

Figura 6 - Máquina de lavar roupas abertura frontal



Fonte: Samsung Manual Eco Bubble 11kg, 2023

Ambos os modelos têm a capacidade de lavar automaticamente, propelidos por motor elétrico, executando ciclos de lavagem, enxágue, centrifugação e pré-programados de acordo com o tipo de roupa. O uso de componentes eletrônicos digitais atualmente substitui complexos sistemas mecânicos usados anteriormente para controlar a lavagem.

Ligadas a um ponto de força elétrica, um ponto de entrada de água e uma saída para a água servida, com timer programável e depósito de sabão e amaciante, trabalham sem supervisão, lavando, enxaguando e retirando o excesso de água por centrifugação. Algumas máquinas mais modernas também secam a roupa com ar quente após a lavagem. Podendo ter seu comando eletrônico ligado a uma rede de computadores, permitindo acompanhamento e comando pela Internet.

2.7.1 Partes mecânicas das máquinas de lavar roupa

As máquinas de lavar com tampa superior, também conhecidas como lavadoras de carregamento superior, possuem um princípio de funcionamento mecânico que difere das máquinas de lavar de abertura frontal. Na Figura 7 segue as peças constituintes. O funcionamento básico dessas máquinas com tampa superior é:

- Tampa Superior e Agitador:

A máquina possui uma tampa localizada na parte superior, que pode ser aberta para carregar roupas. Dentro da máquina, há um componente chamado agitador. Ele é responsável por movimentar as roupas durante o ciclo de lavagem, ajudando a remover sujeira e manchas.

- Válvula de Entrada de Água:

Para iniciar o ciclo de lavagem, a máquina é conectada a uma fonte de água através de uma válvula de entrada. A água entra no tambor através de uma abertura na parte superior.

- Distribuição de Detergente:

O detergente, normalmente líquido ou em pó, é adicionado ao compartimento apropriado na máquina. Durante o ciclo, o detergente é liberado na água para limpar as roupas.

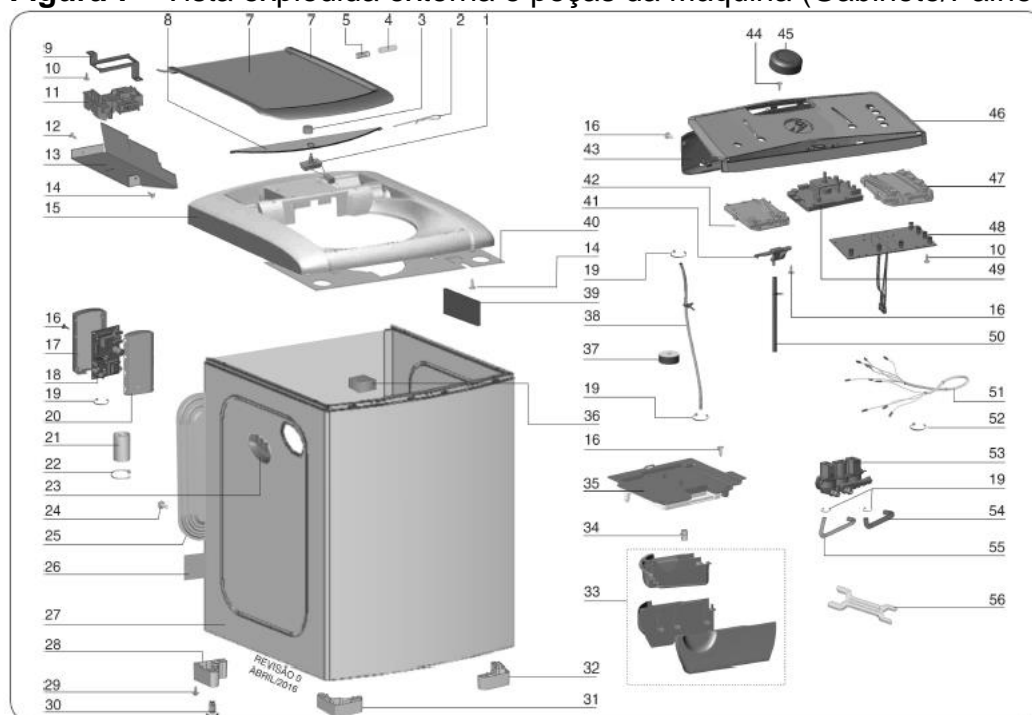
- Bomba de Drenagem:

Após a lavagem, a água suja é drenada do tambor. A máquina possui uma bomba de drenagem que retira a água e a direciona para o sistema de esgoto.

- Ciclos Programados:

As máquinas de lavar modernas oferecem uma variedade de ciclos programados para diferentes tipos de tecidos e níveis de sujeira. Esses ciclos controlam a duração da lavagem, a rotação do agitador e outros parâmetros para otimizar a limpeza.

Figura 7 - Vista explodida externa e peças da Máquina (Gabinete/Painel)



ITEM	DESCRIÇÃO	QTDE
1	INTERRUPTOR TURBO SECAGEM	1
2	GRAMPO TAMPA TURBO SECAGEM	2
3	TECLA TURBO SECAGEM	1
4	PINO DOBRADIÇA	1
5	MOLA DOBRADIÇA	1
6	MOLDURA TAMPA	1
7	VIDRO TAMPA	1
8	TAMPA TURBO SECAGEM	1
9	SUPORTE DISPOSITIVO TRAVA PORTA	1
10	PARAFUSO 3,5 X8 AUTO-ATARRAXANTE	7
11	DISPOSITIVO TRAVA TAMPA	1
12	CLIP CANOA 6,35 X 16	3
13	PROTEÇÃO DISPOSITIVO TRAVA	1
14	PARAFUSO 4X8 AUTO-ATARRAXANTE	3
15	TOPO	1
16	PARAFUSO 4X12 AUTO-ATARRAXANTE	17
17	PROTEÇÃO SUPERIOR PLACA ELETRÔNICA	1
18	PLACA FONTE	1
19	ABRAÇADEIRA T30R	6
20	PROTEÇÃO INFERIOR PLACA ELETRÔNICA	1
21	CAPACITOR	1
22	ABRAÇADEIRA T50R	2
23	ALÇA PARA TRANSPORTE	2
24	PARAFUSO AA AB 8 X 9,5	6
25	TAMPA TRASEIRA	1
26	ARREMATE EXTERNO GABINETE	1
27	GABINETE	1
28	PÉ TRASEIRO	2

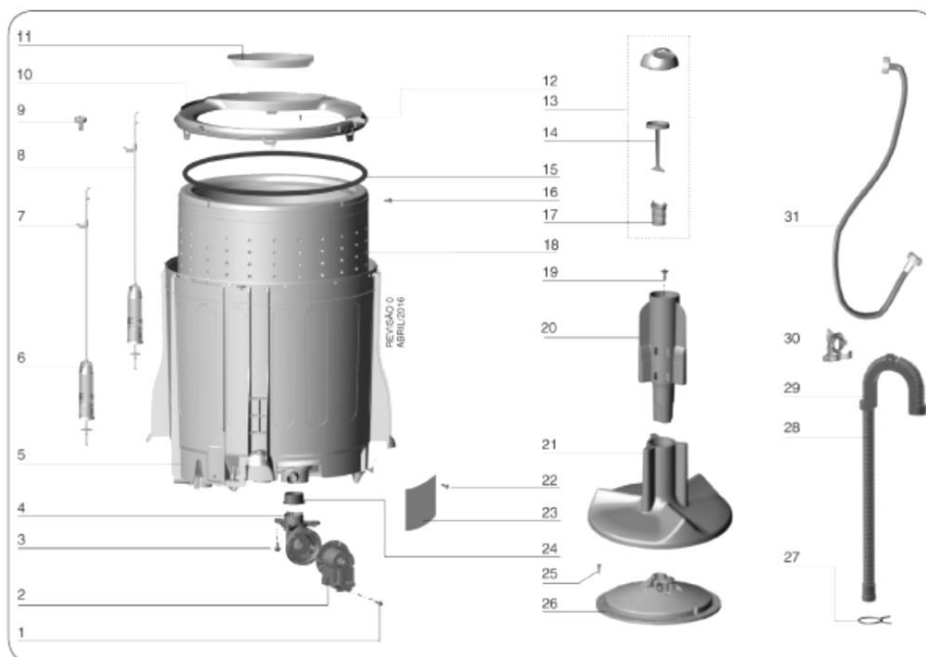
ITEM	DESCRIÇÃO	QTDE
29	PARAFUSO SEXTAVADO AF MT5X9,5	8
30	PÉ NIVELADOR CONJUNTO	4
31	PÉ FRONTAL ESQUERDO	1
32	PÉ FRONTAL DIREITO	1
33	GAVETA SABÃO	1
34	MARCADOR NÍVEL AMACIAN/ALVEJANTE	2
35	DISTRIBUIDOR ÁGUA	1
36	ESPUMA FUNDO GABINETE	1
37	PROTETOR MANGUEIRA PRESSOSTATO	2
38	MANGUEIRA PRESSOSTATO	1
39	ESPUMA PROTEÇÃO GABINETE PVC	4
40	PROTEÇÃO TOPO	1
41	NIPLE PRESSOSTATO	1
42	PROTEÇÃO PRESSOSTATO ELETRÔNICO	1
43	TAMPA PAINEL	1
44	PARAFUSO M5X0,8X25 - P DP F D	2
45	BOTÃO PROGRAMAS	1
46	PAINEL CONTROLE	1
47	PROTEÇÃO PLACA INTERFACE	1
48	PRESSOSTATO ELETRÔNICO/PLACA INTERFACE	1
49	PLACA POTÊNCIA	1
50	TUBO PRESSOSTATO ELETRÔNICO	1
51	REDE ELÉTRICA SUPERIOR	1
52	ABRAÇADEIRA T-18R	1
53	VÁLVULA ENTRADA TRIPLA	1
54	MANGUEIRA VÁLVULA AMACIANTE	1
55	MANGUEIRA SABÃO	1
56	CHAVE AJUSTE PÉ NIVELADOR	1

Fonte: Electrolux Manual LBU16kg, 2023

- Cesto e Tambor:

A Figura 8 mostra o cesto, onde as roupas são colocadas, está localizado dentro do tambor da máquina. O tambor é a parte rotativa onde as roupas são acomodadas para a lavagem. Em máquinas de tampa superior, o cesto costuma ser montado verticalmente e não gira da mesma forma que nas máquinas de abertura frontal.

Figura 8 - Vista explodida das peças internas da máquina (Cesto, Tambor e Agitador)



ITEM	DESCRIÇÃO	QTDE
1	PARAFUSO 4.2 X 22 AA PH ORG	3
2	ELETROBOMBA DRENAGEM SEM VOLUTA	1
3	PARAFUSO 6X20	3
4	VOLUTA MENOR ELETROBOMBA DRENAGEM	1
5	TANQUE	1
6	SUSPENSÃO DIANTEIRA	2
7	MOLA HORIZONTAL TANQUE	4
8	SUSPENSÃO TRASEIRA	2
9	PIVOT DO VARÃO	4
10	CAPA TANQUE	1
11	TAMPA CAPA TANQU	1
12	PARAFUSO 3,5 X 8 AUTO-ATARRAXANTE	2
13	CONJUNTO TAMPA/SUPORE/FILTRO	1
14	SUPORE FILTRO	1
15	GUARNIÇÃO TANQUE	1
16	PARAFUSO 5,0X20 AA LIS	6
17	FILTRO	1
18	CESTO	1
19	PARAFUSO AGITADOR M6X28 C/ ARR. IN F	1
20	AGITADOR SUPERIOR	1
21	AGITADOR INFERIOR	1
22	CLIP CANOA 6,35 X 16	4
23	PROTEÇÃO TRANSBORDAMENTO	1
24	GUARNIÇÃO TANQUE/BOMBA	1
25	PARAFUSO SX FL. M8X1,25X25	8
26	CUBO CESTO	1
27	ABRÇAQUEIRA ELÁSTICA 35.6 - 1 ESPIRA	1
28	MANGUEIRA DRENAGEM	1
29	CURVA MANGUEIRA DRENAGEM	1
30	GUIA MANGUEIRA DRENAGEM	1
31	MANGUEIRA ENTRADA ÁGUA	1

Fonte: Electrolux Manual LBU16kg, 2023

- **Motor e Transmissão:**

A máquina de lavar, Figura 9, é equipada com um motor elétrico que controla o movimento do agitador do giro do tambor. A transmissão, também chamada de mecanismo converte a energia do motor em movimento mecânico, permitindo que o agitador mova as roupas em diferentes direções para uma lavagem eficiente e no seu segundo estágio o movimento do tambor, que será falado na centrifugação.

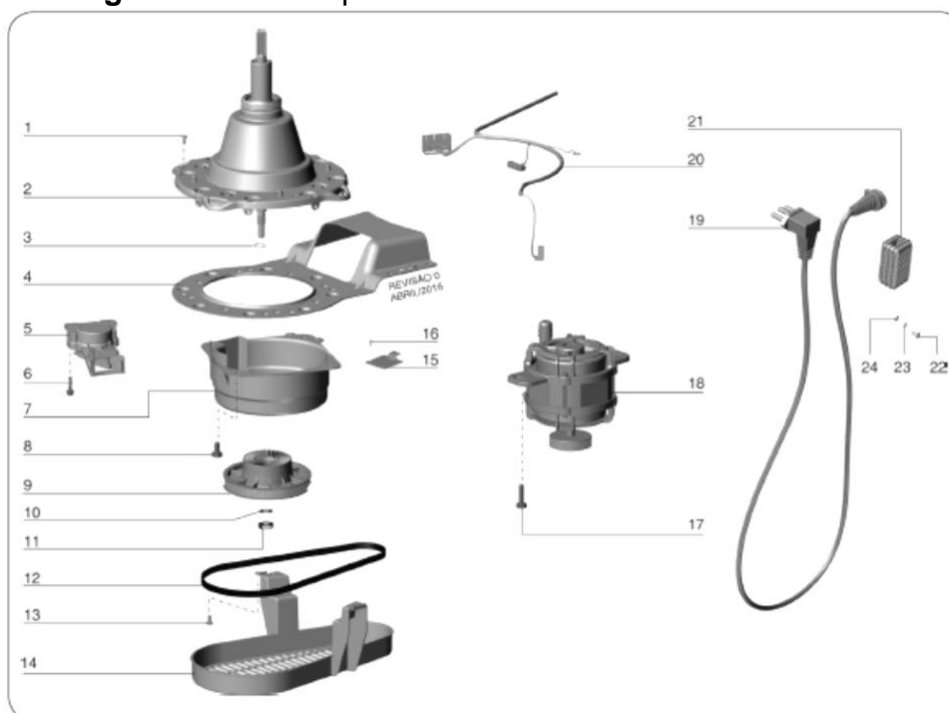
- Centrifugação:

Após a lavagem, muitas máquinas de tampa superior possuem uma etapa de centrifugação, na qual o tambor gira em alta velocidade para extrair o excesso de água das roupas antes do término do ciclo. É importante ressaltar que as características específicas podem variar entre diferentes marcas e modelos de máquinas de lavar com tampa superior. Além disso, avanços tecnológicos podem introduzir novas funcionalidades e melhorias no funcionamento dessas máquinas.

- Sistema de Segurança:

Máquinas de lavar podem ter sistemas de segurança mecânicos que com a abertura eventual da tampa superior em pleno funcionamento nos ciclos de enxágue e centrifugação, interrompe o movimento bruscamente utilizando diversos tipos de frenagem, protegendo os usuários de acidentes, a máquina e suas operações.

Figura 9 - Vista explodida do mecanismo de acionamento



ITEM	DESCRIÇÃO	QTDE
1	PARAFUSO CABEÇA SEXTAVADA 4X28	12
2	TRANSMISSÃO	1
3	ANEL ESPACADOR	1
4	TRAVESSA MOTOR	1
5	ATUADOR ACOPLAMENTO	1
6	PARAFUSO 6X20	2
7	PROTEÇÃO MECANISMO	1
8	PARAFUSO M8X15 TRILOBULAR	2
9	POLIA MOVIDA	1
10	ARRUELA LISA M10	1
11	PORCA M10 X 1,25 AUTOTRAVANTE	1
12	CORREIA	1
13	PARAFUSO M6 X 10,7	2
14	PROTEÇÃO POLIAS	1
15	SENSOR DE VELOCIDADE	1
16	PARAFUSO AB 3,5 X 1,27 X 9,5	2
17	PARAFUSO M8-1,0X18 TRILOBULAR	2
18	MOTOR 127V/60HZ	1
19	CABO DE ALIMENTAÇÃO	1
20	REDE ELETRICA INFERIOR	1
21	CAIXA PROTEÇÃO CONECTOR	1
22	PARAFUSO M4X10 PFZ	1
23	PORCA SEXTAVADA M4X3,2	1
24	ARRUELA DENTADA 4,3MM	1

Fonte: Electrolux Manual LBU16kg, 2023

2.7.2 Partes eletroeletrônica das máquinas de lavar roupa

O funcionamento elétrico das máquinas de lavar com tampa superior envolve a integração de vários componentes elétricos e eletrônicos para controlar e coordenar as diferentes fases do ciclo de lavagem. Descrição geral do funcionamento elétrico dessas máquinas:

- Controles e Painel Eletrônico:

A maioria das máquinas de lavar modernas possui um painel eletrônico com controles sensíveis ao toque ou botões (Figura 10) para permitir que os usuários escolham o tipo de ciclo, a temperatura da água, o tempo de lavagem e outras configurações. Os controles são conectados a uma placa de controle eletrônico, que processa as entradas do usuário e coordena as operações da máquina.

Figura 10 - Painel Eletrônico dos Controles da Máquina de Lavar Roupas

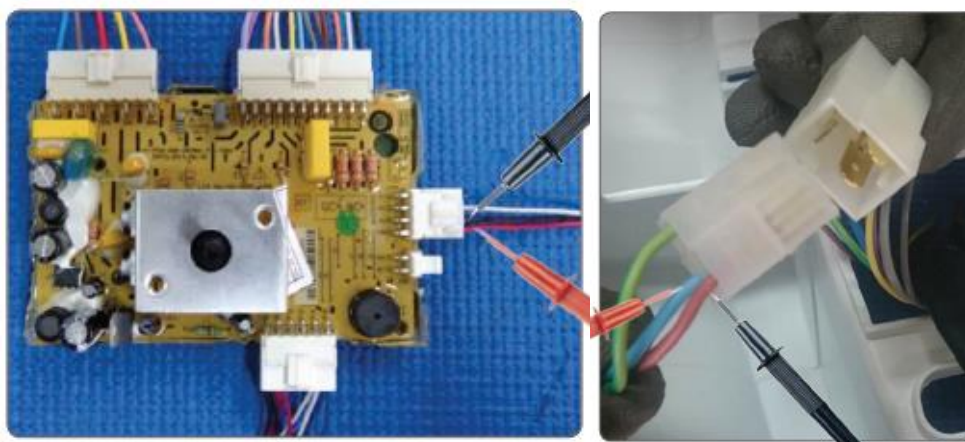


Fonte: Electrolux Manual LBU15kg, 2023

- Timer ou Placa de Controle/Potência Eletrônica:

O timer é um componente crítico que controla a sequência de eventos ao longo do ciclo de lavagem. Em máquinas mais modernas, uma placa de potência/controle eletrônico (Figura 11), realiza funções semelhantes, coordenando o tempo de lavagem, enxágue, centrifugação, etc.

Figura 11 - Placa de Potência e conectores das Máquina de Lavar Roupas

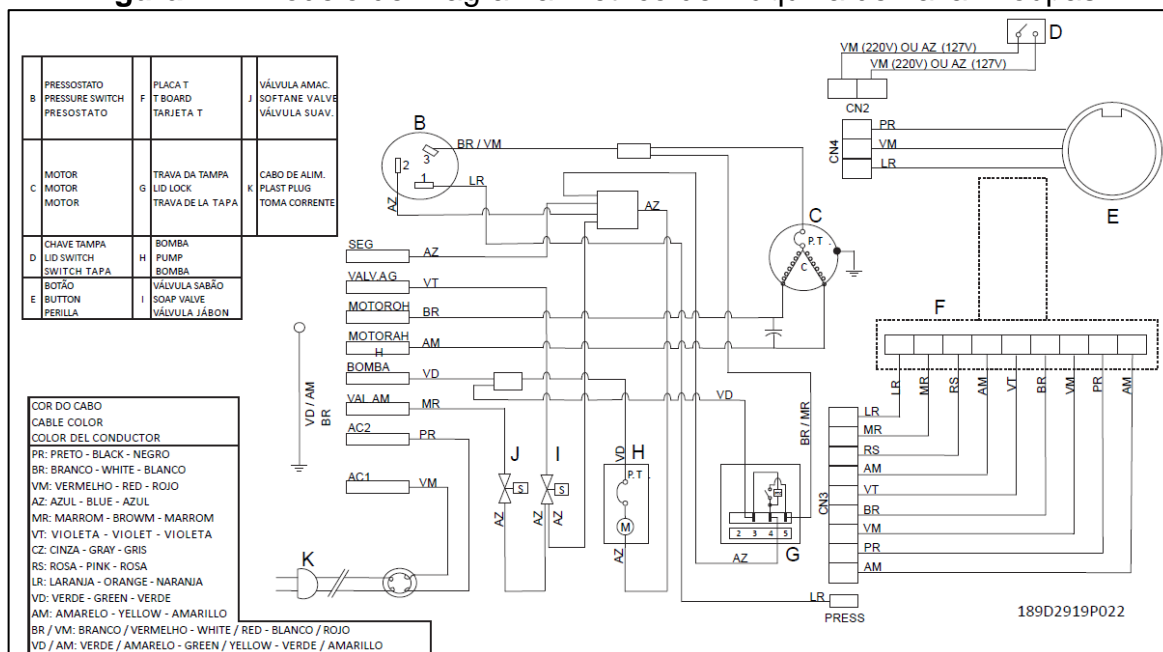


Fonte: Electrolux Manual LBU15kg, 2023

- Diagrama, Fiação e Conexões Elétricas:

Um diagrama elétrico detalhado de uma máquina de lavar roupas (Figura 12) é bastante específico. Os detalhes podem variar entre fabricantes e modelos. Todo o sistema elétrico é conectado por meio de fiações e conectores elétricos, garantindo uma interconexão adequada entre a placa eletrônica e os dispositivos.

Figura 12 - Modelo de Diagrama Elétrico de Máquina de Lavar Roupas



Fonte: Electrolux Manual LBU15kg, 2023

- Motor Elétrico, Transmissão e Mecanismo de Acionamento:

A máquina de lavar é alimentada por um motor elétrico que aciona o movimento do agitador e a rotação do tambor. O motor é controlado pela placa de controle ou pelo timer. A transmissão converte a energia elétrica do motor em movimento mecânico,

A maioria dos modelos o eixo trabalha com duas funções. A primeira tem a função de permitir que o agitador se mova e agite as roupas no sentido horário e anti-horário, a outra função é a rotação do tambor que permite a centrifugação das roupas girando apenas para o sentido anti-horário. Para o acionamento dessas duas funções do mecanismo (Figuras 13 e 14), um dispositivo chamado atuador é instalado na polia movida ou em um dispositivo mecânico que tem a função de colocar ou tirar essa polia para fazer a transferência das funções.

Figura 13 - Mecanismo e Motor Elétrico de Máquina de Lavar Roupas



Fonte: Electrolux Manual LBU15kg, 2023

Figura 14 - Mecanismo e Atuador de Máquina de Lavar Roupas

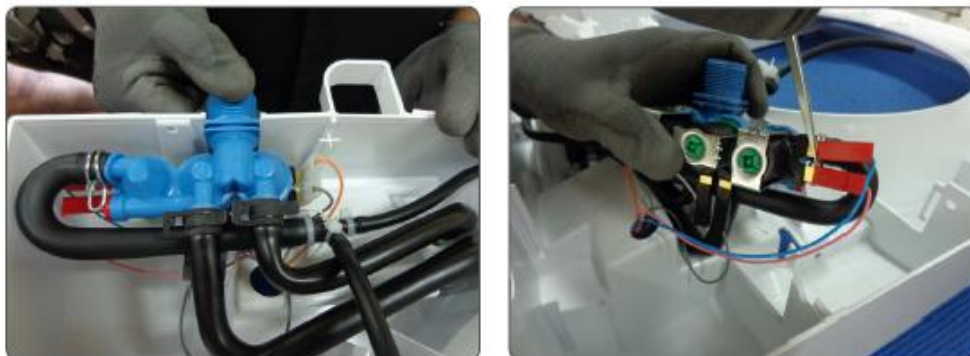


Fonte: Electrolux Manual LBU15kg, 2023

- Válvulas Solenoides de Água:

Para controlar a entrada de água, a máquina possui válvulas solenoides que são acionadas eletricamente. Essas válvulas abrem e fecham para permitir ou interromper o fluxo de água na máquina. Na Figura 15, aparecem três válvulas e as funções de cada respectivamente são: sabão líquido, alvejante e amaciante. Cada uma será alimentada dependendo do estágio do ciclo de lavagem.

Figura 15 - Válvulas Solenoides das Máquina de Lavar Roupas

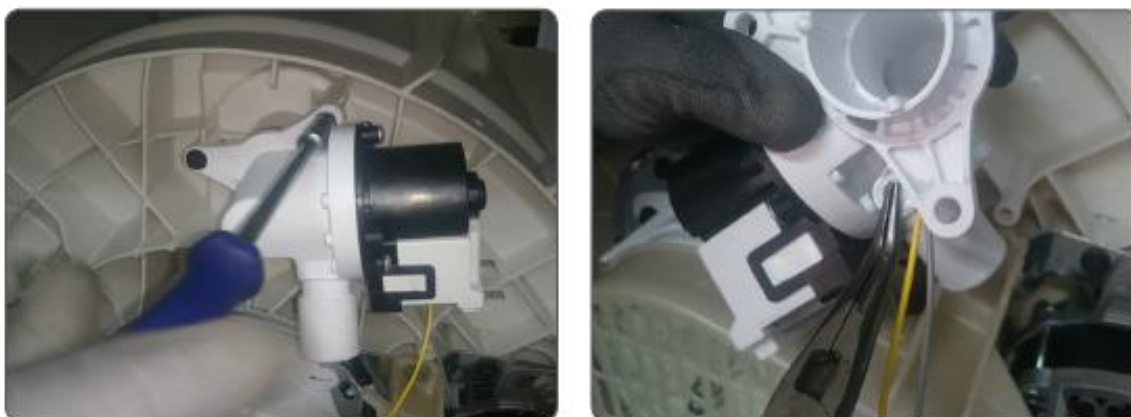


Fonte: Electrolux Manual LBU15kg, 2023

- Bomba de Drenagem:

Uma bomba de drenagem elétrica (Figura 16) é ativada para remover a água suja após a lavagem, sendo controlada eletronicamente e acionada no momento adequado dos ciclos.

Figura 16 - Bomba de drenagem das Máquina de Lavar Roupa



Fonte: Electrolux Manual LBU15kg, 2023

- Sensores:

Algumas máquinas de lavar possuem sensores (Figura 17) que monitoram variáveis como nível de água, temperatura e carga de roupa. Esses sensores contribuem para ajustar automaticamente as configurações do ciclo conforme necessário.

Figura 17 - Sensores das Máquina de Lavar Roupas



Fonte: Electrolux Manual LBU15kg, 2023

- Elemento de Aquecimento (se aplicável):

Em modelos que suportam lavagem com água quente, um elemento de aquecimento elétrico pode ser incorporado para aquecer a água. Esse elemento é controlado eletronicamente para atingir a temperatura desejada.

- Sistema de Segurança:

Máquinas de lavar podem ter sistemas de segurança elétricos que monitoram diversas condições, como superaquecimento ou desequilíbrio excessivo durante a centrifugação, interrompendo o ciclo e protegendo a máquina e suas operações.

Essas descrições fornecem uma visão geral dos componentes elétricos comuns em máquinas de lavar com tampa superior. Os detalhes exatos podem variar entre modelos e fabricantes específicos.

2.8. Internet das coisas (IoT)

O termo Internet das Coisas (Internet of Things – IoT), também chamado de Internet dos Objetos, é um paradigma que vem crescendo no cenário moderno de telecomunicações sem fio (GIUSTO, 2010).

A principal característica deste conceito é a presença de um conjunto de objetos, sensores e dispositivos eletrônicos e comunicação que são capazes de interagir entre si, a partir de uma rede (como a Internet) com um objetivo de colaboração. Sendo assim, pode-se esperar que a Internet, que hoje conecta pessoas entre si, passe a conectar também pessoas a objetos e objetos a outros objetos.

Um dos cenários onde a IoT mais exerce impacto é no cotidiano e nos aspectos de comportamento das pessoas (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). Atualmente é muito comum aplicações voltadas para o ambiente doméstico automatizado – foco deste trabalho. Ligar e desligar eletrodomésticos em nossa casa, monitorar a temperatura do nosso quarto ou mesmo ligar os regadores do jardim de forma programada e automática, tudo isso a distância, são alguns exemplos de como a IoT pode estar presente no dia a dia.

Uma outra característica marcante na IoT é a mobilidade. Sabe-se que a Internet possui um alcance global e possibilita que dispositivos conectados a ela se comuniquem ao redor do mundo. Este benefício também é válido para os objetos, pois poderão ser mudados de local mantendo-se ainda disponíveis na rede para

serem controlados. Dispositivos com capacidade de comunicação são capazes de se conectarem a outros dispositivos para controlá-los ou monitorá-los, trocando informações.

A aplicação dos conceitos de IoT requer uma vasta gama de elementos tecnológicos, seja em relação ao uso de sensores eletrônicos para os mais diversos tipos de monitoramento, seja em relação a parte de computação para programação e transmissão de dados.

Com o uso de tecnologias como XML e/ou JSON, que especificam como o dado deve ser formatado e interpretado, os dispositivos conseguem estabelecer uma forma de troca de dados na camada de aplicação, permitindo a tradução dos dados para o acionamento das funcionalidades dos dispositivos. Essas tecnologias são de fundamental importância para trazer interoperabilidade IoT, pois são independentes de plataformas, linguagens de programação ou do próprio hardware, bastando apenas que as duas pontas sejam capazes de entender os dados trocados entre eles.

Ainda há um longo caminho a ser percorrido até que a IoT se torne uma realidade ao grande público, como é atualmente a rede elétrica, gás e água e esgoto. A adoção de padrões de protocolos e tecnologias ainda precisa de mais normatização e regras, para que seja possível a comunicação direta a integração dos dispositivos e sistemas de forma o mais independente possível do fornecedor, oferecendo assim uma escala maior para adoção da IoT.

3 METODOLOGIA

3.1 Comunicação entre dispositivos (Wi-fi e Roteador)

A comunicação entre dispositivos via Wi-Fi e roteador ocorre por meio de uma rede sem fio. Os passos gerais envolvidos nesse processo são:

- Configuração da Rede:

Um roteador sem fio é configurado com um nome de rede (SSID) e uma senha de segurança (chave de rede). Essas informações são necessárias para que os dispositivos se conectem à rede.

- Ativação do Wi-Fi nos Dispositivos:

Os dispositivos que desejam se conectar à rede Wi-Fi precisam ter a função Wi-Fi ativada. Isso geralmente é feito nas configurações do dispositivo.

- Procura por Redes Wi-Fi:

Os dispositivos procuram por redes Wi-Fi disponíveis na área. Eles exibem uma lista de redes detectadas, incluindo o SSID do roteador configurado.

- Autenticação:

Quando um dispositivo seleciona a rede desejada, é solicitada a autenticação. Isso envolve inserir a senha da rede (chave de rede) para garantir a segurança.

- Conexão:

Após a autenticação bem-sucedida, o dispositivo se conecta à rede Wi-Fi. O roteador atribui um endereço IP ao dispositivo, permitindo a comunicação na rede local.

- Comunicação Local:

Dispositivos conectados à mesma rede Wi-Fi podem se comunicar entre si localmente. Eles podem compartilhar dados, imprimir em impressoras de rede, transmitir mídia, etc.

- Roteamento:

O roteador gerencia o tráfego de dados entre os dispositivos locais e, se necessário, entre a rede local e a Internet. Ele age como um ponto central que roteia dados entre dispositivos.

- Acesso à Internet:

Se o roteador estiver conectado à Internet (por meio de um modem, por exemplo), os dispositivos conectados à rede Wi-Fi também podem acessar a Internet por meio do roteador.

- Segurança:

Para garantir a segurança da rede Wi-Fi, é importante utilizar métodos de criptografia, como WPA2 ou WPA3, e configurar senhas fortes. Além disso, é possível configurar filtros de endereços MAC e outras medidas de segurança no roteador.

- Gestão da Rede:

A maioria dos roteadores (Figura 18) possui interfaces de gerenciamento acessíveis via navegador da web. Os usuários podem acessar essa interface para

configurar opções avançadas, verificar dispositivos conectados, ajustar configurações de segurança, etc.

Para garantir uma comunicação eficaz, os dispositivos devem estar dentro da faixa de alcance do roteador e não deve haver interferências significativas, como paredes densas ou outros dispositivos eletrônicos que possam causar interferência no sinal Wi-Fi.

O aparelho responsável pelo encaminhamento de mensagens entre dispositivos de rede é capaz de definir a melhor rota que o pacote deverá percorrer na rede até a chegada no nó de destino.

Figura 18 - Exemplo de Roteador



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Os pacotes são encaminhados de acordo com a tabela de roteamento, que é preenchida e atualizada executando processos e protocolos de atualização de rotas. No método de roteamento dinâmico o conhecimento de rota é atualizado automaticamente sempre que novas informações forem recebidas através da rede.

3.2 O Transmission Control Protocol (TCP) e o Internet Protocol (IP)

O TCP/IP foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos, em 1969, como um recurso para um projeto experimental chamado de ARPANET (Advanced Research Project Agency Network) para atender a necessidade de comunicação entre muitos sistemas de computadores e organizações militares ao redor do mundo. O objetivo do projeto era disponibilizar links de comunicação, usando redes de comutação de pacotes. Este protocolo deveria ter a capacidade de

encontrar a melhor rota entre dois pontos, além de procurar rotas alternativas caso algum deles tivesse sido desativada.

O TCP/IP é um conjunto (ou pilha) de protocolos de comunicação para computadores ligados em rede. Sua nomenclatura vem da junção de dois outros protocolos: o TCP (Transmission Control Protocol) e o IP (Internet Protocol). Há várias semelhanças com o Modelo OSI, que permite ver os protocolos em camadas, onde cada camada é responsável por um grupo de funções bem definidas, fornecendo um conjunto de serviços para o protocolo da camada superior.

A camada de aplicação é a camada usada pelos programas que usam a rede como forma de trocar informações com outros programas a partir de seus protocolos específicos. Diversos protocolos típicos de aplicações que fazem acesso a Internet estão nesta camada, dentre eles estão os exemplos a seguir:

- HTTP (Hypertext Transport Protocol) – usado para a publicação de sites da Internet;
- FTP (File Transfer Protocol) – usado para transferência de arquivos pela Internet;
- SMTP (Simple Mail Transport Protocol) – usado o envio de mensagens de e-mail.
- IMAP (Internet Mail Access Protocol) – usado para recepção de mensagens de e-mail.

A camada de transporte gerencia como os dados são enviados na rede. Os principais protocolos desta camada são o TCP (Transmission Control Protocol) e o UDP (User Datagram Protocol). No TCP, a troca dados é orientada à conexão, fazendo o controle de fluxo e garantindo a entrega dos pacotes de forma ordenada. O UDP, no entanto, não oferece nenhuma dessas garantias, contudo oferece em troca a velocidade, sendo adequado para transmissões via streaming e em tempo real, onde a perda de pacote é aceitável.

No modelo TCP/IP, a camada de Internet é responsável pelo roteamento de pacotes, adicionando ao datagrama (pacote de dados) informações sobre o caminho que ele deverá percorrer. Os principais protocolos contidos nesta camada são IP, ARP e ICMP.

Por fim, a camada de acesso a rede é responsável especificar a forma na qual os dados devem ser encaminhados, independentemente do tipo de rede utilizada. A camada acesso rede contém ainda as especificações relativas à

transmissão de dados em uma rede física, seja ela uma rede local (token-ring, Ethernet, FDDI), uma conexão com uma linha telefônica ou qualquer outro tipo de ligação a uma rede.

3.3 Protocolo Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

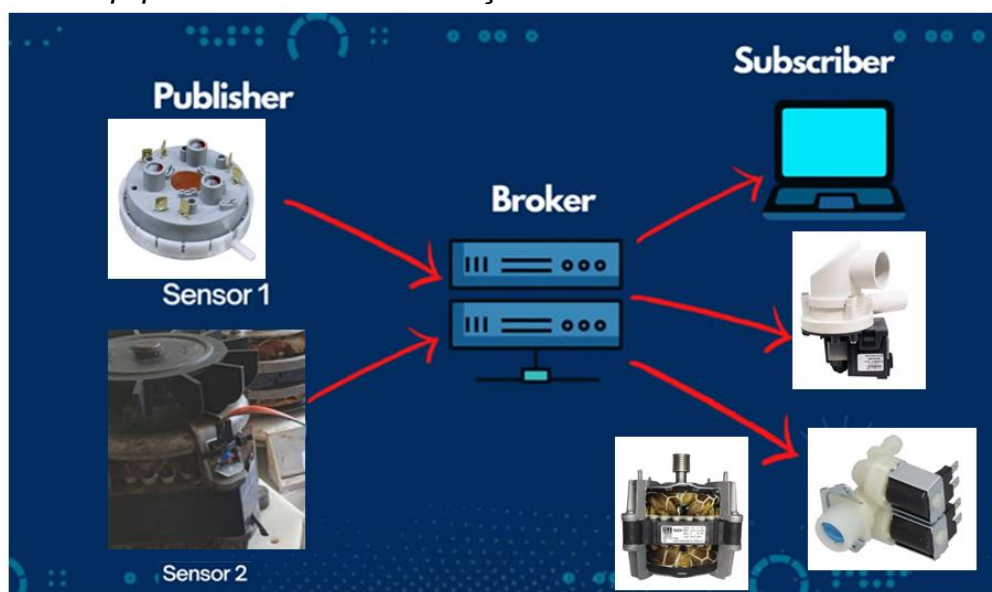
A sigla MQTT refere-se a "Message Queuing Telemetry Transport" ou (Transporte de filas de mensagens de Telemetria). O MQTT foi inventado pelo Dr. Andy Stanford Clark da IBM e Arlen Nipper da Arcom (agora Eurotech), em 1999, desenvolvido para monitorar sensores em óleo duto de petróleo via satélite. O MQTT tornou-se um padrão aberto e amplamente adotado para a comunicação entre dispositivos em redes de IoT e foi liberado ao público de forma gratuita em 2010.

O MQTT é um padrão OASIS para conectividade IoT. É um protocolo de mensagens publicação/assinatura extremamente simples e leve, projetado para dispositivos restritos e redes de baixa largura de banda, alta latência ou não confiáveis. Os princípios do projeto são minimizar a largura de banda da rede e os requisitos de recursos do dispositivo, ao mesmo tempo em que tentam garantir a confiabilidade e algum grau de garantia da entrega.

Esses princípios também tornam o protocolo ideal para o mundo da "Internet das Coisas" de dispositivos conectados e para aplicativos móveis em que a largura de banda e a energia da bateria são valiosas.

A Figura 19 abaixo, ilustra como MQTT opera sobre o modelo de publicação/assinatura, no qual os dispositivos podem publicar mensagens em "tópicos" e se inscrever para receber mensagens em tópicos específicos. Isso permite uma comunicação assíncrona eficiente e escalável entre dispositivos.

Figura 19 - Equipamentos em comunicação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Algumas características chave do MQTT incluem sua leveza, baixa sobrecarga de cabeçalho, suporte para mensagens retidas, qualidade de serviço (QoS) configurável e capacidade de lidar com desconexões intermitentes, características que o tornam adequado para ambientes de IoT e redes instáveis.

Em relação a segurança você pode passar um nome de usuário e senha com um pacote MQTT na v3.1 do protocolo. A criptografia na rede pode ser tratada com SSL “Secure Sockets Layer” (camada de conexão segura), independente do próprio protocolo MQTT (vale a pena observar que o SSL não é o protocolo mais leve e adiciona uma sobrecarga significativa à rede). Segurança adicional pode ser adicionada por um aplicativo criptografando os dados que ele envia e recebe, mas isso não é algo embutido no protocolo, a fim de mantê-lo simples e leve como já foi falado.

O SSL é um protocolo de segurança utilizado para garantir a comunicação segura pela internet, especialmente em transmissões de dados entre um navegador web e um servidor web. Ele fornece uma camada adicional de segurança, criptografando os dados transmitidos entre o cliente e o servidor.

Entretanto, é importante observar que o SSL foi substituído pelo TLS (Transport Layer Security), que é uma versão mais recente e segura do protocolo. O TLS continua a oferecer a mesma funcionalidade de criptografia e autenticação que o SSL, mas com melhorias de segurança.

Portanto, quando se fala em segurança na internet nos dias de hoje, a expressão mais precisa seria "TLS" em vez de "SSL", embora muitas pessoas ainda usem o termo SSL de forma mais ampla para se referir a essa camada de segurança.

Existem portas padrão para o uso do MQTT. A porta TCP/IP 1883 é reservada com a IANA "Internet Assigned Numbers Authority" (Autoridade de Números Designados para a Internet), para uso com MQTT. A porta TCP/IP 8883 também está registrada, para usar MQTT sobre SSL.

A IANA é uma organização que desempenha um papel fundamental na atribuição e gerenciamento de recursos numéricos únicos na Internet, como números de portas, números de protocolo, números de Sistema Autônomo (ASN) e outros parâmetros.

A (IANA) é responsável por garantir a unicidade e a interoperabilidade desses recursos na Internet, facilitando o funcionamento eficiente e organizado da rede. Ela opera sob os auspícios da "Internet Corporation for Assigned Names and Numbers" (ICANN), que é uma organização sem fins lucrativos responsável pela coordenação global desses identificadores exclusivos na Internet.

O HiveMQ é um servidor de broker MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) projetado para suportar a comunicação entre dispositivos IoT (Internet of Things). Alguns pontos chave sobre o HiveMQ:

- Suporte MQTT 5.0:

HiveMQ suporta a versão 5.0 do protocolo MQTT, que incluem melhorias em relação às versões anteriores, como maior flexibilidade, recursos de autenticação aprimorados e maior eficiência na comunicação.

- Escalabilidade:

HiveMQ é projetado para ser escalável, permitindo que seja implantado em ambientes de IoT com grandes quantidades de dispositivos. Ele oferece recursos para lidar com muitas conexões simultâneas de clientes MQTT.

- Segurança:

O HiveMQ oferece recursos avançados de segurança para proteger a comunicação entre dispositivos. Isso inclui suporte para TLS/SSL para criptografar as comunicações e mecanismos de autenticação para garantir que apenas dispositivos autorizados possam se conectar ao broker.

- Integração:

Pode ser integrado a outros sistemas e plataformas, facilitando a implementação em ambientes existentes.

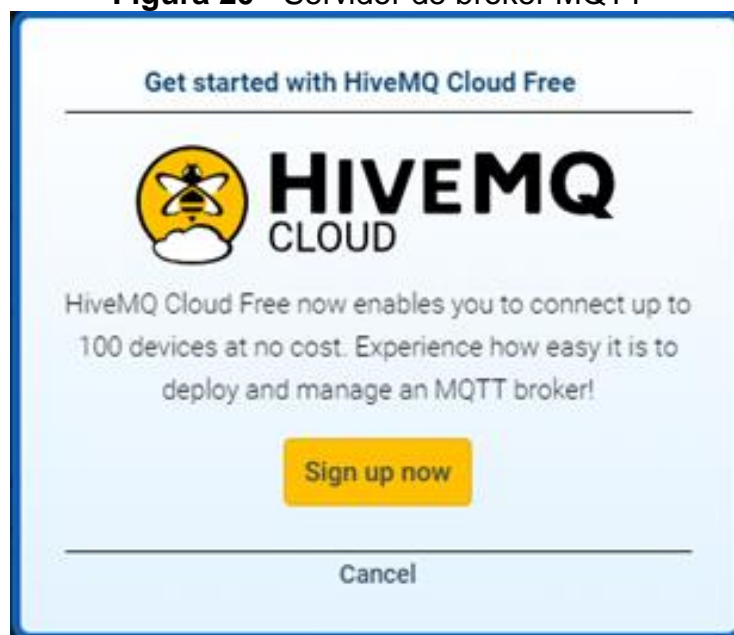
- Monitoramento e Gerenciamento:

HiveMQ fornece ferramentas de monitoramento e gerenciamento que permitem aos administradores visualizarem o status do broker, monitorar o tráfego MQTT e tomar medidas para otimizar o desempenho.

- Extensibilidade:

O HiveMQ (Figura 20), oferece uma arquitetura extensível que permite aos desenvolvedores criarem plugins para estender suas funcionalidades e adaptá-lo às necessidades específicas de um determinado ambiente.

Figura 20 - Servidor de broker MQTT



Fonte: Hivemd (2023)

3.4. Sistema Operacional Android

Android é um sistema operacional voltado para dispositivos móveis baseado no núcleo do Linux e desenvolvido pela Google. Atualmente é o sistema operacional móvel mais utilizado no mundo e está presente em milhares de aparelhos, de várias marcas.

O sistema surgiu em 2003 e foi desenvolvido por empresários que fundaram a Android Inc. na cidade de Palo Alto (Califórnia). A ideia inicial do grupo era desenvolver sistemas para câmeras digitais, quando descobriu que o mercado pra

este dispositivo não era grande o suficiente, voltaram sua atenção para o mercado mobile.

Em 2007 o Google articulou a criação da Open Handset Alliance, um consórcio entre grandes empresas com o objetivo de criar uma plataforma de código aberto para smartphones.

Seu funcionamento é similar aos outros sistemas operacionais e tem como principal função gerenciar todos os processos dos aplicativos e hardware de um dispositivo para que tenha um correto funcionamento, fornecendo ao usuário uma interface visual capaz de prover interação com o sistema eletrônico.

O sistema Android vem aumentando a cada dia sua participação no mercado brasileiro, ultrapassando facilmente os números do IOS da Apple e também os celulares com Windows Phone, e está consolidado como o sistema operacional mais utilizado em smartphones no mundo. Segundo pesquisa da Kantar o número de vendas de smartphones com sistema operacional Android no final de 2014 atingia o total de 89% do total, enquanto seus concorrentes diretos (Windows Phone e IOS) juntos somavam 9,5% das vendas. A diferença ao final de 2015 aumentou ainda mais com o Android totalizando 91,8% e os sistemas concorrentes 7,9%.

O grande trunfo do Android encontra-se na maior oferta de aparelhos, com grande variedade de preço, fazendo com que o sistema da Google tenha uma posição vantajosa em relação a seus concorrentes.

3.5 Software Arduíno

O Ambiente de Desenvolvimento Integrado Arduíno (IDE Arduino) mostrado na (Figura 21) a seguir, é um editor de código fonte capaz de compilar e carregar programas, que são desenvolvidos em linguagem de programação baseada em Wiring. Foi desenvolvido para introduzir a programação através de recursos de realce de sintaxe, parênteses correspondentes e indentação automática, sendo capaz de compilar e carregar os softwares nele desenvolvidos para o microcontrolador em um único clique.

Primeiro devemos conectar a placa a uma porta USB do computador e então desenvolvemos os comandos da placa e enviamos para o microcontrolador pela própria IDE. Após enviado o código e reiniciado o dispositivo não precisamos mais

do computador, pois o microcontrolador passará a executar os comandos quando for ligado a uma fonte de energia.

Existem duas funções principais a `setup()`, a qual é executada na inicialização do programa e utilizada para carregar as configurações iniciais do microcontrolador e a função `loop()` que é responsável por repetir a sequência de comandos que estão dentro da função de forma infinita até que a energia do microcontrolador seja desligada.

Figura 21 - IDE de Desenvolvimento Arduino

```

1 /*=====
2 CODIGO CICLO UNICO PARA MAQUINA DE LAVAR 01/09/2023
3
4             ENTRADAS DIGITAIS
5
6 ENTRADA 1 => GPIO36 => FIM DE CURSO TAMPA
7 ENTRADA 2 => GPIO39 => PRESSOSTATO DE NÍVEL MÍNIMO
8 ENTRADA 3 => GPIO32 => PRESSOSTATO DE NÍVEL MÉDIO
9 ENTRADA 4 => GPIO33 => PRESSOSTATO DE NÍVEL MÁXIMO
10 ENTRADA 5 => GPIO25 => FIM DE CURSO DO ATUADOR
11 ENTRADA 6 => GPIO26 => BOTAO PROGRAMAÇÃO TESTE
12 ENTRADA 7 => GPIO27 =>
13 ENTRADA 8 => GPIO14 =>
14 =====*/
15 #include <WiFi.h> //COPIADO DO MQTT
16 #include <PubSubClient.h> //COPIADO DO MQTT
17 #include "EasyNextionLibrary.h" // Inclusão da biblioteca Nextion EasyNextionLibrary
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
1001
1002
1003
1004
1005
1006
1007
1008
1009
1010
1011
1012
1013
1014
1015
1016
1017
1018
1019
1020
1021
1022
1023
1024
1025
1026
1027
1028
1029
1030
1031
1032
1033
1034
1035
1036
1037
1038
1039
1040
1041
1042
1043
1044
1045
1046
1047
1048
1049
1050
1051
1052
1053
1054
1055
1056
1057
1058
1059
1060
1061
1062
1063
1064
1065
1066
1067
1068
1069
1070
1071
1072
1073
1074
1075
1076
1077
1078
1079
1080
1081
1082
1083
1084
1085
1086
1087
1088
1089
1090
1091
1092
1093
1094
1095
1096
1097
1098
1099
1100
1101
1102
1103
1104
1105
1106
1107
1108
1109
1110
1111
1112
1113
1114
1115
1116
1117
1118
1119
1120
1121
1122
1123
1124
1125
1126
1127
1128
1129
1130
1131
1132
1133
1134
1135
1136
1137
1138
1139
1140
1141
1142
1143
1144
1145
1146
1147
1148
1149
1150
1151
1152
1153
1154
1155
1156
1157
1158
1159
1160
1161
1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184
1185
1186
1187
1188
1189
1190
1191
1192
1193
1194
1195
1196
1197
1198
1199
1200
1201
1202
1203
1204
1205
1206
1207
1208
1209
1210
1211
1212
1213
1214
1215
1216
1217
1218
1219
1220
1221
1222
1223
1224
1225
1226
1227
1228
1229
1230
1231
1232
1233
1234
1235
1236
1237
1238
1239
1240
1241
1242
1243
1244
1245
1246
1247
1248
1249
1250
1251
1252
1253
1254
1255
1256
1257
1258
1259
1260
1261
1262
1263
1264
1265
1266
1267
1268
1269
1270
1271
1272
1273
1274
1275
1276
1277
1278
1279
1280
1281
1282
1283
1284
1285
1286
1287
1288
1289
1290
1291
1292
1293
1294
1295
1296
1297
1298
1299
1300
1301
1302
1303
1304
1305
1306
1307
1308
1309
1310
1311
1312
1313
1314
1315
1316
1317
1318
1319
1320
1321
1322
1323
1324
1325
1326
1327
1328
1329
1330
1331
1332
1333
1334
1335
1336
1337
1338
1339
1340
1341
1342
1343
1344
1345
1346
1347
1348
1349
1350
1351
1352
1353
1354
1355
1356
1357
1358
1359
1360
1361
1362
1363
1364
1365
1366
1367
1368
1369
1370
1371
1372
1373
1374
1375
1376
1377
1378
1379
1380
1381
1382
1383
1384
1385
1386
1387
1388
1389
1390
1391
1392
1393
1394
1395
1396
1397
1398
1399
1400
1401
1402
1403
1404
1405
1406
1407
1408
1409
1410
1411
1412
1413
1414
1415
1416
1417
1418
1419
1420
1421
1422
1423
1424
1425
1426
1427
1428
1429
1430
1431
1432
1433
1434
1435
1436
1437
1438
1439
1440
1441
1442
1443
1444
1445
1446
1447
1448
1449
1450
1451
1452
1453
1454
1455
1456
1457
1458
1459
1460
1461
1462
1463
1464
1465
1466
1467
1468
1469
1470
1471
1472
1473
1474
1475
1476
1477
1478
1479
1480
1481
1482
1483
1484
1485
1486
1487
1488
1489
1490
1491
1492
1493
1494
1495
1496
1497
1498
1499
1500
1501
1502
1503
1504
1505
1506
1507
1508
1509
1510
1511
1512
1513
1514
1515
1516
1517
1518
1519
1520
1521
1522
1523
1524
1525
1526
1527
1528
1529
1530
1531
1532
1533
1534
1535
1536
1537
1538
1539
1540
1541
1542
1543
1544
1545
1546
1547
1548
1549
1550
1551
1552
1553
1554
1555
1556
1557
1558
1559
1560
1561
1562
1563
1564
1565
1566
1567
1568
1569
1570
1571
1572
1573
1574
1575
1576
1577
1578
1579
1580
1581
1582
1583
1584
1585
1586
1587
1588
1589
1590
1591
1592
1593
1594
1595
1596
1597
1598
1599
1600
1601
1602
1603
1604
1605
1606
1607
1608
1609
1610
1611
1612
1613
1614
1615
1616
1617
1618
1619
1620
1621
1622
1623
1624
1625
1626
1627
1628
1629
1630
1631
1632
1633
1634
1635
1636
1637
1638
1639
1640
1641
1642
1643
1644
1645
1646
1647
1648
1649
1650
1651
1652
1653
1654
1655
1656
1657
1658
1659
1660
1661
1662
1663
1664
1665
1666
1667
1668
1669
1670
1671
1672
1673
1674
1675
1676
1677
1678
1679
1680
1681
1682
1683
1684
1685
1686
1687
1688
1689
1690
1691
1692
1693
1694
1695
1696
1697
1698
1699
1700
1701
1702
1703
1704
1705
1706
1707
1708
1709
1710
1711
1712
1713
1714
1715
1716
1717
1718
1719
1720
1721
1722
1723
1724
1725
1726
1727
1728
1729
1730
1731
1732
1733
1734
1735
1736
1737
1738
1739
1740
1741
1742
1743
1744
1745
1746
1747
1748
1749
1750
1751
1752
1753
1754
1755
1756
1757
1758
1759
1760
1761
1762
1763
1764
1765
1766
1767
1768
1769
1770
1771
1772
1773
1774
1775
1776
1777
1778
1779
1780
1781
1782
1783
1784
1785
1786
1787
1788
1789
1790
1791
1792
1793
1794
1795
1796
1797
1798
1799
1800
1801
1802
1803
1804
1805
1806
1807
1808
1809
1810
1811
1812
1813
1814
1815
1816
1817
1818
1819
1820
1821
1822
1823
1824
1825
1826
1827
1828
1829
1830
1831
1832
1833
1834
1835
1836
1837
1838
1839
1840
1841
1842
1843
1844
1845
1846
1847
1848
1849
1850
1851
1852
1853
1854
1855
1856
1857
1858
1859
1860
1861
1862
1863
1864
1865
1866
1867
1868
1869
1870
1871
1872
1873
1874
1875
1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885
1886
1887
1888
1889
1890
1891
1892
1893
1894
1895
1896
1897
1898
1899
1900
1901
1902
1903
1904
1905
1906
1907
1908
1909
1910
1911
1912
1913
1914
1915
1916
1917
1918
1919
1920
1921
1922
1923
1924
1925
1926
1927
1928
1929
1930
1931
1932
1933
1934
1935
1936
1937
1938
1939
1940
1941
1942
1943
1944
1945
1946
1947
1948
1949
1950
1951
1952
1953
1954
1955
1956
1957
1958
1959
1960
1961
1962
1963
1964
1965
1966
1967
1968
1969
1970
1971
1972
1973
1974
1975
1976
1977
1978
1979
1980
1981
1982
1983
1984
1985
1986
1987
1988
1989
1990
1991
1992
1993
1994
1995
1996
1997
1998
1999
2000
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
2037
2038
2039
2040
2041
2042
2043
2044
2045
2046
2047
2048
2049
2050
2051
2052
2053
2054
2055
2056
2057
2058
2059
2060
2061
2062
2063
2064
2065
2066
2067
2068
2069
2070
2071
2072
2073
2074
2075
2076
2077
2078
2079
2080
2081
2082
2083
2084
2085
2086
2087
2088
2089
2090
2091
2092
2093
2094
2095
2096
2097
2098
2099
2100
2101
2102
2103
2104
2105
2106
2107
2108
2109
2110
2111
2112
2113
2114
2115
2116
2117
2118
2119
2120
2121
2122
2123
2124
2125
2126
2127
2128
2129
2130
2131
2132
2133
2134
2135
2136
2137
2138
2139
2140
2141
2142
2143
2144
2145
2146
2147
2148
2149
2150
2151
2152
2153
2154
2155
2156
2157
2158
2159
2160
2161
2162
2163
2164
2165
2166
2167
2168
2169
2170
2171
2172
2173
2174
2175
2176
2177
2178
2179
2180
2181
2182
2183
2184
2185
2186
2187
2188
2189
2190
2191
2192
2193
2194
2195
2196
2197
2198
2199
2200
2201
2202
2203
2204
2205
2206
2207
2208
2209
2210
2211
2212
2213
2214
2215
2216
2217
2218
2219
2220
2221
2222
2223
2224
2225
2226
2227
2228
2229
2230
2231
2232
2233
2234
2235
2236
2237
2238
2239
2240
2241
2242
2243
2244
2245
2246
2247
2248
2249
2250
2251
2252
2253
2254
2255
2256
2257
2258
2259
2260
2261
2262
2263
2264
2265
2266
2267
2268
2269
2270
2271
2272
2273
2274
2275
2276
2277
2278
2279
2280
2281
2282
2283
2284
2285
2286
2287
2288
2289
2290
2291
2292
2293
2294
2295
2296
2297
2298
2299
2300
2301
2302
2303
2304
2305
2306
2307
2308
2309
2310
2311
2312
2313
2314
2315
2316
2317
2318
2319
2320
2321
2322
2323
2324
2325
2326
2327
2328
2329
2330
2331
2332
2333
2334
2335
2336
2337
2338
2339
2340
2341
2342
2343
2344
2345
2346
2347
2348
2349
2350
2351
2352
2353
2354
2355
2356
2357
2358
2359
2360
2361
2362
2363
2364
2365
2366
2367
2368
2369
2370
2371
2372
2373
2374
2375
2376
2377
2378
2379
2380
2381
2382
2383
2384
2385
2386
2387
2388
2389
2390
2391
2392
2393
2394
2395
2396
2397
2398
2399
2400
2401
2402
2403
2404
2405
2406
2407
2408
2409
2410
2411
2412
2413
2414
2415
2416
2417
2418
2419
2420
2421
2422
2423
2424
2425
2426
2427
2428
2429
2430
2431
2432
2433
2434
2435
2436
2437
2438
2439
2440
2441
2442
2443
2444
2445
2446
2447
2448
2449
2450
2451
2452
2453
2454
2455
2456
2457
2458
2459
2460
2461
2462
2463
2464
2465
2466
2467
2468
2469
2470
2471
2472
2473
2474
2475
2476
2477
2478
2479
2480
2481
2482
2483
2484
2485
2486
2487
2488
2489
2490
2491
2492
2493
2494
2495
2496
2497
2498
2499
2500
2501
2502
2503
2504
2505
2506
2507
2508
2509
2510
2511
2512
2513
2514
2515
2516
2517
2518
2519
2520
2521
2522
2523
2524
2525
2526
2527
2528
2529
2530
2531
2532
2533
2534
2535
2536
2537
2538
2539
2540
2541
2542
2543
2544
2545
2546
2547
2548
2549
2550
2551
2552
2553
2554
2555
2556
2557
2558
2559
2560
2561
2562
2563
2564
2565
2566
2567
2568
2569
2570
2571
2572
2573
2574
2575
2576
2577
2578
2579
2580

```

Java é à linguagem de programação tradicional para o desenvolvimento Android. Após o desenvolvimento, os aplicativos podem ser distribuídos por meio da Google Play Store ou por outras plataformas.

A IDE (Figura 22), fornece uma ferramenta de desenvolvimento gráfico para agilizar a criação e desenvolvimento de aplicativos e recursos HTML5, Flash e Windows. Desde jogos simples e recursos de e-learning até bancos de dados de simulações complexas e softwares comerciais que podem ser desenvolvidos sem ou com programação.

Distribui e publica o conteúdo para Windows, HTML5 (para Android, iPad, Mac), Flash, SCORM e Moodle junto com DVD-vídeo .EXE, CD-Rom e DVD para promoção, prazer ou lucro.

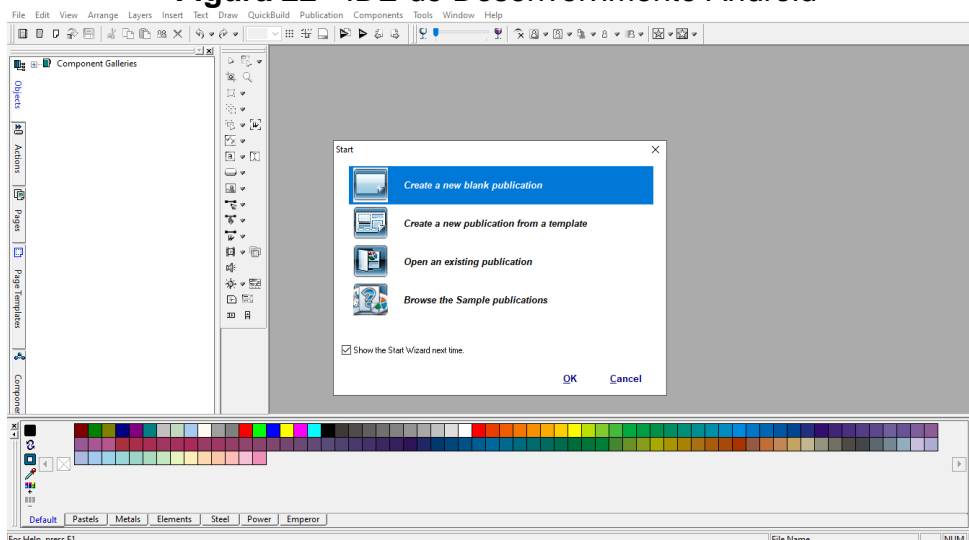
É um conjunto atraente de ferramentas que permite criar muitos aplicativos interativos diferentes que podem ser usados em uma ampla variedade de dispositivos e usos.

A IDE pode ser descrito como um aplicativo enorme, não pela quantidade de espaço que ocupa em sua unidade, mas por sua capacidade de fornecer uma incrível variedade de funções e ferramentas que podem ser usadas, e elas estão convenientemente agrupadas em um pacote abrangente.

A janela principal conforme (Figura 22) a seguir, consiste em várias barras de ferramentas, que oferecem aos usuários acesso rápido às ferramentas mais utilizadas. Este organizador de tarefas permite visualizar e alterar todos os componentes e um amplo espaço de trabalho no qual você pode criar sua animação ou aplicação.

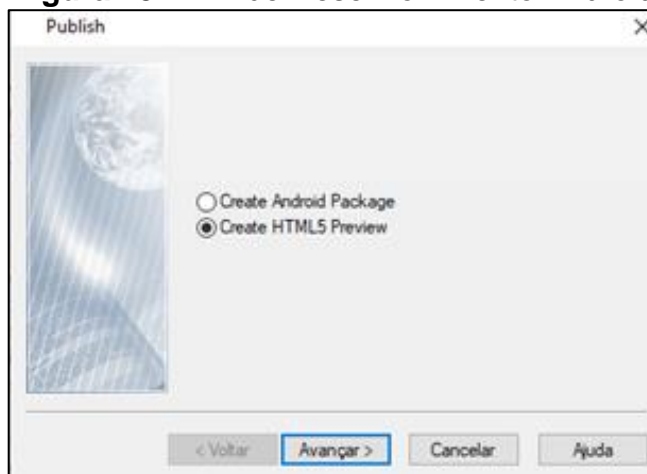
Como o programa possui alguma sofisticação profissional, é fácil de utilizá-lo, portanto não é de surpreender que ele ofereça uma abundância de itens que você pode incorporar e modificar em todo o layout do seu design.

Permite também criar páginas mestras, que podem ser modelos pré-definidos e objetos de conteúdo que assumem a forma de texto, imagens e vídeos. Além disso, você pode criar seus objetos vetoriais personalizados, o que significa que poderá atender aos mais altos padrões de qualidade do produto final.

Figura 22 - IDE de Desenvolvimento Android

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O programa IDE Android, tem duas possibilidades de publicação para gerar seu aplicativo (Figura 23), que pode ser em o arquivo em HTML ou criar o pacote Android.

Figura 23 - IDE de Desenvolvimento Android

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.6. Módulo Wifi Eso 32 NodeMcu

O ESP32, (Figura 24), é uma placa de desenvolvimento baseada no microcontrolador ESP32 da Espressif Systems. É conhecido por sua versatilidade e capacidades avançadas, sendo amplamente utilizado em projetos de IoT, automação residencial, projetos de eletrônica e muito mais.

Figura 24 - Placa do Esp32



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O ESP32 é um microcontrolador de baixo custo e baixo consumo de energia, equipado com:

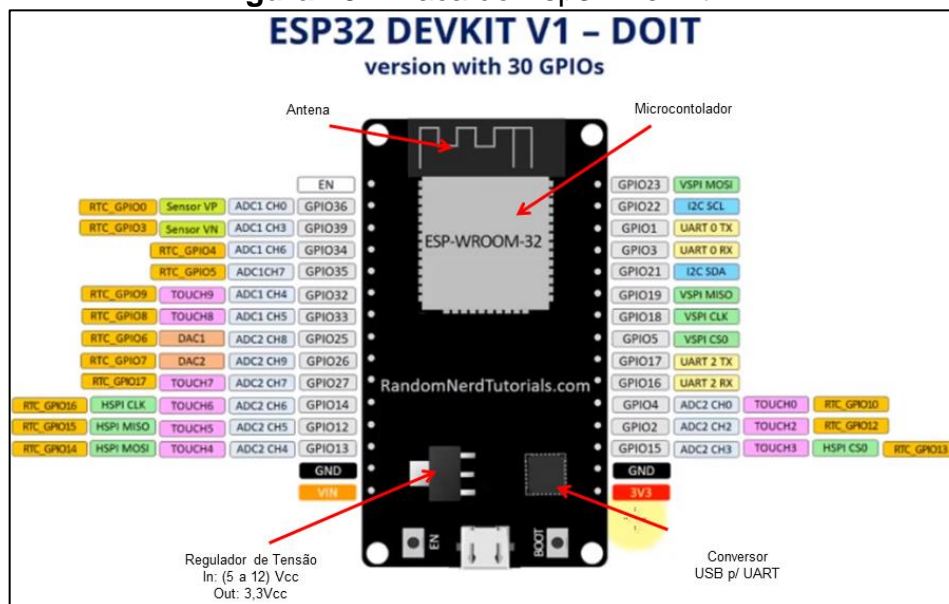
- Um processador Dual-core Tensilica Xtensa LX6;
- Frequência de Clock: 160 MHz (pode ser ajustada para diferentes frequências);
- Memória RAM: Varia, geralmente entre 520 KB e 4 MB;
- Memória Flash: Varia, geralmente entre 4 MB e 16 MB;
- Conectividade: Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth 4.2 BLE;
- GPIO (General Purpose Input/Output): Vários pinos GPIO para interconexão de dispositivos externos.
- Interfaces: UART, SPI, I2C, I2S, PWM, ADC, DAC = 8 Bits;
- USB: Porta micro USB para alimentação e comunicação com o computador.

Pode ser programado usando a Arduino IDE, PlatformIO, ou outras ferramentas populares de desenvolvimento. A linguagem de programação principal é o C/C++, e uma variedade de bibliotecas está disponível para facilitar o desenvolvimento.

O ESP32 DevKit v1, (Figura 25), pode ser alimentado através do porta micro USB ou por uma fonte de alimentação externa. Ele possui um regulador de tensão integrado para garantir uma alimentação estável. Alguns modelos têm uma antena embutida, enquanto outros têm uma antena externa conectada por meio de um conector U.FL.

Possui uma variedade de pinos GPIO que podem ser configurados para várias funções, como entrada analógica, saída digital, comunicação serial, etc.

Figura 25 - Placa do Esp32 Devkit V1



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A Espressif Systems fornece uma documentação abrangente para o ESP32, incluindo datasheets, manuais e exemplos de código. Há uma comunidade ativa de desenvolvedores que compartilham conhecimento e suporte online.

3.7. Placa HF-006

A placa HF-006 da Hoffer Automação (Figura 26), é uma solução de IoT robusta projetada para controle, operação e monitoramento de máquinas e equipamentos. Ela serve como o componente central para uma automação integrada com a Internet das Coisas (IoT).

A placa é baseada no poderoso ESP32 da Expressif, que oferece um processador dual core rodando a 240MHz e suporta comunicação via rede Wi-Fi e Bluetooth.

A HF-006 possui várias características que a tornam versátil e adequada para diferentes aplicações. Aqui estão as principais características da placa (Figura 27):

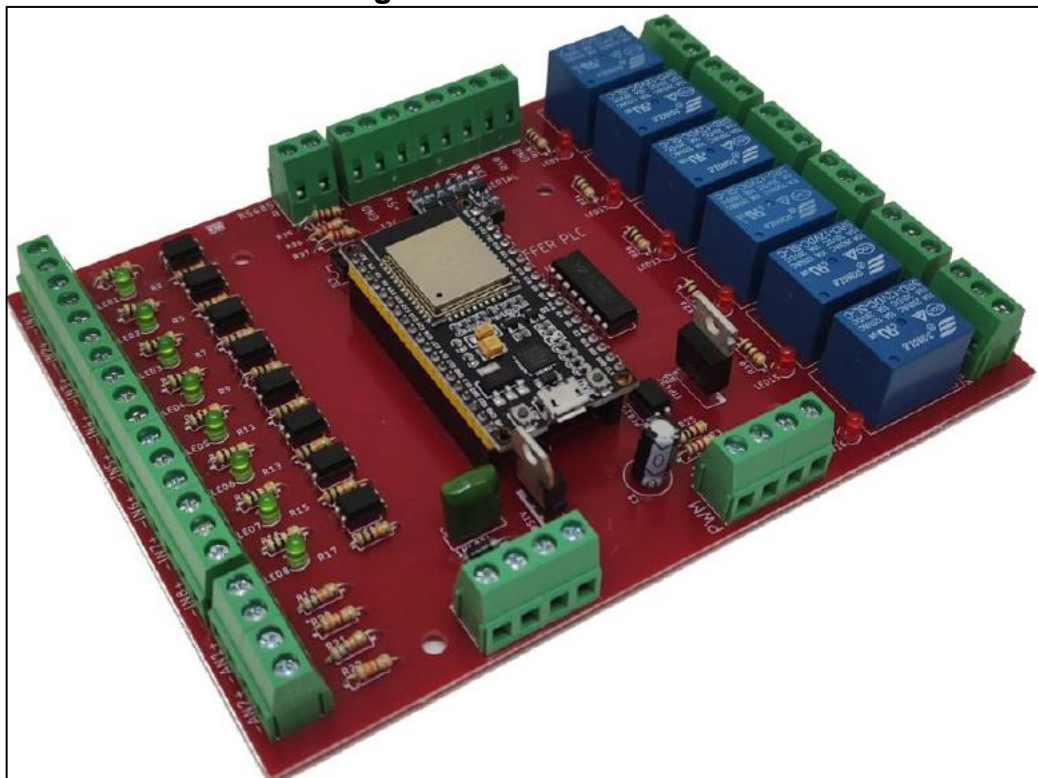
- 8 entradas digitais com acoplamento óptico: Essas entradas permitem a conexão de sensores NPN, PNP e contato seco. O acoplamento óptico ajuda

a isolar eletricamente a placa de entrada, fornecendo proteção contra ruídos e interferências.

- 2 entradas analógicas de 0 a 10V: Essas entradas permitem a integração de sensores analógicos que operam na faixa de 0 a 10 volts. Isso possibilita a leitura de dados analógicos, como temperatura, pressão, nível, etc.
- 6 saídas digitais a relé: A placa possui 6 saídas digitais controladas por relés. Cada relé pode comutar cargas de até 10A e oferece os contatos normalmente abertos (NA) e normalmente fechados (NF) para conexões flexíveis.
- 1 saída PWM com transistor PNP e alimentação independente: A placa possui uma saída PWM com um transistor PNP dedicado e uma alimentação independente. Essa saída é útil para controlar dispositivos que requerem modulação de largura de pulso, como motores DC ou LEDs.
- 1 conexão I2C com alimentação de 5V: A placa HF-006 possui uma conexão I2C que permite a comunicação com outros dispositivos compatíveis com esse protocolo. A alimentação de 5V é fornecida para dispositivos conectados via I2C.
- 1 conexão serial TTL com alimentação de 5V: A placa possui uma conexão serial TTL que permite a comunicação com outros dispositivos usando esse padrão. A alimentação de 5V é fornecida para dispositivos conectados via porta serial TTL.
- 1 porta de rede RS485: Essa porta permite a comunicação usando o protocolo Modbus ou outros protocolos de comunicação a dois fios. O RS485 é comumente usado em redes industriais e permite a comunicação confiável de dados em longas distâncias.
- Todos os IOs utilizam bornes padrão KRE: Os bornes padrão KRE facilitam a conexão dos cabos nos terminais da placa. Eles suportam correntes de até 10A, o que é adequado para a maioria das aplicações industriais.

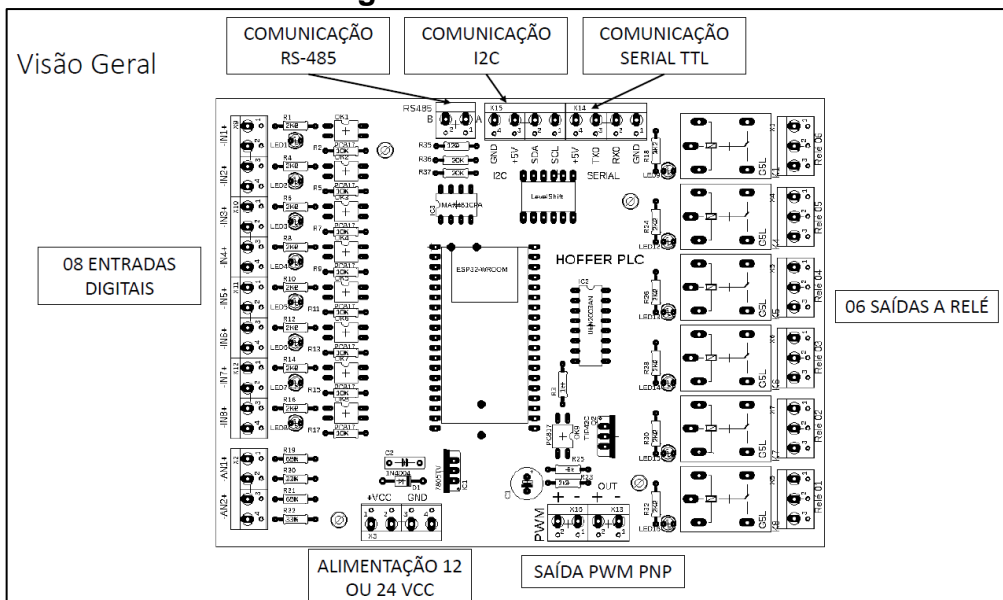
A Hoffer Automação fornece um manual de orientação que contém informações detalhadas sobre a placa, incluindo diagramas, mapeamento dos IOs e exemplos de código em linguagem C++. O manual também disponibiliza um código de servidor web que permite a leitura das entradas da placa e o controle das saídas, tornando a implementação de recursos de IoT mais fácil e conveniente.

Figura 26 - Placa HF-006



Fonte: Hoffer Automação 2023

Figura 27 - Placa HF-006

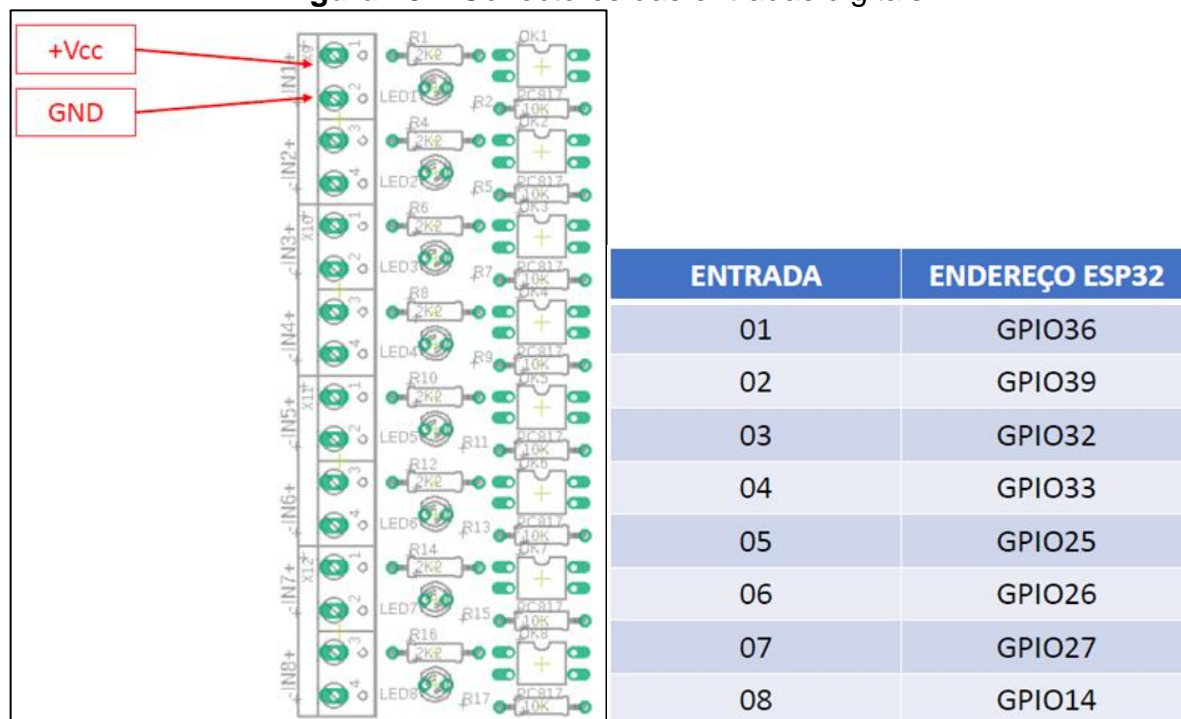


Fonte: Hoffer Automação 2023.

A seguir a Figura 28 mostra as entradas digitais, elas devem receber sinais de 12Vdc ou 24Vdc, conforme o modelo da placa. Para facilitar a instalação pode-se conectar todos os GNDs da entrada no borne GND da Fonte. Os dois pinos do

acoplador ótico são disponibilizados para permitir a conexão de sensores tipo NPN ou PNP.

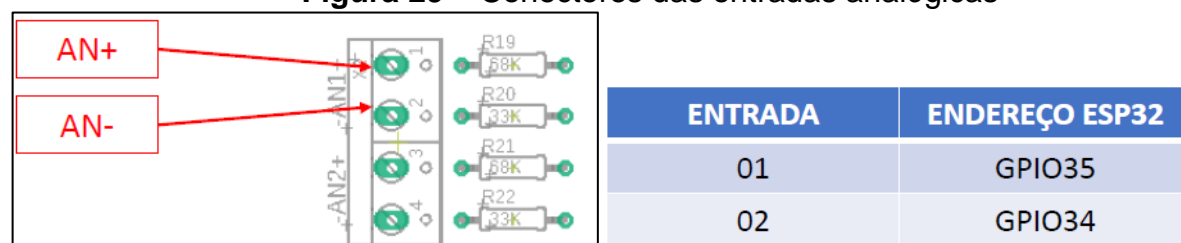
Figura 28 – Conectores das entradas digitais



Fonte: Hoffer Automação 2023.

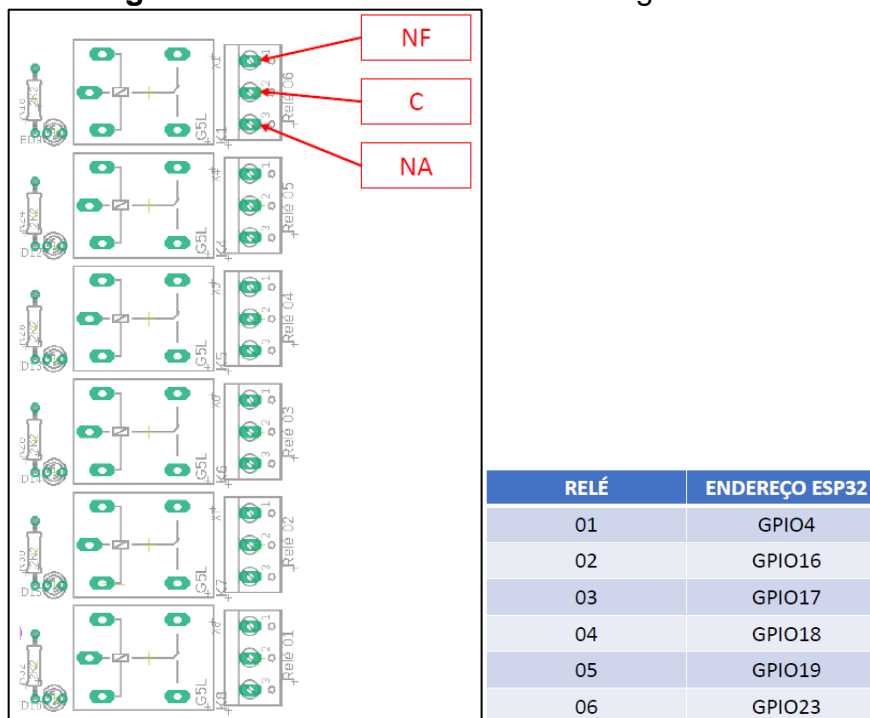
As entradas analógicas devem receber sinais entre 0V e 10Vcc. Elas foram preparadas especialmente para compatibilizar sinais analógicos padrão com o ESP32. Para conexão de sinais de corrente (0 a 20mA ou 4 a 20mA) deve-se utilizar um resistor de 500ohms em paralelo com a entrada. Os bornes AN-estão conectados ao GND da placa.

Figura 29 – Conectores das entradas analógicas



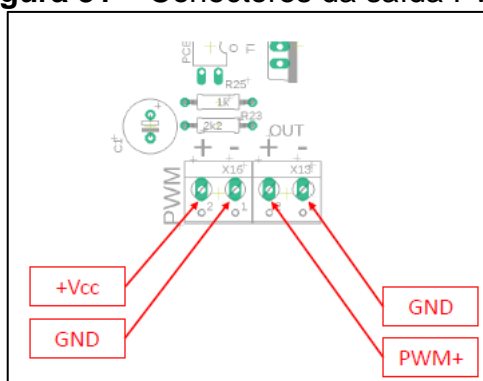
Fonte: Hoffer Automação 2023.

As saídas a relé suportam cargas de até 10A em 220V, sendo que estas cargas deverão ser RESISTIVAS. No caso de cargas indutivas, deverá ser acrescentado um capacitor do tipo MKP de 470nF em paralelo com a carga acionada. Para cargas indutivas, o relé suportará até 2A em 220V.

Figura 30 – Conectores das saídas digitais a relé

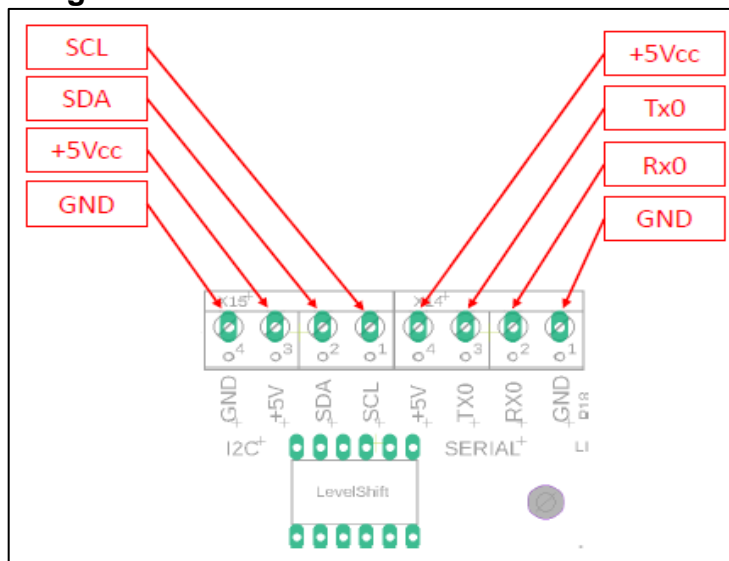
Fonte: Hoffer Automação 2023.

A saída PWM possui alimentação independente da placa, podendo ser utilizada uma tensão de alimentação diferente da alimentação da placa. Ela foi projetada para trabalhar com cargas resistivas e caso necessário acionar cargas indutivas ou motores, deverá ser acrescentado um circuito de potência externo.

Figura 31 – Conectores da saída PWM

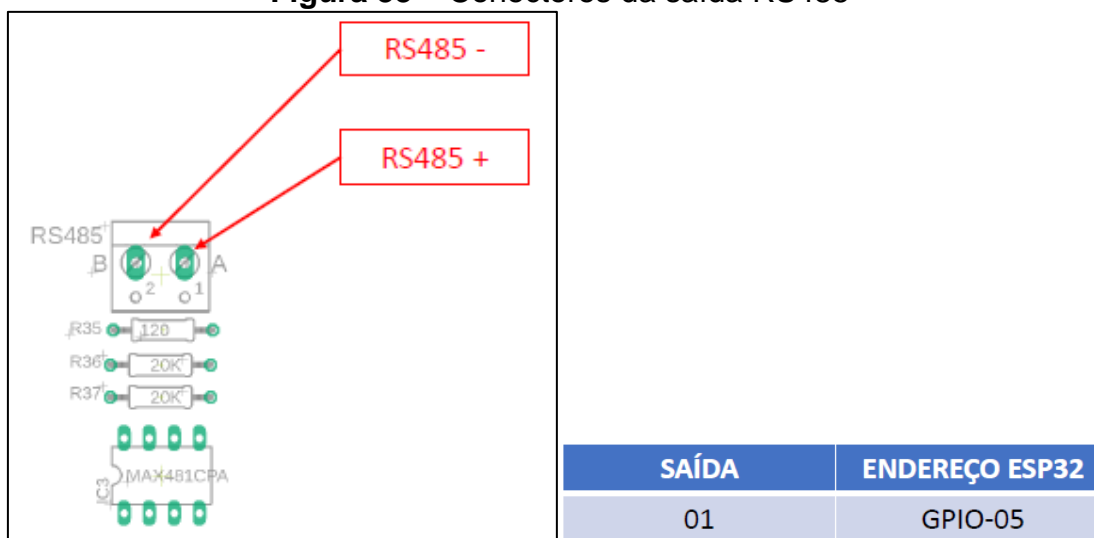
Fonte: Hoffer Automação 2023.

A placa possui uma porta Serial para conexão de displays seriais (Nextion). A alimentação e comunicação para o LCD estão disponíveis nesta porta. Ela também possui uma porta I2C para conexão de periféricos neste protocolo. A alimentação e comunicação para os módulos I2C estão disponíveis nesta porta.

Figura 32 – Conectores das saídas serial e I2C

Fonte: Hoffer Automação 2023.

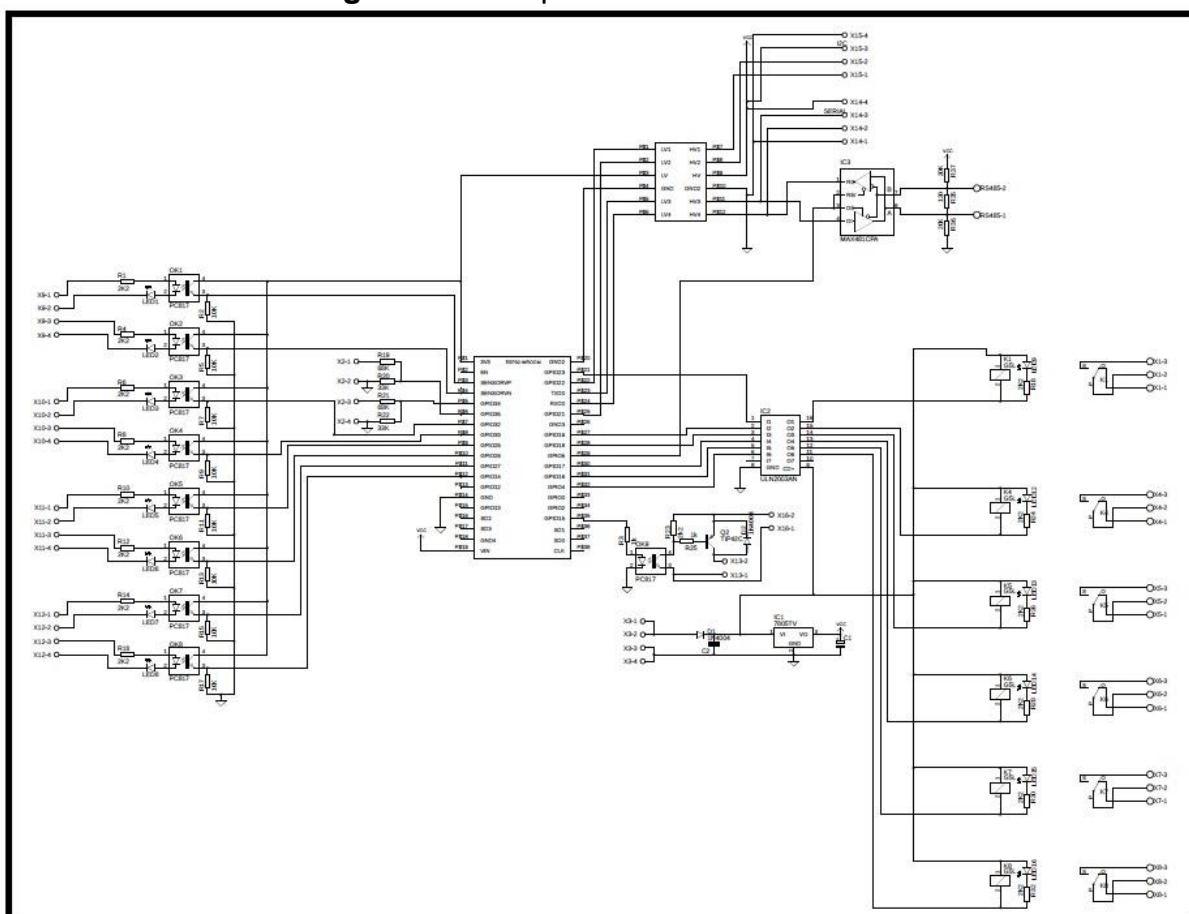
A saída RS485 está ligada a serial TX0/RX0 e ao pino de controle GPIO-05. Este pino faz a seleção entre envio e recebimento e será utilizado na implementação da comunicação MODBUS. Durante o uso da porta RS485, a porta Serial da placa deverá ficar desconectada.

Figura 33 – Conectores da saída RS485

SAÍDA	ENDEREÇO ESP32
01	GPIO-05

Fonte: Hoffer Automação 2023.

Figura 34 – Esquemático da Placa H006



Fonte: Hoffer Automação 2023.

3.8. Display Nextion 3.5" e IDE

A Tela Touch Nextion 3.5" (Figura 35), é ideal para quem precisa de uma tela com informações gráficas, e que seja possível estar utilizando no lugar de uma IHM, ela possui uma interface fácil de programar utilizando uma IDE própria para facilitar o seu manuseio.

Dados técnicos:

- Display Serial Touch 3.5";
- Resolução: 480 x 320 pixels;
- Conector: 4 Pinos;
- Pinagem: 5V (Vermelho), TX (Azul), RX (amarelo), GND (preto);
- Interface: Serial;
- Memória Flash de 16 Mb para código e dados;
- Tensão de operação: 5V;

- Processador integrado à placa;
- Cores: 65.536;
- Brilho ajustável;
- Compatível com Arduino/ Raspberry Pi;
- Leitor de micro SD;
- Consumo de corrente: 90mA;
- Tipo de touchscreen: Resistivo;
- Certificação CE/EMC e RoHS;

Figura 35 - Tela Nextion 3.5"



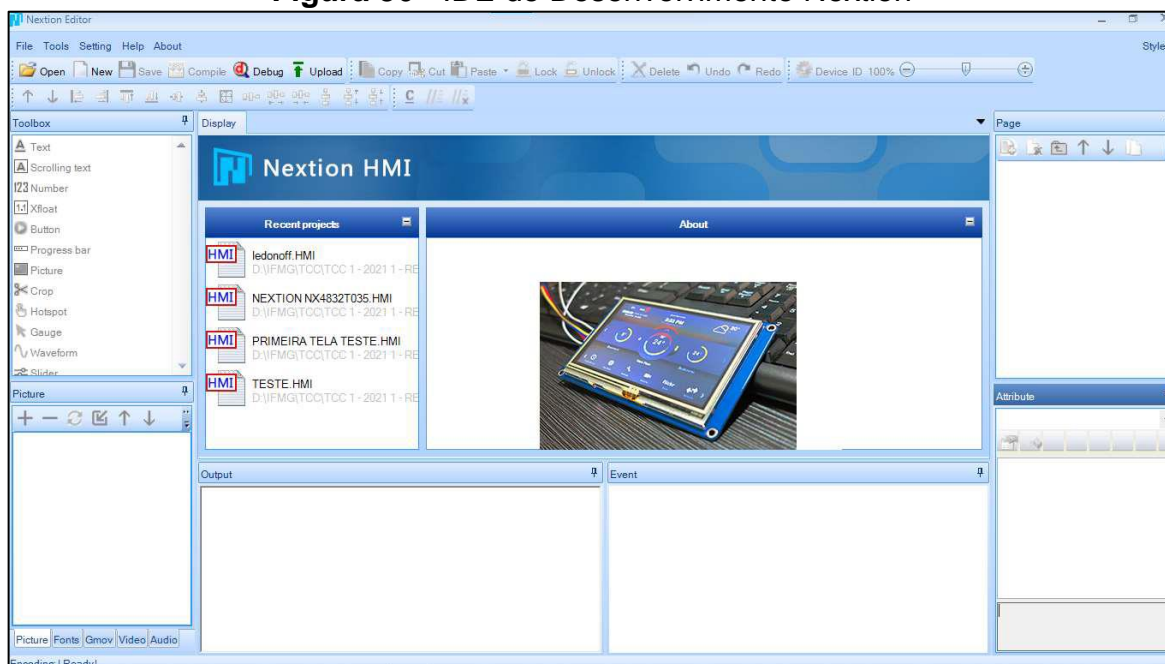
Fonte: Nextion, 2023.

O display HMI Nextion se conecta ao MCU periférico via TTL Serial (5v, Tx, Rx, Gnd) para fornecer notificações de eventos que o MCU periférico pode atuar, o MCU periférico pode facilmente atualizar o progresso e o status de volta ao display Nextion utilizando instruções simples baseadas em texto ASCII.

A Programação é realizada pela IDE própria bastando apenas criar as telas gráficas e os comandos, após basta salvar em um cartão de memória e colocar no leitor da própria tela.

Usando o software Nextion Editor (Figura 36), você pode desenvolver rapidamente a HMI GUI arrastando e soltando componentes (gráficos, texto, botão, controle deslizante etc.) e instruções baseadas em texto ASCII para codificar como os componentes interagem no display.

Figura 36 - IDE de Desenvolvimento Nextion



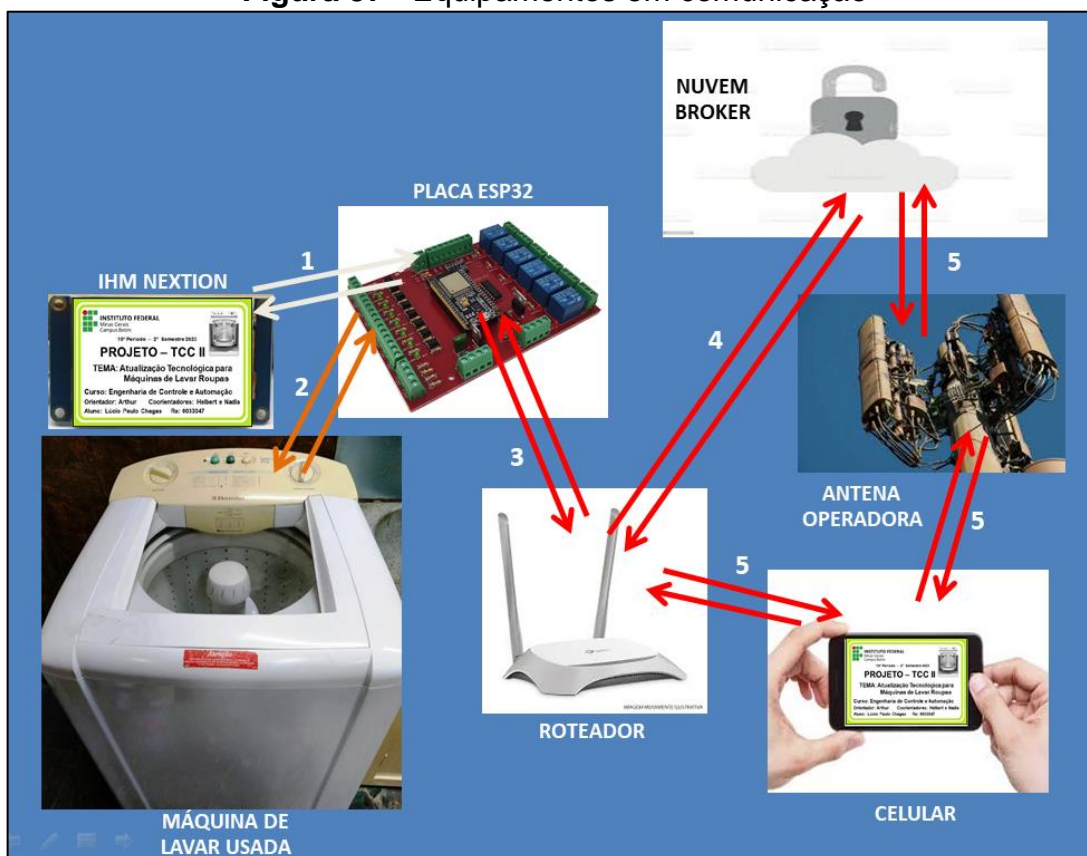
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.9. Comunicação do sistema

O projeto utilizou de vários meios para a transferência de dados. A (Figura 37), ilustra como a comunicação foi estabelecida.

- 1 – A comunicação entre a Tela Nextion e a Placa Esp32 foi estabelecida por cabos, ligação na porta serial (Vcc, Gnd, TX, Rx);
- 2 – A placa Esp32 e os dispositivos da máquina de lavar (I/O) foram conectados por cabos de 0,5 mm² fisicamente;
- 3 – A comunicação entre a Placa Esp32 e o roteador utilizou o wi-fi;
- 4 – A comunicação entre roteador e o Broker (Nuvem) utilizou a rede contratada pelo usuário (OI Fibra);
- 5 – A comunicação entre o aplicativo do celular e o broker (Nuvem), ocorreu de duas maneiras: utilizou a rede da operadora do celular do usuário (TIM) que teve o acesso às informações de qualquer ponto onde houve sinal ou por uma rede wifi disponível no local onde o usuário esteve conectado.

Figura 37 - Equipamentos em comunicação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.10 Montagem dos componentes físicos

A ideia de construir o protótipo baseou-se na exploração didática e, portanto, foram descartadas as partes móveis e girantes, e também a carcaça da máquina de lavar, para melhor entendimento e percepção do funcionamento.

Foi construído um cavalete de estrutura metálica (Figura 38), para fazer a sustentação do mecanismo, e posteriormente feito à montagem de todos os componentes que a compõe.

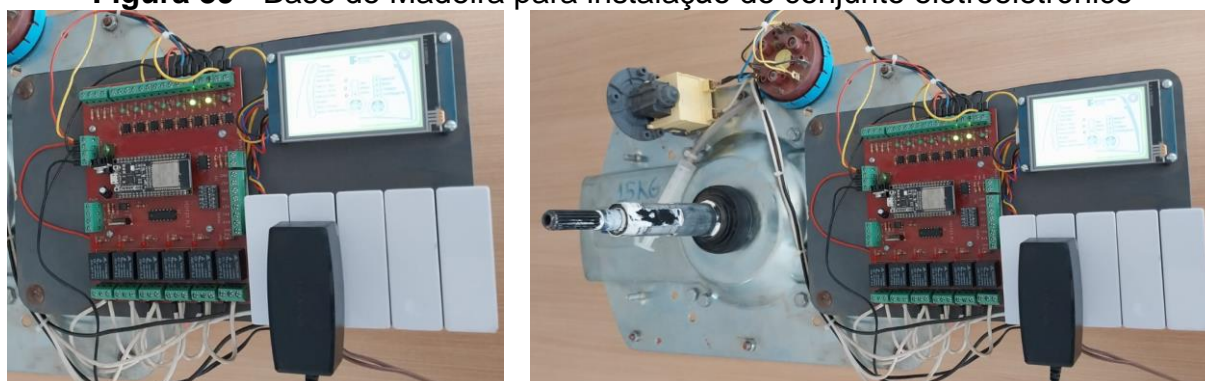
Figura 38 - Cavalete e Mecanismo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Posteriormente, foi construída e instalada, uma base de madeira e fixada na estrutura do mecanismo onde foi também instalada a placa Esp32, uma caixa de passagem contendo uma tomada de alimentação e um interruptor, e a tela Nextion, demonstrado na Figura 39.

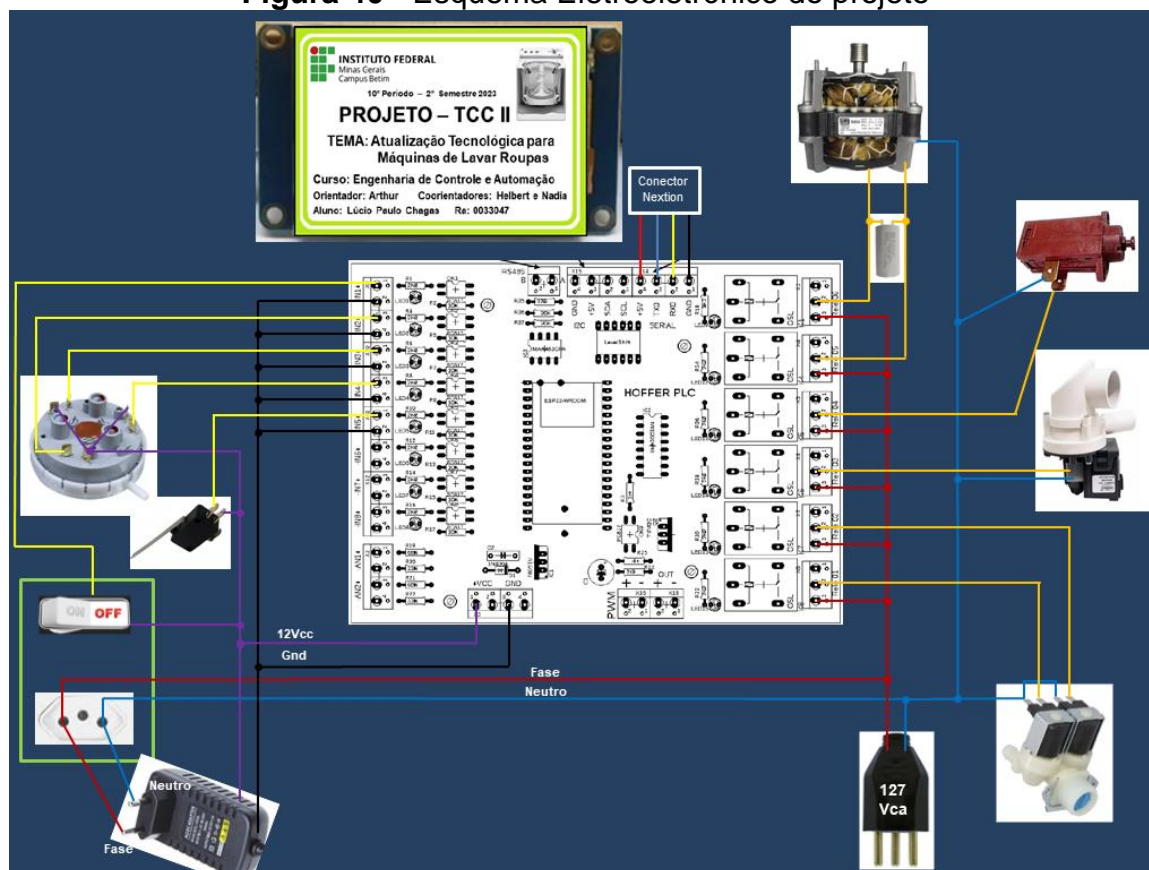
Figura 39 - Base de Madeira para instalação do conjunto eletroeletrônico



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Por fim, foram feitas as ligações elétricas e eletrônicas do projeto, e também a instalação dos dispositivos de entrada e saída, tais como: eletrobomba, pressostato, fim de curso do atuador, motor elétrico, termo atuador, válvula solenoide de entrada de água, interruptor da tampa, alimentação da tomada conforme esquema elétrico da Figura 40.

Figura 40 - Esquema Eletroeletrônico do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.11 Ciclo de Trabalho e Nível da Água da Máquina de Lavar

A ação de remover sujeira e odor das roupas na lavadora é obtida através da combinação de movimentos mecânicos e da ação química, no qual os tecidos carregados na lavadora são mantidos em movimento constante de agitação através do movimento do agitador. O sabão é dissolvido durante a entrada da água pela gaveta de sabão, e a solução água/sabão em pó molha o tecido sendo forçada através das fibras do mesmo, favorecendo assim o contato entre a sujeira e o sabão, conseqüentemente a ação química dissolve, então, a sujeira que será removida pela ação mecânica.

A entrada de água na lavadora ocorre através da válvula de entrada da água, onde a água chega à gaveta de distribuição, diluindo o sabão, e caindo sobre a roupa. Durante a agitação, a água circula dentro do agitador, passando pelo filtro de fiapos. Após os ciclos de agitação e molho, a água é drenada e inicia-se o processo de enxágue, onde a lavadora inicia a primeira centrifugação.

Durante esta primeira centrifugação a lavadora admite água limpa para melhorar o enxágue. A lavadora admite, então, água combinada com amaciante, fazendo o movimento de agitação e drenando a água para iniciar a segunda centrifugação. Ao final da segunda centrifugação (final do programa) a roupa está pronta para ir à secadora ou ser estendida.

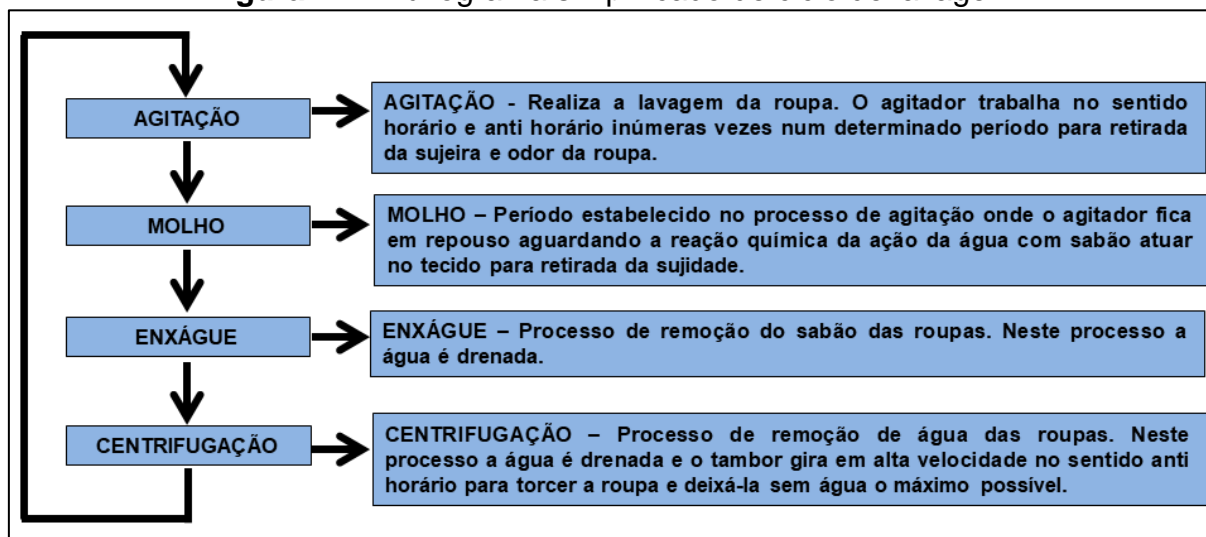
A comparação detalhada entre os ciclos de trabalho de lavadoras de roupas com abertura superior de marcas e modelos diferentes pode variar significativamente, uma vez que cada fabricante tem suas próprias tecnologias, recursos e abordagens específicas. Além disso, as características dos ciclos podem depender do modelo específico dentro de uma marca. Segue abaixo uma visão geral sobre algumas funções específicas detalhadas de alguns fabricantes:

1. Samsung (por exemplo, modelos da linha Activ DualWash):
 - Enxágue com Bolhas: Usa um sistema de bolhas para ajudar a remover manchas difíceis.
 - Super Speed: Um ciclo mais rápido que preserva a qualidade da lavagem.
 - Eco Tub Clean: Ciclo de limpeza automática para manter a máquina livre de resíduos.
2. LG (por exemplo, modelos da linha TurboWash):
 - TurboWash: Ciclo de lavagem mais rápida que economiza tempo e energia.
 - Lavagem Silenciosa: Alguns modelos oferecem modos de operação mais silenciosos.
 - Smart Diagnosis: Tecnologia que ajuda a diagnosticar problemas de funcionamento.
3. Whirlpool (por exemplo, modelos da linha Brastemp):
 - Lavagem Pesada: Ciclo intensivo para sujeiras mais difíceis.
 - Delicado: Ciclo suave para roupas delicadas.
 - Enxágue Extra: Oferece um enxágue adicional para garantir a remoção completa do sabão.
4. Electrolux (por exemplo, modelos da linha Ultrawash):
 - Ciclo Silencioso: Foca em operação mais silenciosa durante a lavagem.
 - Rápido 20: Um ciclo de lavagem rápido para pequenas cargas.
 - Limpeza do Cesto: Ciclo dedicado à limpeza da máquina.
5. GE Appliances (por exemplo, modelos da linha GTW):
 - Deep Fill: Permite uma maior quantidade de água para lavagem de carga pesada.
 - Speed Wash: Um ciclo de lavagem mais curto para roupas menos sujas.
 - SmartDispense: Alguns modelos oferecem um sistema automático de dosagem de detergente.

Os recursos específicos podem variar entre os modelos dentro de uma marca. A escolha do ciclo dependerá das necessidades de lavagem, tipos de roupas lavadas regularmente e preferências pessoais, obedecendo as melhores práticas de

uso. Em linhas gerais, o ciclo do protótipo ficou definido com as funções de trabalho baseado no ciclo comum de vários fabricantes, demonstrado na Figura 41.

Figura 41 - Fluxograma simplificado de ciclo de lavagem



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.12 Nível de Água

O nível de água em lavadoras de roupas é uma consideração importante, pois afeta diretamente a eficiência da lavagem e o consumo de água. Ao contrário das lavadoras de carga frontal, onde a água é adicionada horizontalmente, as lavadoras com abertura superior geralmente têm um tambor vertical e podem usar diferentes métodos para ajustar o nível de água, são eles:

1. **Sensor de Carga:** Muitas lavadoras modernas vêm equipadas com sensores de carga que medem o tamanho da carga de roupa. Com base nessas medições, a máquina determina a quantidade apropriada de água necessária para a lavagem. Isso ajuda a otimizar o uso de água, sendo mais eficiente para cargas menores.
2. **Ajuste Manual:** Alguns modelos permitem que os usuários ajustem manualmente o nível de água, proporcionando maior controle sobre o processo de lavagem. Isso pode ser útil para cargas grandes ou sujas que podem exigir mais água.
3. **Tecnologia de Jatos de Água:** Algumas lavadoras de abertura superior possuem tecnologia de jatos de água que direciona a água de maneira eficiente

durante o ciclo de lavagem. Isso permite uma distribuição uniforme da água, mesmo em cargas grandes, otimizando o consumo.

4. Ciclos Específicos: Diferentes ciclos de lavagem podem exigir níveis variados de água. Por exemplo, um ciclo de lavagem pesada pode usar mais água para garantir uma limpeza profunda, enquanto um ciclo delicado pode requerer menos água para proteger tecidos mais sensíveis.

5. Economia de Água: Muitas lavadoras modernas são projetadas com foco na eficiência energética e no consumo sustentável de água. Ciclos específicos, como o ciclo econômico, podem reduzir o uso de água sem comprometer a qualidade da lavagem.

6. Pré-lavagem e Enxágue: Alguns modelos permitem que os usuários realizem ciclos de pré-lavagem ou enxágue antes do ciclo principal, garantindo que as roupas estejam completamente saturadas antes da lavagem principal.

A escolha do nível dependerá das necessidades de lavagem, quantidade de roupas e obedecendo as melhores práticas de uso, porém no protótipo foi considerado apenas ajuste manual selecionado pelo usuário conforme a quantidade de roupa e capacidade da máquina que serão três níveis, (Baixo, Médio e Alto) que serão detectados pelo pressostato de acordo com a quantidade de água.

3.13 Ambiente de desenvolvimento IDE Nextion

O primeiro passo no desenvolvimento da tela de interação com o usuário foi à elaboração do layout. Para criação das imagens de fundo foi utilizado o programa PowerPoint da Microsoft Office e salvas no formato JPEG com a resolução de 480x320 pixels, as Figuras 42 (a) e (b) mostram as imagens criadas.

Figura 42 - (a) - Tela de apresentação do projeto (b) - Tela principal do projeto



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

As Figuras 43(a), (b) e (c) de tela de inicialização é a apresentação do trabalho que fica temporizada durante 4 segundos, para depois abrir a tela principal de programação e execução.

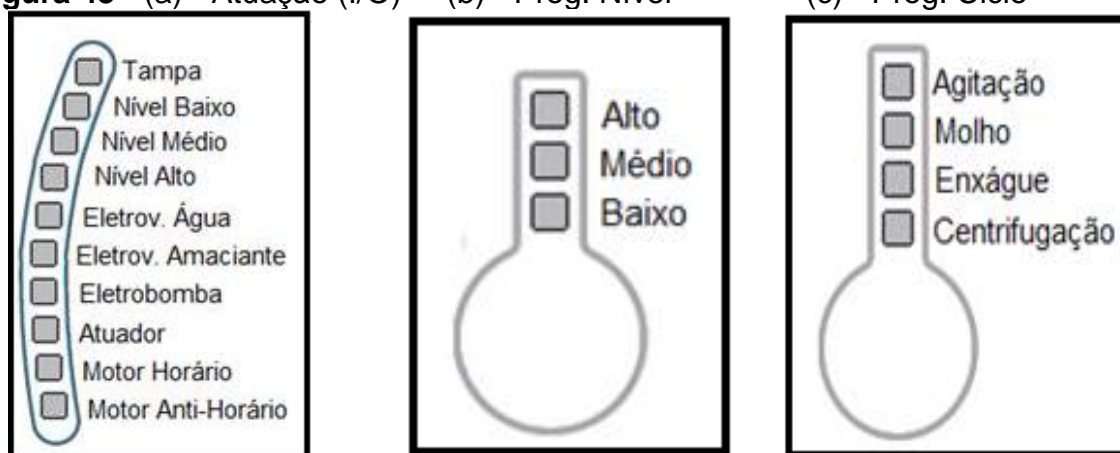
A tela de Principal, nela encontramos 3 seções:

1) A seção da Figura 43 (a), apresenta 10 quadrados, nela informa os estados de atuação de cada componente de entrada e saída em funcionamento da máquina de lavar.

2) A seção da Figura 43 (b), apresenta 3 quadrados e um círculo maior, nela informa a programação desejada pelo usuário em relação ao nível de água da máquina de lavar.

3) E a seção da Figura 43 (c), apresenta 4 quadrados e um círculo maior, nela informa a programação desejada pelo usuário em relação ao tipo de ciclo da máquina de lavar.

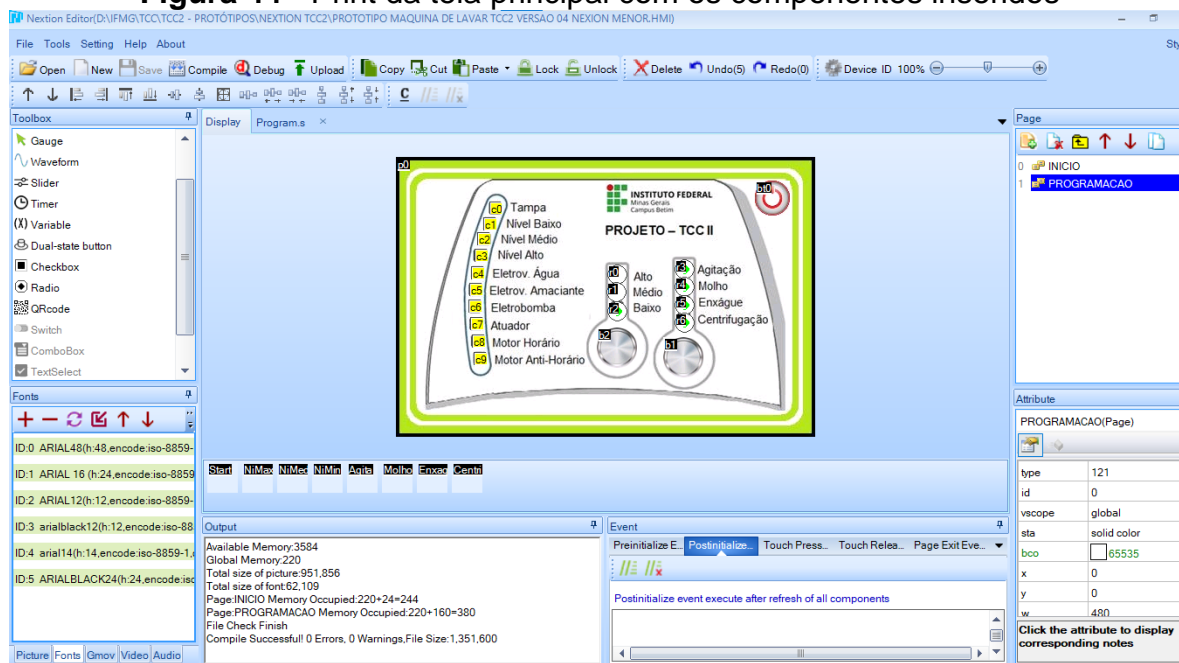
Figura 43 - (a) - Atuação (I/O) (b) - Prog. Nível (c) - Prog. Ciclo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O segundo passo do desenvolvimento foi abrir o programa da IDE Nextion e inserir estas imagens e adicionar os componentes de comando e a programação das funções de cada item inserido, que são dois botões de acionamento da programação de ciclo e nível (b2 e b1), um botão de start (bt0), sete buttons radios para identificar as programações de nível e ciclo e os dez checkbox para a identificação do funcionamento dos equipamentos de (I/O) mostrado na Figura 44.

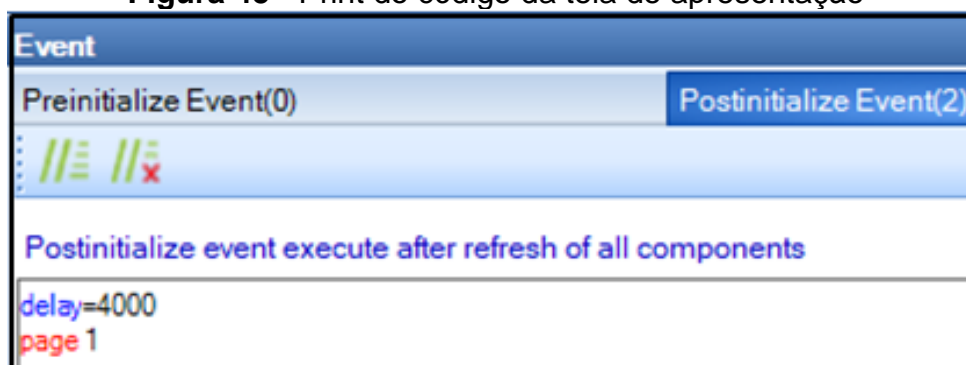
Figura 44 - Print da tela principal com os componentes inseridos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Alguns componentes inseridos tiveram programações específicas para um bom funcionamento e segurança do ciclo. Começando com a tela de apresentação, nela foi inserido uma programação de pós visualização. Demonstrado na (Figura 45), ao iniciar o boot do sistema a tela aparece durante 4 segundos e logo muda para a outra tela, a de programação.

Figura 45 - Print do código da tela de apresentação

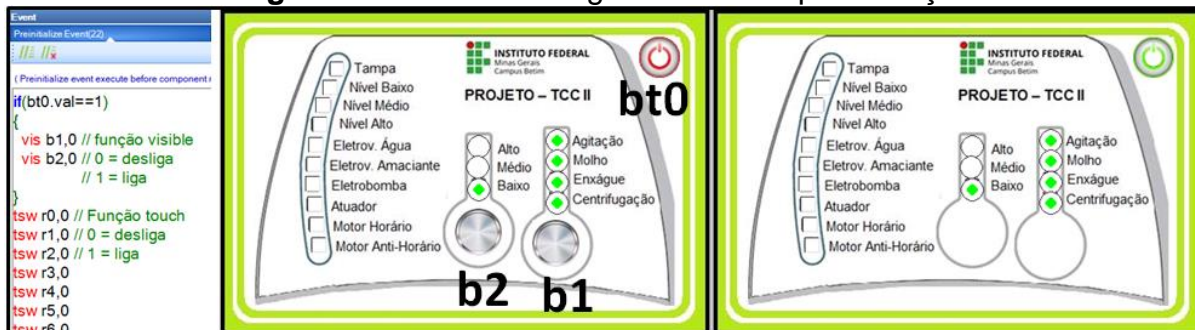


Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A tela de programação também recebeu alguns códigos, conforme (Figura 46). Ao receber o comando de mudança de tela, foi criado uma condição para que o botão bt0 (botão de start), se acionado, os botões b1 e b2 de programação ficam invisíveis impossibilitando uma nova programação junto também os buttons radios

ficam impossibilitados de serem alterados pelo toque manual no *touch*, pelo contrário se bt0 estiver desacionado, b1 e b2 ficam aptos para programação.

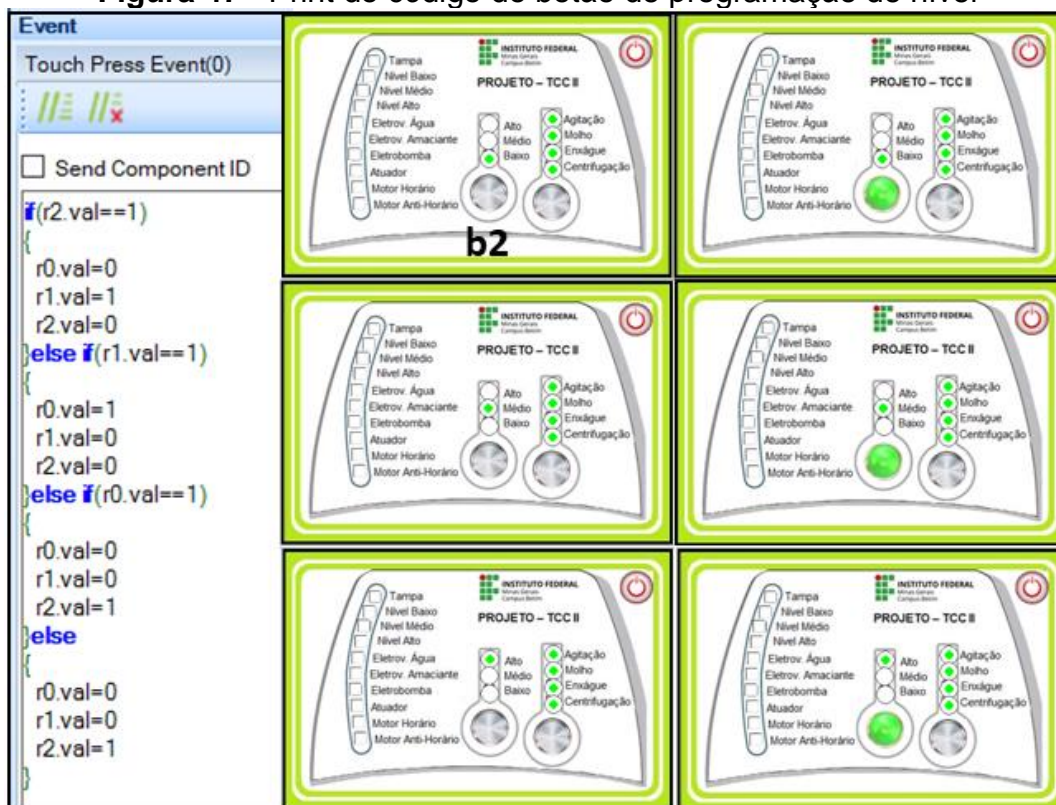
Figura 46 - Print do código da tela de apresentação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.


O botão b2 (Nível de Água) foi programado para quando for acionado, os buttons radios relacionados (baixo, médio e alto) se intercalem sozinhos, iniciando em nível baixo fazendo a programação de cada nível, (Figura 47). Note-se que quando o b2 é acionado, a cor do botão que antes era cinza passa a ficar verde até ocorrer à alteração do button radio para o próximo nível.

Figura 47 - Print do código do botão de programação de nível



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 49 - Print do código do botão de programação de ciclo

Event	
Touch Press Event(51)	
	
<input type="checkbox"/> Send Component ID	
<input checked="" type="checkbox"/> (bt0.val==1&&r2.val==1)	<pre> printh 23 02 54 02 vis b1,1 vis b2,1 printh 23 02 54 07 //NIVEL BAIXO ON printh 23 02 54 06 //NIVEL MEDIO OFF printh 23 02 54 04 //NIVEL ALTO OFF printh 23 02 54 01 ebsc if(bt0.val==1&&r1.val==1) </pre>
<pre> printh 23 02 54 01 vis b1,0 vis b2,0 printh 23 02 54 07 //NIVEL BAIXO ON printh 23 02 54 06 //NIVEL MEDIO OFF printh 23 02 54 04 //NIVEL ALTO OFF printh 23 02 54 01 ebsc if(bt0.val==1&&r1.val==1) </pre>	<pre> printh 23 02 54 02 vis b1,1 vis b2,1 printh 23 02 54 08 //NIVEL BAIXO OFF printh 23 02 54 05 //NIVEL MEDIO ON printh 23 02 54 04 //NIVEL ALTO OFF ebsc if(bt0.val==1&&r0.val==1) </pre>
<pre> printh 23 02 54 01 vis b1,0 vis b2,0 printh 23 02 54 08 //NIVEL BAIXO OFF printh 23 02 54 05 //NIVEL MEDIO ON printh 23 02 54 04 //NIVEL ALTO OFF ebsc if(bt0.val==1&&r0.val==1) </pre>	<pre> printh 23 02 54 02 vis b1,1 vis b2,1 printh 23 02 54 08 //NIVEL BAIXO OFF printh 23 02 54 06 //NIVEL MEDIO OFF printh 23 02 54 03 //NIVEL ALTO ON </pre>
<pre> printh 23 02 54 01 vis b1,0 vis b2,0 printh 23 02 54 08 //NIVEL BAIXO OFF printh 23 02 54 06 //NIVEL MEDIO OFF printh 23 02 54 03 //NIVEL ALTO ON ebsc if(bt0.val==0&&r2.val==1) </pre>	

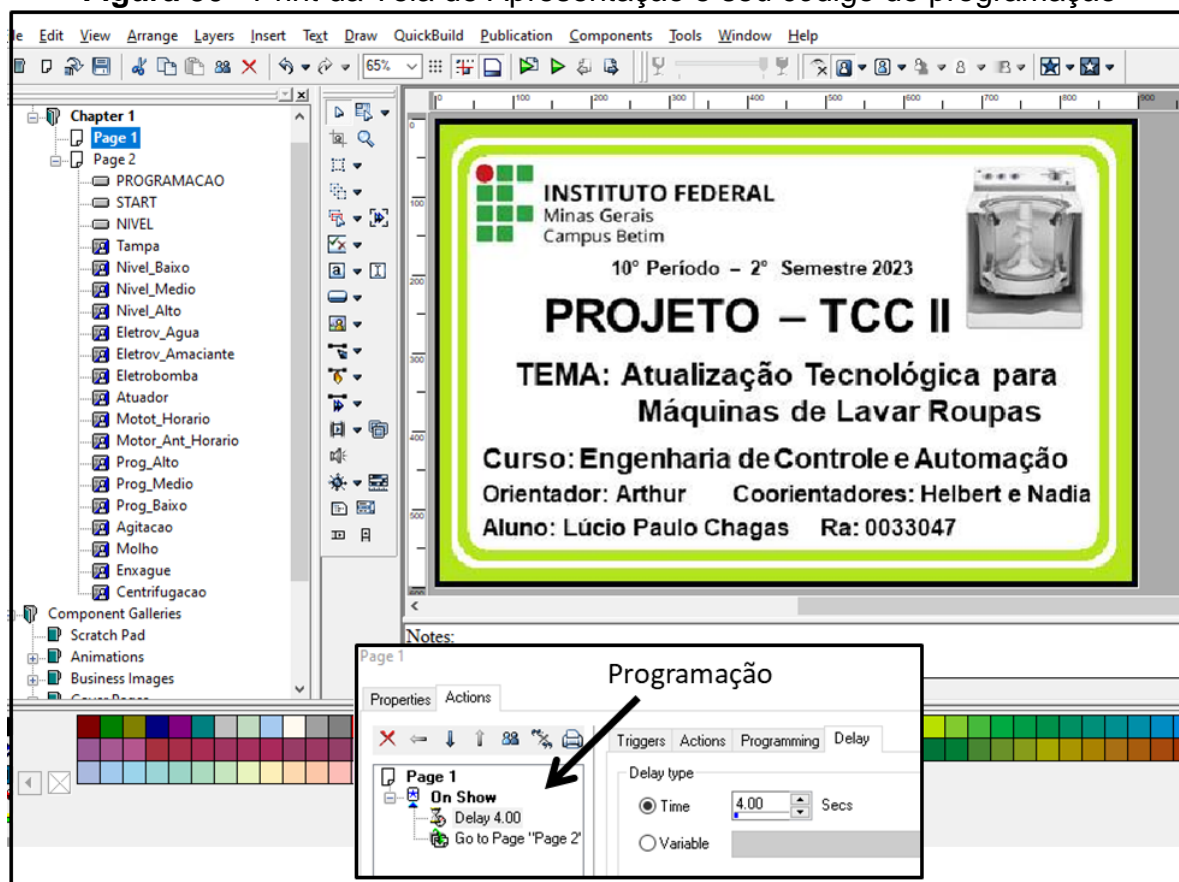
Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

3.14 Ambiente de Desenvolvimento Software App Android

Para desenvolvimento das telas e programação dos componentes, foram utilizadas as mesmas telas de fundo e também os mesmos componentes conforme explicados anteriormente no desenvolvimento IDE Nextion. O programa é muito fácil, suas funcionalidades ajudam na programação e são muito semelhantes ao programa IDE Nextion.

A (Figura 50), mostra a inserção da tela de início “Apresentação do Projeto”. Note-se que o conceito de programar é o mesmo, porém algumas ferramentas são mais intuitivas.

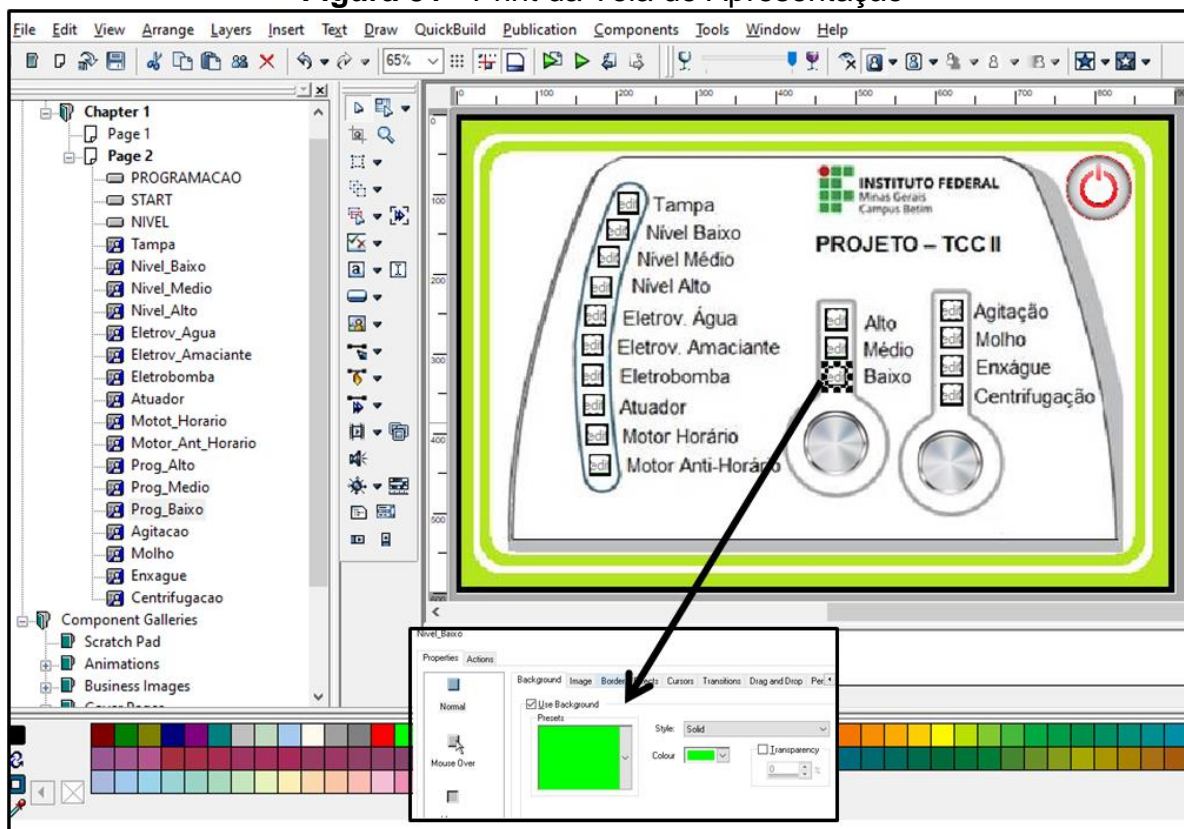
Figura 50 - Print da Tela de Apresentação e seu código de programação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para a tela de Programação (Figura 51), a mesma imagem de fundo e a inserção de todos os componentes de comando ocorreu. Para os botões, a configuração continuou a mesma, a única diferença é que os componentes de identificação que eram buttons radios e checkbox utilizados anteriormente passaram a ser objeto de imagem e quando acionados, a cor fica sólida verde e desacionados ficam invisíveis.

Figura 51 - Print da Tela de Apresentação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para visualizar como o aplicativo estava ficando, o programa apresenta uma tela de simulação onde segue a (Figura 52) com alguns prints como exemplo.

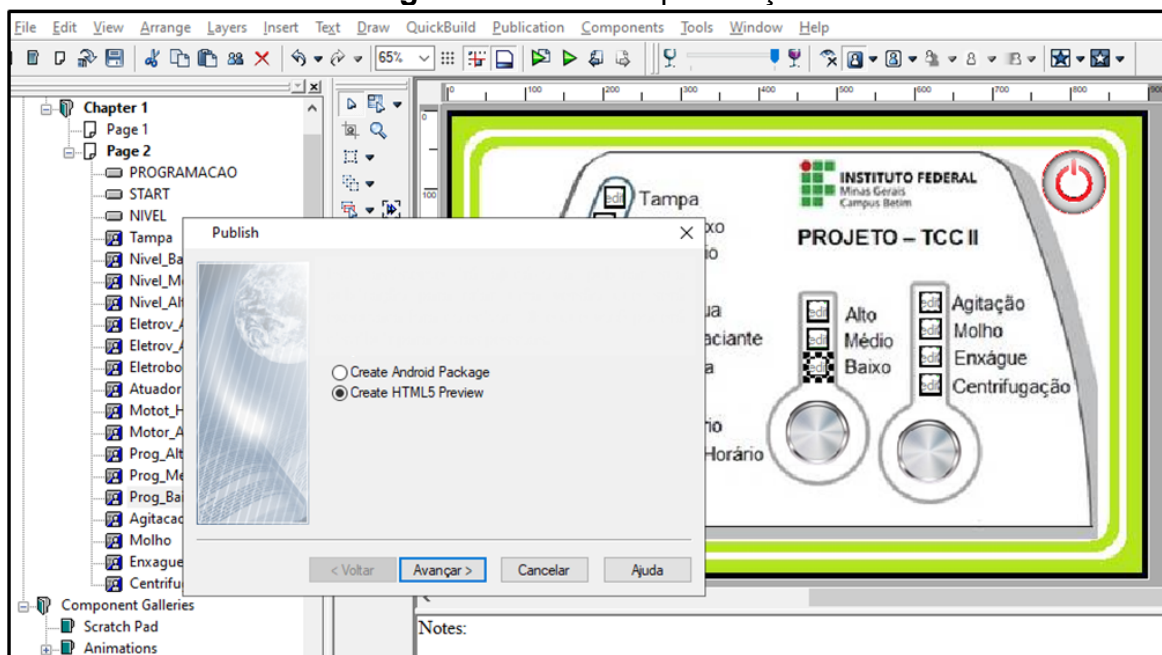
Figura 52 - Prints das Telas de Apresentação e Configuração



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O programa IDE Android, como explicado anteriormente gera uma publicação (Figura 53), que pode ser em HTML ou simplesmente gerar o App no formato Android, porém para efetivação das funcionalidades do aplicativo foram necessárias as inserções de comandos em JavaScript e bibliotecas no arquivo gerado em HTML (Index) para conversar com o Broker (servidor) utilizando o protocolo MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), para posteriormente ser instalado no celular (smartphone).

Figura 53 - Print da publicação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O MQTT é um protocolo de comunicação. O outro protocolo é o HTTP (Hypertext Transfer Protocol), a mesma ideia, eles funcionam na camada de aplicação, funcionam com propósitos diferentes. Eles funcionam pra entregar dados de forma diferente. HTML é linguagem de formatação que vai rodar num browser de um navegador, não é programação é só um formato visual.

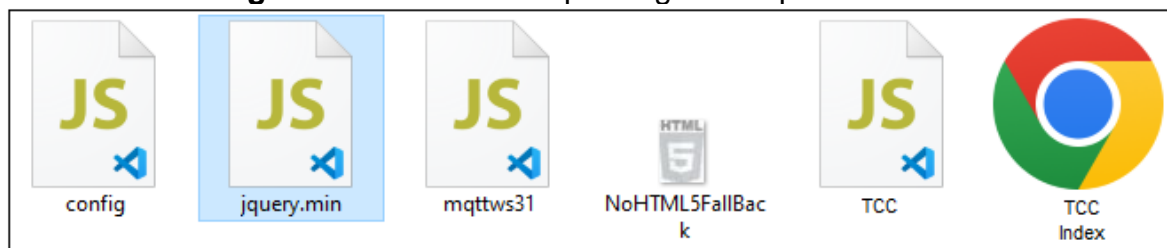
Para o projeto fizemos as telas e inserimos os componentes de comando usando o HTML. Para fazer a tela funcionar e os componentes executarem suas funções foram usadas API's. API significa "Interface de Programação de Aplicações" (em inglês, Application Programming Interface). Em termos simples, é um conjunto de regras e definições que permite que diferentes softwares se comuniquem entre si. As APIs são usadas para permitir a interação entre diferentes componentes de software, como aplicativos, serviços, bibliotecas ou sistemas operacionais. Existem diferentes tipos de APIs, incluindo APIs web que permitem a comunicação entre sistemas pela internet, APIs de bibliotecas que fornecem funcionalidades específicas em uma linguagem de programação, e APIs de sistema operacional que permitem que aplicativos interajam com o sistema subjacente.

A biblioteca é incorporada no Javascript para realizar a tradução entre diferentes idiomas. Trata-se do conjunto de funcionalidades que irão interagir por

meio da linguagem escolhida. A função está preparada, então vá em frente e leia ou escute o tópico; quando chegar à mensagem do tópico, execute o que foi definido na função.

Na (Figura 54), são apresentados os arquivos gerados pela publicação e também as API's, bibliotecas inseridas para o funcionamento do aplicativo.

Figura 54 - Print dos arquivos gerados pelo software



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

- config – Códigos das informações de acesso ao broker.
- jquery.min – Códigos da biblioteca Javascript jQuery V1.3.2.
- mqttws31 – Códigos da biblioteca MQTT V3.1.
- TCC – Códigos da biblioteca da IDE Android.
- TCC (Index) – Arquivo HTTP que roda a aplicação na web.

3.15 Ambiente de Desenvolvimento Software IDE Arduíno

A última parte do desenvolvimento do projeto foi à construção do código unindo todas as funções em um único algoritmo. Para isso, utilizou-se a plataforma IDE Arduíno. Antes de iniciar a digitação do código foi preciso fazer algumas configurações iniciais (Figura 55), tais como:

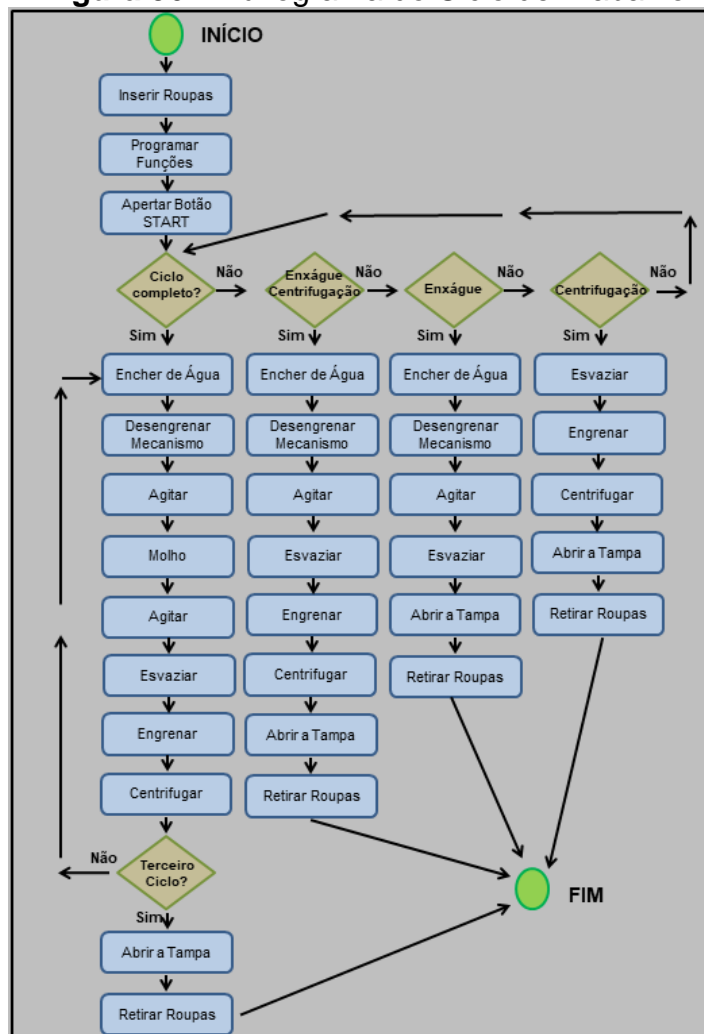
Figura 55 - Print Configuração Software

Autoformatação	
Arquivar Sketch	
Corrigir codificação e recarregar	
Gerenciar Bibliotecas...	➤ Instalação da placa a ser utilizada;
Monitor serial	
Plotter serial	
WiFi101 / WIFININA Firmware Updater	➤ Instalação das bibliotecas a serem utilizadas;
Placa: "DOIT ESP32 DEVKIT V1"	➤ Identificação da placa (<u>microcontrolador</u>);
Upload Speed: "115200"	
Flash Frequency: "80MHz"	
Core Debug Level: "Nenhum"	
Erase All Flash Before Sketch Upload: "Disabled"	➤ Porta e velocidade de comunicação;
Porta	
Obter informações da Placa	
Programador	
Gravar Bootloader	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Após a etapa de configuração foi feito o levantamento do ciclo de trabalho completo e todos os dispositivos de entrada e saída e suas respectivas sequências de acionamento conforme diagrama de estados da (Figura 56).

Figura 56 - Fluxograma do Ciclo de Trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para a programação do código da máquina de lavar, inicialmente foram inseridas as bibliotecas utilizadas para iteração na comunicação, (Figura 57).

Figura 57 - Trecho do código chamada das Bibliotecas

```

14  =====*/
15  #include <WiFi.h> // Inclusão da biblioteca para conexão via Wifi
16  #include <PubSubClient.h> // Inclusão da biblioteca para comunicação MQTT
17  #include "EasyNextionLibrary.h" // Inclusão da biblioteca Nextion para comunicação serial
18

```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A seguir, foram feitas as configurações dos dados do roteador e servidor MQTT para conexão via wifi, ('ssid', 'password' e 'mqtt-server'), (Figura 58).

Figura 58 - Configuração dos Dados para Wifi

```

22 // WiFi Connection set
23 const char* ssid = "ESP32";
24 const char* password = "1234567890";
25 const char* mqtt_server = "broker.hivemq.com";

```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Posteriormente, a definição das entradas e saídas do microcontrolador em relação aos dispositivos que serão conectados na máquina de lavar, (Figura 59).

Figura 59 - Definição das Entradas e Saídas do ESP32

```

27 #define out1 4 // RELÉ 1 => GPIO4 => ELETROVÁLVULA ÁGUA + ALVEJANTE
28 #define out2 16 // RELÉ 2 => GPIO16 => ELETROVÁLVULA AMACIANTE
29 #define out3 17 // RELÉ 3 => GPIO17 => ELETROBOMBA
30 #define out4 18 // RELÉ 4 => GPIO18 => ATUADOR OU TERMOATUADOR
31 #define out5 19 // RELÉ 5 => GPIO19 => MOTOR HORÁRIO
32 #define out6 23 // RELÉ 6 => GPIO23 => MOTOR ANT HORÁRIO
33
34 #define in1 36 // ENTRADA 1 => GPIO36 => FIM DE CURSO TAMPA
35 #define in2 39 // ENTRADA 2 => GPIO39 => PRESSOSTATO DE NÍVEL MÍNIMO
36 #define in3 32 // ENTRADA 3 => GPIO32 => PRESSOSTATO DE NÍVEL MÉDIO
37 #define in4 33 // ENTRADA 4 => GPIO33 => PRESSOSTATO DE NÍVEL MÁXIMO
38 #define in5 25 // ENTRADA 5 => GPIO25 => FIM DE CURSO DO ATUADOR

```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Agora a definição das variáveis do projeto que fazem o controle de tempo e execução de cada Estado, (Figura 60).

Figura 60 - Variáveis do projeto

```
41  /* Definição das variáveis */
42  unsigned long TEMPO=0;
43  unsigned long TEMPOINICIAL=0;
44  unsigned long TEMPOFINAL=0;
45  int ANTERIOR;
46  int ESTADO;
47  int NIVEL_ALTO,NIVEL_MEDIO,NIVEL_BAIIXO;
48  int START;
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Adiante, as chamadas das funções do wifi, do servidor MQTT e a definição do vetor que intervirá com os dados enviados e recebidos ao servidor (Figura 61).

Figura 61 - Funções para comunicação

```
49  //+++++
50  WiFiClient espClient;
51  PubSubClient client(espClient);
52  unsigned long lastMsg = 0;
53  #define MSG_BUFFER_SIZE (50)
54  char msg[MSG_BUFFER_SIZE];
55  int value = 0;
56  void setup_wifi() {
57    delay(10);
58    // Começamos conectando-nos a uma rede Wifi
59    //Serial.println();
60    //Serial.print("Connecting to ");
61    //Serial.println(ssid);
62    WiFi.mode(WIFI_STA);
63    WiFi.begin(ssid, password);
64    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
65      delay(500);
66    }
67  }
68  randomSeed(micros());
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 61 - Funções para comunicação (continuação)

```

68 | randomSeed(micros());
69 | }
70 | void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
71 |     //Serial.print("Message arrived [");
72 |     //Serial.print(topic);
73 |     //Serial.print("] ");
74 |     for (int i = 0; i < length; i++) {
75 |         //Serial.print((char)payload[i]);
76 |     }
77 |     // Serial.println();
78 | }
79 | void reconnect() {
80 |     // Loop até estarmos reconectados
81 |     while (!client.connected()) {
82 |         //Serial.print("Tentando conexão MQTT...");
83 |         // Create a random client ID
84 |         String clientId = "ESP32Client-";
85 |         clientId += String(random(0xffff), HEX);
86 |         // Attempt to connect
87 |         if (client.connect(clientId.c_str())) {
88 |             //Serial.println("connected");
89 |             // Uma vez conectado, publique um anúncio..
90 |             //client.publish("/MAQUINA01/TAMPA", "1");
91 |             // ... e inscreva-se novamente
92 |             client.subscribe("/MAQUINA01/TAMPA");
93 |         } else {
94 |             //Serial.print("failed, rc=");
95 |             //Serial.print(client.state());
96 |             //Serial.println(" try again in 5 seconds");
97 |             // Wait 5 seconds before retrying
98 |             delay(5000);
99 |         }
100 |     }
101 | }

```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A função `setup()`, a qual é executada na inicialização do programa é utilizada para carregar as configurações iniciais. A (Figura 62) descreve as configurações de 'baud rate', definições de entrada e saída do microcontrolador e função de retorno dos dados da comunicação.

Figura 62 - Função void setup()

```

119 void setup()
120 {
121   myNex.begin(9600);
122
123   pinMode(in1, INPUT);           152 }
124   pinMode(in2, INPUT);           153 bool PRESSOSTATOMINIMO() {
125   pinMode(in3, INPUT);           154   if(digitalRead(in2) == HIGH) {
126   pinMode(in4, INPUT);           155     return true;
127   pinMode(in5, INPUT);           156   }else{
128   pinMode(in6, INPUT);           157     return false;
129
130   pinMode(out1, OUTPUT);         158   }
131   pinMode(out2, OUTPUT);         159 }
132   pinMode(out3, OUTPUT);         160 bool PRESSOSTATOMEDIO() {
133   pinMode(out4, OUTPUT);         161   if(digitalRead(in2) == HIGH) {
134   pinMode(out5, OUTPUT);         162     return true;
135   pinMode(out6, OUTPUT);         163   }else{
136
137   digitalWrite(out1, LOW);        164     return false;
138   digitalWrite(out2, LOW);        165   }
139   digitalWrite(out3, LOW);        166 }
140   digitalWrite(out4, LOW);        167 bool PRESSOSTATOMAXIMO() {
141   digitalWrite(out5, LOW);        168   if(digitalRead(in4) == HIGH) {
142   digitalWrite(out6, LOW);        169     return true;
143
144   ESTADO = PROGRAMACAO;          170   }else{
145 }                                  171     return false;
146 bool ESTADOTAMPA() {            172   }
147   if(digitalRead(in1) == HIGH){   173 }
148     return true;                  174 bool FIMCURSOATUADOR() {
149   }else{                           175   if(digitalRead(in5) == HIGH) {
150     return false;                 176     return true;
151   }                                  177   }else{
152 }                                  178     return false;
179   }
180 }                                  179 }
181 //+++++
182 //Função de retorno de chamada
183 // Chamado quando dados são recebidos em um dos tópicos
184
185 void funcRetorno(char* topic, byte* payload, unsigned int length)
186 {
187   char c;
188   //String msg;
189   //Serial.print("- MQTT Callback Topic: ");
190   //Serial.println(topic);
191
192   //obtem a string do payload recebido
193   for (int i = 0; i < length; i++)
194   {
195     c = (char)payload[i];
196     msg += c;
197   }
198 }
---
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A função `loop()` é responsável por repetir a sequência de comandos que estão dentro da função de forma infinita até que a energia do microcontrolador seja desligada. Para a programação dos estados utilizou-se a instrução 'switch' para tratar dos estados criados para execução dos ciclos. Switch é uma função de controle de fluxo que permite avaliar uma expressão e, com base no valor dessa expressão, executar diferentes blocos de código correspondentes a casos específicos.

Ela oferece uma maneira eficiente, limpa e legível de lidar com múltiplas condições de maneira mais organizada. Cada caso ('case') dentro da instrução 'switch' representa um valor possível para a expressão avaliada. Após cada bloco de código inclui-se a palavra-chave 'break' para evitar a execução dos blocos de código dos casos seguintes. A (Figura 63), mostra a inicialização da função `Nextion` para verificação de dados e rotina para saber se a tampa está aberta.

Figura 63 - Função void loop()

```

200 //*****
201 // --- Loop Infinito ---
202 void loop(){
203 //INFORMAÇÕES AO NEXTION TAMPA ABERTA:
204 myNex.NextionListen();//AVISO: Esta função deve ser chamada repetidamente para responder a eventos de toque
205 // do painel de toque Nextion. Na verdade, você deve colocá-lo na sua função de loop.
206 if (ESTADOTAMPA()== false && ESTADO!=TAMPA){
207     ANTERIOR = ESTADO;
208     ESTADO = TAMPA;
209     myNex.writeNum("Alto.val", NIVEL_ALTO);
210     myNex.writeNum("Medio.val", NIVEL_MEDIO);
211     myNex.writeNum("Baixo.val", NIVEL_BAIKO);
212     //TEMPOFINAL = (millis() - TEMPO);
213 }

```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Dentro de cada 'case' foi utilizada a instrução 'if-else' que avalia uma expressão booleana. Se a expressão for verdadeira (avaliada como 'true'), o bloco de código associado ao 'if' é executado. Se for falsa (avaliada como 'false'), o bloco de código associado ao 'else' é executado, como mostrado na (Figura 64). Apenas será demonstrado alguns cases do algoritmo para exemplificar a metodologia implementada. O código completo está no (ANEXO I).

Figura 64 - Função Switch segurança da tampa

```

214
215     switch(ESTADO){
216 //*****
217     case TAMPA:
218         digitalWrite(out1, LOW);
219         digitalWrite(out2, LOW);
220         digitalWrite(out3, LOW);
221         digitalWrite(out4, LOW);
222         digitalWrite(out5, LOW);
223         digitalWrite(out6, LOW);
224         myNex.writeNum("c0.bco", 65535);//TAMPA ABERTA
225         myNex.writeNum("c1.bco", 65535);//NIVEL BAIXO
226         myNex.writeNum("c2.bco", 65535);//NIVEL MEDIO
227         myNex.writeNum("c3.bco", 65535);//NIVEL ALTO
228         myNex.writeNum("c4.bco", 65535);//ELETROV AGUA
229         myNex.writeNum("c5.bco", 65535);//ELETROV AMACIANTE
230         myNex.writeNum("c6.bco", 65535);//ELETROBOMBA
231         myNex.writeNum("c6.bco", 65535);//ELETROBOMBA
232         myNex.writeNum("c7.bco", 65535);//FIM CURSO ATUADOR
233         myNex.writeNum("c8.bco", 65535);//MOTOR HORARIO
234         myNex.writeNum("c9.bco", 65535);//MOTOR ANT HORARIO
235         myNex.writeStr("ESTADO.txt", "T ABERTA");
236         myNex.writeNum("Alto.val", NIVEL_ALTO);
237         myNex.writeNum("Medio.val", NIVEL_MEDIO);
238         myNex.writeNum("Baixo.val", NIVEL_BAIXO);
239
240     if(ESTADOTAMPA()){
241         TEMPO = millis() + TEMPOINICIAL;
242         myNex.writeNum("Alto.val", NIVEL_ALTO);
243         myNex.writeNum("Medio.val", NIVEL_MEDIO);
244         myNex.writeNum("Baixo.val", NIVEL_BAIXO);
245         myNex.writeNum("Tempo.val", TEMPO);
246         myNex.writeNum("c0.bco", 2016);//TAMPA FECHADA
247         myNex.writeStr("ESTADO.txt", "T FECHADA");
248         ESTADO = ANTERIOR;
249     }
250 //*****
251     case PROGRAMACAO:
252         myNex.writeStr("ESTADO.txt", "PROGRAMACAO");
253
254     if ((START==1) && (ESTADOTAMPA())){
255         myNex.writeNum("Tempo.val", TEMPO);
256         ESTADO=ENCHER;
257         //TEMPO = millis();
258     }else if ((START==0) && (ESTADOTAMPA())){
259         digitalWrite(out1, LOW);
260         digitalWrite(out2, LOW);
261         digitalWrite(out3, LOW);
262         digitalWrite(out4, LOW);
263         digitalWrite(out5, LOW);
264         digitalWrite(out6, LOW);
265     }
266     break;
267 //*****

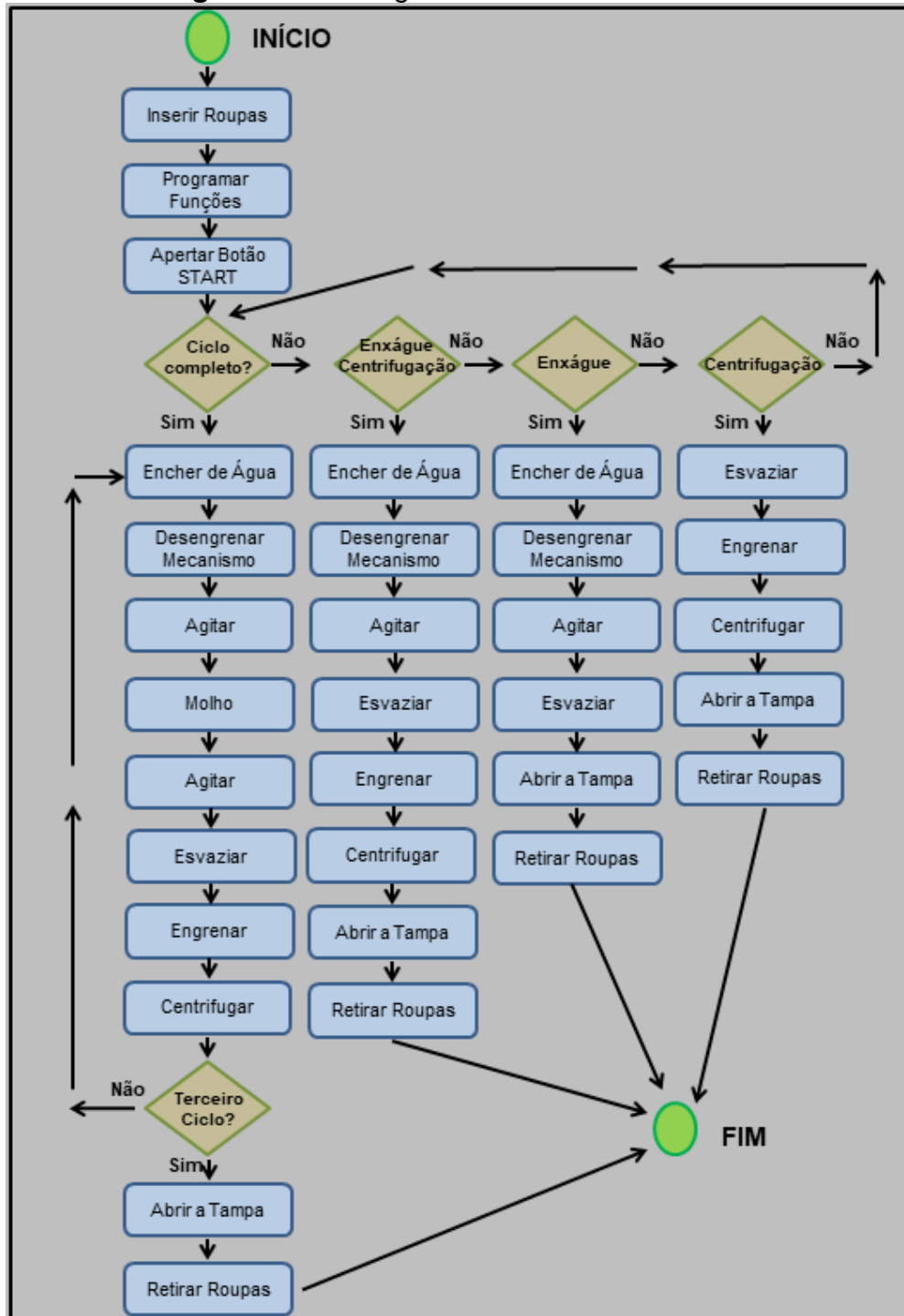
```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O código de programação, descrito no ANEXO I, foi construído conforme fluxograma de ciclo de trabalho (Figura 65) e funcionou adequadamente todas as funções de ciclo.

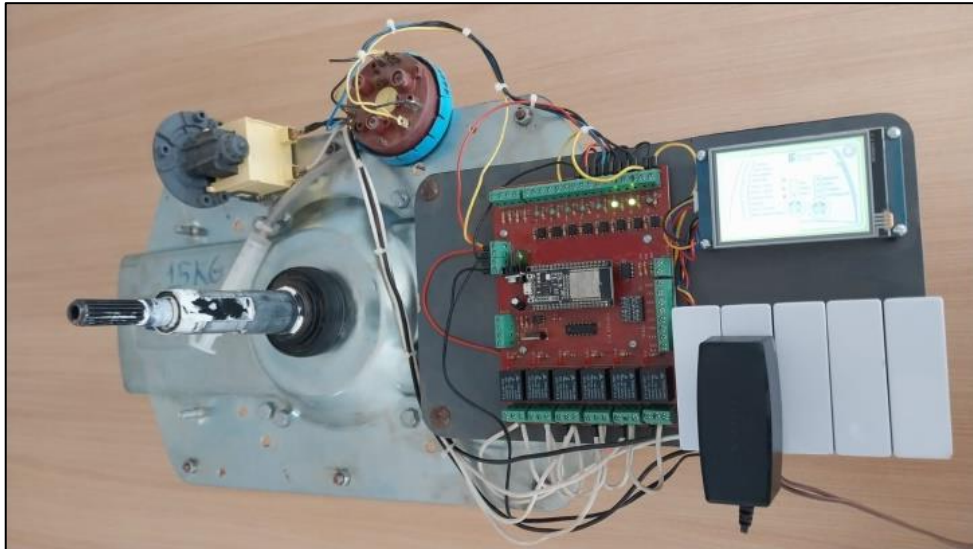
Figura 65 - Fluxograma do Ciclo de Trabalho



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Como resultado final o projeto construído (Figura 66) funcionou perfeitamente todas as funções programadas e obteve ótimos resultados e também uma divergência.

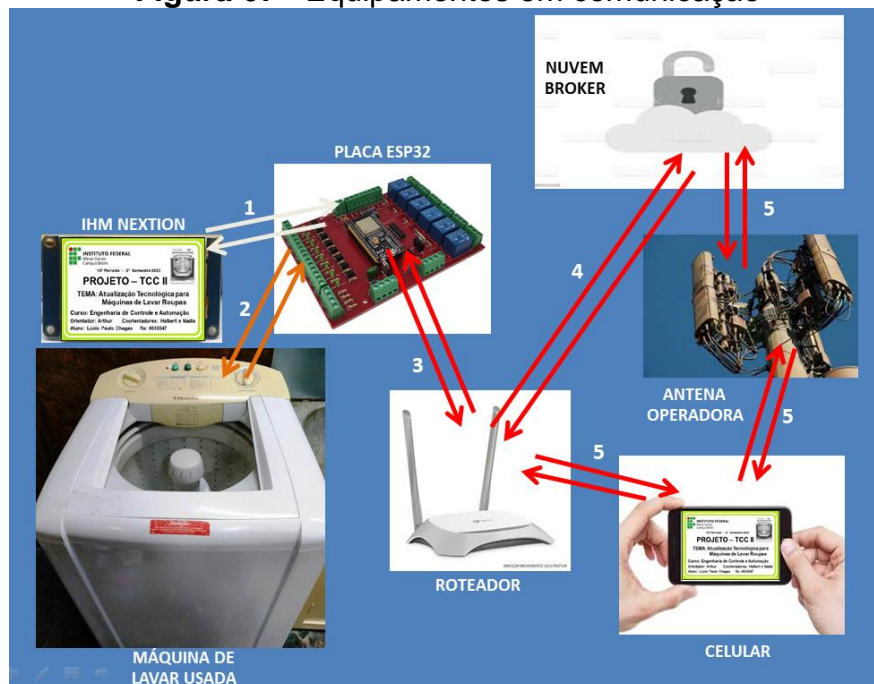
Figura 66 – Protótipo Eletroeletrônico



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A comunicação entre os dispositivos e o servidor broker correspondeu perfeitamente conforme (Figura 67), todos os componentes foram acionados e sinalizados conforme o ciclo de trabalho estabelecido.

Figura 67 - Equipamentos em comunicação



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A única divergência que ocorreu foi o acionamento do ciclo pelo aplicativo. Por problemas de segurança a função foi desabilitada para não correr o risco de acionamento à distância sem o prévio monitoramento. Portanto, o aplicativo apenas monitora os ciclos de trabalho da máquina de lavar.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste projeto foi apresentado um estudo sobre vários assuntos que envolvem na contribuição para as mudanças e melhorias para alcançarmos os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável de 2030.

Com a construção do protótipo, o retrofit e a remanufatura nas máquinas de lavar roupas de várias marcas e modelos com vários anos de uso, possibilita a inserção da inovação tecnológica como a internet das coisas, nestas máquinas fazendo com que elas se mantenham no mercado, prolongando sua vida útil.

Com isso as vantagens são inúmeras tais como: diminuição dos resíduos gerados para descarte, pessoas sem poder aquisitivo podem adquirir estas máquinas reformadas a um preço menor, diminuição de insumos para novos produtos, redirecionamento das pessoas na utilização do tempo que gastaria para executar a atividade de lavar roupas manualmente para outras atividades - como um trabalho remunerado e à educação.

Então conclui-se que, com a inserção de novas tecnologias os produtos ficam mais inteligentes, algoritmos específicos conseguem capturar informações para os fabricantes dados para desenvolverem produtos mais eficientes alcançando a satisfação de seus clientes.

Para proposta de continuidade do trabalho:

- Melhorar os ciclos e adicionar diversos tipos de lavagem;
- Autoteste para os componentes da máquina de lavar;
- Inserção de algoritmo para monitoramento de vibração do motor elétrico para o estudo de desgaste dos rolamentos;
- Inserção de algoritmo para sinalização de áudio para cada ciclo, contemplação para pessoas com dificuldades;
- Inserção de algoritmo para programação de nível automático de água, uma malha de controle referenciada pela quantidade de roupa, velocidade de giro do tambor e corrente do motor;

- Inserção de algoritmo para captação de dados para monitoramento em banco de dados, tais como: número de ciclos, tipos de lavagem, horas trabalhadas, falhas, etc.

REFERÊNCIAS

ABRAÃO, J. **Metodologia em Ergonomia**: Ergonomia, Modelo, Métodos e Técnicas. Segundo Congresso Latino Americano e Sexto Seminário Brasileiro de Ergonomia. 1993. Universidade de Brasília. Brasília. 25p.

ARAÚJO, José David de. **Inovação nos ODS**: A inovação como fator histórico de progresso) Cadernos da Escola Paulista de Contas Públicas 2 Sem. 2018. Disponível em: <https://www.tce.sp.gov.br/epcp/cadernos-/index.php/CM/article/view/54/49>. Acesso em: 08 fev. 2023.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. **The Internet of Things**: a survey. Comput. Netw., New York, NY, USA, v.54, n.15, p.2787–2805, 2010.

BASTIEN, J. C.; SCAPIN, D. L. **Critérios Ergonômicos para Avaliação de Interfaces Homem-Computador**. Labiutil. 1993.

BETIOL, A. H. Avaliação de usabilidade para os computadores de mão: um estudo comparativo entre três abordagens para ensaios de interação. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 210 p.

BIFANO, A. C. S. **Estudo da Prática Situada**: Uma Contribuição Metodológica para Avaliação e Concepção de Produtos. Belo Horizonte. 1999.157p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). UFMG. CAMAROTTO, J.A. Estudo Comparativo de Autores.

CHAPANIS, A. **Human factors in systems engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1996.

FOGG, B. J. **Persuasive Technology**: Using Computers to Change What We Think and Do. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2003.

GIUSTO, D. **The Internet of Things** - 20th Tyrrhenian Workshop on Digital Communications. Springer, 2010.

GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia**: Adaptando o trabalho ao Homem. 4º edição. Porto Alegre: Bookman.1998. 338p.

INSAURRIAGA, Eduardo. **O futuro da persuasão móvel**: um estudo sobre aplicativos de condicionamento físico. Rio de Janeiro, 2012. 185p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Artes & Design, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

JORDAN, P. W. **An introduction to usability**. London: Taylor & Francis, 1998.

LIDA, I.; GUIMARÃES, L.B.M. **Ergonomia**: Projeto e Produção.3.ed. São Paulo: Blucher, 2016.

MÉSZÁROS, I. Produção destrutiva e Estado capitalista. SP: Ensaio, 1989.

MORAES, A.; MELO, C.N.V.; GOMMA, H.S. **Ergonomia e Usabilidade**: um enfoque heurístico sobre manuais de instrução de dois produtos domésticos. 5º Ergodesign, Rio de Janeiro, 2005. WISNER, A. Textos Escolhidos, antropotecnologia. Rio de Janeiro, Ed. Virtual Científica, 2004.

PARLAMENTO EUROPEU. REEE. Diretiva 2002/96/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 27 de janeiro de 2003: relativa aos resíduos de equipamentos elétricos e eletrônicos, 2003b. Disponível em: <<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:037:0024:0038:PT:PDF>>. Acesso em: 08 fev. 2023.

ROCHA, Gustavo Henrique Tetzl. et al. Diagnóstico da Geração de Resíduos Eletroeletrônicos do Estado de Minas Gerais. Swiss Federal Laboratories for Material Testing and Research (EMPA) e Fundação Estadual do Meio Ambiente de Minas de Gerais (FEAM), Belo Horizonte – MG, 2009. Disponível em: <http://ewasteguide.info/files/Rocha_2009_pt.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2023.

SLADE, G. **Made to break**: Technology and obsolescence in America. Harvard University Press, 2006.

VASQUES, R. A. **Design, cultura e sustentabilidade: um estudo sobre o uso compartilhado em lavanderias de edifícios residenciais em Curitiba-PR**. 2011. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Paraná.

WHIRLPOOL CORPORATION. **Automatic Washers**: Operation, Diagnosis, Servicing: Apostila. Benton Harbos: Whirlpool. 2002.

ANEXO I - CÓDIGO CICLO ÚNICO PARA MÁQUINA DE LAVAR

```

/*=====
CODIGO CICLO UNICO PARA MAQUINA DE LAVAR 01/09/2023

    ENTRADAS DIGITAIS                SAÍDAS

ENTRADA 1 => GPIO36 => FIM DE CURSO TAMPA          RELÉ 1 => GPIO4 => ELETROVÁLVULA ÁGUA + ALVEJANTE
ENTRADA 2 => GPIO39 => PRESSOSTATO DE NÍVEL MÍNIMO  RELÉ 2 => GPIO16 => ELETROVÁLVULA AMACIANTE
ENTRADA 3 => GPIO32 => PRESSOSTATO DE NÍVEL MÉDIO  RELÉ 3 => GPIO17 => ELETROBOMBA
ENTRADA 4 => GPIO33 => PRESSOSTATO DE NÍVEL MÁXIMO RELÉ 4 => GPIO18 => ATUADOR OU TERMOATUADOR
ENTRADA 5 => GPIO25 =>                               RELÉ 5 => GPIO19 => MOTOR HORÁRIO
ENTRADA 6 => GPIO26 =>                               RELÉ 6 => GPIO23 => MOTOR ANT HORÁRIO
ENTRADA 7 => GPIO27 =>
ENTRADA 8 => GPIO14 =>
===== */

#include <WiFi.h> // Inclusão da biblioteca para conexão via Wifi
#include <PubSubClient.h> // Inclusão da biblioteca para comunicação MQTT
#include "EasyNexLibrary.h" // Inclusão da biblioteca Nextion para comunicação serial

EasyNex myNex(Serial); // Cria um objeto da classe EasyNex com o nome < myNex >
                        // Define como parâmetro o Hardware Serial que você vai usar

// WiFi Connection set
const char* ssid = "ESP32";
const char* password = "1234567890";
const char* mqtt_server = "broker.hivemq.com";

#define out1 4 // RELÉ 1 => GPIO4 => ELETROVÁLVULA ÁGUA + ALVEJANTE
#define out2 16 // RELÉ 2 => GPIO16 => ELETROVÁLVULA AMACIANTE
#define out3 17 // RELÉ 3 => GPIO17 => ELETROBOMBA
#define out4 18 // RELÉ 4 => GPIO18 => ATUADOR OU TERMOATUADOR
#define out5 19 // RELÉ 5 => GPIO19 => MOTOR HORÁRIO
#define out6 23 // RELÉ 6 => GPIO23 => MOTOR ANT HORÁRIO

#define in1 36 // ENTRADA 1 => GPIO36 => FIM DE CURSO TAMPA
#define in2 39 // ENTRADA 2 => GPIO39 => PRESSOSTATO DE NÍVEL MÍNIMO
#define in3 32 // ENTRADA 3 => GPIO32 => PRESSOSTATO DE NÍVEL MÉDIO
#define in4 33 // ENTRADA 4 => GPIO33 => PRESSOSTATO DE NÍVEL MÁXIMO
#define in5 25 // ENTRADA 5 => GPIO25 => FIM DE CURSO DO ATUADOR

/* Definição das variáveis */
unsigned long TEMPO=0;
unsigned long TEMPOINICIAL=0;
unsigned long TEMPOFINAL=0;
int ANTERIOR;
int ESTADO;
int NIVEL_ALTO,NIVEL_MEDIO,NIVEL_BAIXO;
int START;
//+++++
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
unsigned long lastMsg = 0;
#define MSG_BUFFER_SIZE (50)
char msg[MSG_BUFFER_SIZE];
int value = 0;
void setup_wifi() {
  delay(10);
  // Começamos conectando-nos a uma rede WIFI
  //Serial.println();
  //Serial.print("Connecting to ");
  //Serial.println(ssid);
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
  }
  randomSeed(micros());
}
void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  //Serial.print("Message arrived [");
  //Serial.print(topic);
  //Serial.print("] ");
  for (int i = 0; i < length; i++) {
    //Serial.print((char)payload[i]);
  }
  // Serial.println();
}
void reconnect() {
  // Loop até estarmos reconectados

```

```

while (!client.connected()) {
  //Serial.print("Tentando conexão MQTT...");
  // Create a random client ID
  String clientId = "ESP32Client-";
  clientId += String(random(0xffff), HEX);
  // Attempt to connect
  if (client.connect(clientId.c_str())) {
    //Serial.println("connected");
    // Uma vez conectado, publique um anúncio..
    //client.publish("/MAQUINA01/TAMPA", "1");
    // ... e inscreva-se novamente
    client.subscribe("/MAQUINA01/TAMPA");
  } else {
    //Serial.print("failed, rc=");
    //Serial.print(client.state());
    //Serial.println(" try again in 5 seconds");
    // Wait 5 seconds before retrying
    delay(5000);
  }
}
}

//+++++
// --- Configurações Iniciais ---
enum ESTADO_EN (TAMPA,PROGRAMACAO,DESENGRENAR,ENCHER,AGITAR,MOLHO,ESVAZIAR,ENXAGUAR,ENGRENAR,CENTRIFUGAR,FIM);

void setup()
{
  myNex.begin(9600);
  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, 1883);
  client.setCallback(callback);

  pinMode(in1, INPUT);
  pinMode(in2, INPUT);
  pinMode(in3, INPUT);
  pinMode(in4, INPUT);
  pinMode(in5, INPUT);

  pinMode(out1, OUTPUT);
  pinMode(out2, OUTPUT);
  pinMode(out3, OUTPUT);
  pinMode(out4, OUTPUT);
  pinMode(out5, OUTPUT);
  pinMode(out6, OUTPUT);

  digitalWrite(out1, LOW);
  digitalWrite(out2, LOW);
  digitalWrite(out3, LOW);
  digitalWrite(out4, LOW);
  digitalWrite(out5, LOW);
  digitalWrite(out6, LOW);

  ESTADO = PROGRAMACAO;
}

bool ESTADOTAMPA(){
  if(digitalRead(in1) == HIGH){
    snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "1", value);
    client.publish("/MAQUINA01/TAMPA", msg);
    return true;
  }else{
    snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
    client.publish("/MAQUINA01/TAMPA", msg);
    return false;
  }
}

bool PRESSOSTATOMINIMO(){
  if(digitalRead(in2) == HIGH){
    myNex.writeNum("c1.bco", 2016); //NIVEL BAIXO
    snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "1", value);
    client.publish("/MAQUINA01/NBAIXO", msg);
    return true;
  }else{
    myNex.writeNum("c1.bco", 65535); //NIVEL BAIXO
    snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
    client.publish("/MAQUINA01/NBAIXO", msg);
    return false;
  }
}

bool PRESSOSTATOMEDIO(){
  if(digitalRead(in3) == HIGH){

```

```

myNex.writeNum("c2.bco", 2016); //NIVEL BAIXO
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "1", value);
client.publish("/MAQUINA01/NMEDIO", msg);
return true;
}else{
myNex.writeNum("c2.bco", 65535); //NIVEL BAIXO
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/NMEDIO", msg);
return false;
}
}
bool PRESSOSTATOMAXIMO(){
if(digitalRead(in4) == HIGH){
myNex.writeNum("c3.bco", 2016); //NIVEL BAIXO
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "1", value);
client.publish("/MAQUINA01/NALTO", msg);
return true;
}else{
myNex.writeNum("c3.bco", 65535); //NIVEL BAIXO
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/NALTO", msg);
return false;
}
}
bool FIMCURSOATUADOR(){
if(digitalRead(in5) == HIGH){
myNex.writeNum("c7.bco", 2016); //NIVEL BAIXO
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "1", value);
client.publish("/MAQUINA01/ATUADOR", msg);
return true;
}else{
myNex.writeNum("c7.bco", 65535); //NIVEL BAIXO
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/ATUADOR", msg);
return false;
}
}
//*****
// --- Loop Infinito ---
void loop(){
if (!client.connected()) {
reconnect();
}
client.loop();
//INFORMAÇÕES AO NEXTION TAMPA ABERTA:
myNex.NextionListen(); //AVISO: Esta função deve ser chamada repetidamente para responder a eventos de toque
// do painel de toque Nextion. Na verdade, você deve colocá-lo na sua função de loop.
if (ESTADOTAMPA()== false && ESTADO!=TAMPA){
ANTERIOR = ESTADO;
ESTADO = TAMPA;
myNex.writeNum("Alto.val", NIVEL_ALTO);
myNex.writeNum("Medio.val", NIVEL_MEDIO);
myNex.writeNum("Baixo.val", NIVEL_BAIXO);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/TAMPA", msg);
//TEMPOFINAL = (millis() - TEMPO);
}
switch(ESTADO){
//*****
case TAMPA:
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/TAMPA", msg);
digitalWrite(out1, LOW);
//snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
//client.publish("/MAQUINA01/ELETROVAGUA", msg);
digitalWrite(out2, LOW);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/ELETROVAMACIANTE", msg);
digitalWrite(out3, LOW);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/ELETROBOMBA", msg);
digitalWrite(out4, LOW);
digitalWrite(out5, LOW);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/MOTORHORARIO", msg);
digitalWrite(out6, LOW);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/MOTORANTIHORARIO", msg);
myNex.writeNum("c0.bco", 65535); //TAMPA ABERTA
myNex.writeNum("c1.bco", 65535); //NIVEL BAIXO
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);

```



```

myNex.writeNum("c6.bco", 2016);//ELETROBOMBA
digitalWrite(out4, HIGH);
ESTADO = ENGRENAR;
}
break;
//*****
case ENGRENAR:
myNex.writeStr("ESTADO.txt", "ENGRENAR");
if ((PRESSOSTATOMINIMO()!=false)&&(PRESSOSTATOMEDIO()!=false)&&(PRESSOSTATOMAXIMO()!=false)) {
digitalWrite(out3, HIGH);
myNex.writeNum("c6.bco", 2016);//ELETROBOMBA
digitalWrite(out4, HIGH);
if(FIMCURSOATUADOR()==true){
myNex.writeNum("c7.bco", 2016);//FIM CURSO ATUADOR
digitalWrite(out5, HIGH);
digitalWrite(out6, LOW);
delay(40);
digitalWrite(out5, LOW);
digitalWrite(out6, LOW);
delay(100);
digitalWrite(out5, LOW);
digitalWrite(out6, HIGH);
delay(40);
digitalWrite(out5, LOW);
digitalWrite(out6, LOW);
delay(100);
digitalWrite(out5, HIGH);
digitalWrite(out6, LOW);
delay(40);
digitalWrite(out5, LOW);
digitalWrite(out6, LOW);
delay(100);
digitalWrite(out5, LOW);
digitalWrite(out6, HIGH);
delay(40);
digitalWrite(out5, LOW);
digitalWrite(out6, LOW);
delay(5000);
ESTADO = CENTRIFUGAR;
TEMPO=millis();
}
}
//*****
case CENTRIFUGAR:
myNex.writeStr("ESTADO.txt", "CENTRIFUGAR");
myNex.writeNum("Tempo.val",millis());
digitalWrite(out3, HIGH);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "1", value);
client.publish("/MAQUINA01/ELETROBOMBA", msg);
myNex.writeNum("c6.bco", 2016);//ELETROBOMBA
digitalWrite(out4, HIGH);
myNex.writeNum("c7.bco", 2016);//FIM CURSO ATUADOR
digitalWrite(out5, HIGH);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "1", value);
client.publish("/MAQUINA01/MOTORHORARIO", msg);
myNex.writeNum("c8.bco", 2016);//MOTOR HORARIO
digitalWrite(out6, LOW);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/MOTORANTHORARIO", msg);
myNex.writeNum("c9.bco", 65535);//MOTOR ANT HORARIO
if((millis() - TEMPO > 30000)){
myNex.writeNum("c8.bco", 65535);//MOTOR HORARIO
ESTADO = FIM;
TEMPO=millis();
}
break;
//*****
case FIM:
myNex.writeStr("ESTADO.txt", "FIM");
myNex.writeNum("Tempo.val",millis());

digitalWrite(out1, LOW);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/ELETROVAGUA", msg);
digitalWrite(out2, LOW);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/ELETROVAMACIANTE", msg);
digitalWrite(out3, LOW);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/ELETROBOMBA", msg);
digitalWrite(out4, LOW);

```

```

digitalWrite(out5, LOW);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/MOTORHORARIO", msg);
digitalWrite(out6, LOW);
snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
client.publish("/MAQUINA01/MOTORANTIHORARIO", msg);

myNex.writeNum("c4.bco", 65535);//ELETROV AGUA
myNex.writeNum("c5.bco", 65535);//ELETROV AMACIANTE
myNex.writeNum("c6.bco", 65535);//ELETROBOMBA
myNex.writeNum("c7.bco", 65535);//FIM CURSO ATUADOR
myNex.writeNum("c8.bco", 65535);//MOTOR HORARIO
myNex.writeNum("c9.bco", 65535);//MOTOR ANT HORARIO

if((millis() - TEMPO > 120000)){

    ESTADO = ENCHER;
}
break;
}
}
//*****
// BOTÃO START IHM NEXTION
void trigger1(){ //bt0 - ON
    START=1;
    snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "1", value);
    client.publish("/MAQUINA01/START", msg);}
void trigger2(){ //bt0 - OFF
    START=0;
    snprintf (msg, MSG_BUFFER_SIZE, "0", value);
    client.publish("/MAQUINA01/START", msg);}
//*****
// NÍVEL ALTO IHM NEXTION
void trigger3(){ //NÍVEL ALTO - ON
    NIVEL_ALTO=1;}
void trigger4(){ //NÍVEL ALTO - OFF
    NIVEL_ALTO=0;}
//*****
// NÍVEL MÉDIO IHM NEXTION
void trigger5(){ //NÍVEL MÉDIO - ON
    NIVEL_MEDIO=1;}
void trigger6(){ //NÍVEL MÉDIO - OFF
    NIVEL_MEDIO=0;}
//*****
// NÍVEL BAIXO IHM NEXTION
void trigger7(){ //NÍVEL BAIXO - ON
    NIVEL_BAIXO=1;}
//*****
void trigger8(){ //NÍVEL BAIXO - OFF
    NIVEL_BAIXO=0;}
//*****

```