

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE
TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL



JOSÉ LÉLES SOARES ALVES

**INTEGRAÇÃO DE HARDWARE E SOFTWARE EM UM SISTEMA
AUTOMATIZADO PARA ARRECADAR DOAÇÕES**

Cajazeiras
2020

JOSÉ LÉLES SOARES ALVES

**INTEGRAÇÃO DE HARDWARE E SOFTWARE EM UM SISTEMA
AUTOMATIZADO PARA ARRECADAR DOAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Tecnologia em
Automação Industrial do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba,
como parte dos requisitos para a obtenção do
grau de Tecnólogo em Automação Industrial

Orientador: Prof. Me. George Candeia de
Sousa Medeiros

Coorientador: Profa. Me. Érika Spencer de
Albuquerque

Cajazeiras

2020

Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Daniel Andrade CRB-15/593

A474i

Alves, José Léles Soares

Integração de hardware e software em um sistema automatizado para arrecadar doações / José Léles Soares Alves; orientador George Candeia de Sousa Medeiros; coorientadora Érika Spencer de Albuquerque.- 2020.
88f.: il.

Orientador: George Candeia de Sousa Medeiros.
TCC (Tecnólogo em Automação Industrial) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2020.

1. Sistemas automatizados 2. Hardware 3. Software 4. Sistema de validação monetária 5. Sistema de recebimento não-monetário 6. Sistema dispensador de brindes I. Título

681.5:004(0.067)

JOSÉ LÉLES SOARES ALVES

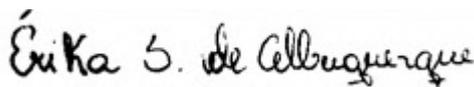
**INTEGRAÇÃO DE HARDWARE E SOFTWARE EM UM SISTEMA
AUTOMATIZADO PARA ARRECADAR DOAÇÕES**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Coordenação do Curso de Tecnologia em
Automação Industrial do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, como
parte dos requisitos para a obtenção do grau de
Tecnólogo em Automação Industrial

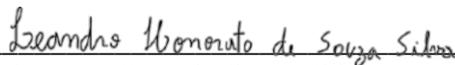
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. George Candeia de Sousa Medeiros - (Orientador)
Unidade Acadêmica de Informática do IFPB.



Profa. Me. Érika Spencer de Albuquerque - (Coorientador)
Unidade Acadêmica de Indústria do IFPB.



Prof. Me. Leandro Honorato de Souza Silva - (Avaliador Interno)
Unidade Acadêmica de Indústria do IFPB.



Prof. Gustavo Soares Vieira - (Avaliador Externo)
Unidade Acadêmica de Informática do IFPB

Cajazeiras, 18 de dezembro de 2020

“E precisamos todos rejuvenescer.”

(Belchior)

DEDICATÓRIA

Esse trabalho é dedicado em especial a minha mãe, Eunides Soares, que sempre manteve e trabalhou para realizar o sonho de ter um filho formado, dando o apoio financeiro, broncas, e os incentivos necessários.

AGRADECIMENTOS

Não posso começar os agradecimentos sem citar a importância da minha mãe, Eunides Soares, tanto para a contribuição desse trabalho quanto para todos os anteriores, seu auxílio e sua paciência foram e continuam sendo fundamentais para meu desenvolvimento, tive a sorte de ter uma mãe, que, por mais que não seja da área da tecnologia, é uma incentivadora dedicada. Um agradecimento honroso é direcionado a minha namorada Aline Mateus, sendo a minha maior apoiadora no cotidiano, na vida profissional que estou construindo, o cumprimento de minhas atividades e principalmente pela paciência e amorosidade, que não é pouca, quando o assunto sou eu.

Como não agradecer também ao IFPB (Instituto Federal da Paraíba) *Campus Cajazeiras* e seu corpo de colaboradores? O IFPB carrega um arquétipo colaborativo e maternal, em outras palavras, como gostamos de dizer, **O IF É UMA MÃE**. Muito se deve a sua estrutura arborizada, bem cuidada, suas instalações e laboratórios, mas principalmente aos excelentes profissionais, que fazem com que uma Instituição Federal pareça um lar. Esses profissionais tem características muito peculiares, e que quando observadas de perto explicam o que torna o IFPB um ambiente tão acolhedor, eles são ótimos no que fazem, dedicados, dispostos e gentis. Deixo aqui meus agradecimentos ao Prof. Me. George Candeia de Sousa e Medeiros que, não bastasse ser um excelente profissional na arte de ensinar, incentivar os alunos e ter uma das melhores didáticas que já vi, tem ainda um conhecimento invejável em desenvolvimento e gerenciamento de projetos. É uma pessoa a quem tenho muito apreço e que devo muita gratidão por todo auxílio, gentileza e atenção prestados.

Outra profissional brilhante a quem tenho muito apreço e gratidão é a Profa. Me. Érika Spencer de Albuquerque, que em pouco tempo de atuação no Campus Cajazeiras fez a diferença para muitos discentes, por sua simpatia, domínio de conteúdo, disposição e entusiasmo para a ajuda e desenvolvimento de projetos. Tive a honra de tê-la como coordenadora do projeto que viabilizou esse trabalho.

Agradeço também aos meus colegas de curso, que me auxiliaram nas avaliações, trabalhos, em dúvidas com o conteúdo, por todas as caronas e pela parceria. Desejo a estes todo o sucesso que almejam.

E correndo o risco de soar esnobe, devo muita gratidão a mim mesmo, pelas inúmeras, longas e cansativas caminhadas de minha casa até o IFPB, por ter colocado a educação como

prioridade, por não ter desistido diante das dificuldades e por ter me permitido mudar, para que esse trabalho se torna-se realidade.

RESUMO

O trabalho se concentra em realizar a integração de hardware e software dos sistemas que compõem um módulo arrecadador (dispositivo que recebe e armazena diversos tipos de donativos). Motivado pela automatização de um módulo arrecadador, através do desenvolvimento de hardware e software necessário, o trabalho se desloca abordando o que será integrado, como deve funcionar e como se deu a integração. Os objetos a serem integrados são os sistemas que compõem o projeto, sendo quatro: o sistema de navegação, o sistema de recebimento não-monetário, o sistema dispensador de brindes e o sistema de validação monetária. Todos os sistemas foram desenvolvidos individualmente em um projeto de extensão anterior a este trabalho e cada um tem uma função especializada. Sobre a conclusão do trabalho, se aferiu que, embora a integração não tenha acontecido de forma completa, o resultado, no entanto se mostrou satisfatório diante das limitações de acesso aos laboratórios do Campus, devido o quadro de pandemia do novo Coronavírus.

Palavras-Chave: Sistema de navegação. Sistema de recebimento não-monetário. Sistema dispensador de brindes. Sistema de validação monetária. Integração.

ABSTRACT

The research focuses on performing the hardware and software integration of the systems that make up a collection module (device that receives and stores various types of donations). Motivated by the automation of a collection module, through the development of the necessary hardware and software, the work moves addressing what will be integrated, how it should work and how the integration took place. The objects to be integrated are the systems that compose the project, being four: the navigation system, the non-monetary receiving system, the gift dispenser system and the monetary validation system. All systems were developed individually in an extension project prior to this work and each has a specialized function. About the conclusion of the research, it was measured that, although the integration did not happen in a complete way, the result, however, was satisfactory in face of the limitations of access to the laboratories of the Campus, due to the picture of pandemic of the new Coronavirus.

Keywords: Navigation system. Non-monetary receiving system. Gift dispenser system. Monetary validation system. Integration.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Comparação entre computador pessoal e sistemas embarcados.....	20
Figura 2 - Exemplificação de sistemas embarcados.....	22
Figura 3 - Padrão UART.....	24
Figura 4 - Funcionamento de sensores ópticos difusos.....	25
Figura 5 - Constituição de um sensor indutivo.....	26
Figura 6 - Motor de passo.....	28
Figura 7 – Servo motor para aeromodelismo.....	29
Figura 8 - Esquemático de relé.....	30
Figura 9 - Processo de impressão 3D.....	33
Figura 10 - Impressora 3D FDM e modelo impresso.....	33
Figura 11 - Impressora 3D FDM e modelo impresso.....	34
Figura 12 - PCI virgem simples.....	35
Figura 13 - Varredura de tela na tecnologia VGA.....	37
Figura 14 - Integração geral.....	39
Figura 15 - Gabinete e alocação dos sistemas.....	40
Figura 16 - Sistema de navegação.....	41
Figura 17 - Circuito VGA.....	42
Figura 18 - Sistema de recebimento não-monetário.....	43
Figura 19 - Recebimento de donativos pelas rampas de doação.....	44
Figura 20 - Sistema dispensador de brindes.....	45
Figura 21 - Sistema de validação monetária.....	46
Figura 22 - Esquemático do circuito de comunicação para os componentes do sistema de validação monetária.....	48
Figura 23 - Circuito de integração entre os microcontroladores do projeto.....	49
Figura 24 - Montagem do circuito de integração entre sistemas embarcados.....	50
Figura 25 - Representação 3D do circuito usinado e montado.....	50
Figura 26 - Representação 3D do circuito usinado e montado.....	51
Figura 27 - Circuito acoplador para circuito de integração entre sistemas embarcados.....	51
Figura 28 - Suporte para fixação das placas de integração.....	52
Figura 29 - Fluxograma geral de funcionamento.....	53
Figura 30 - Processo 1.....	54
Figura 31 - Processo 2.....	56

Figura 32 - Tela para seleção das funções.....	57
Figura 33 - Etapa 2.....	58
Figura 34 - Funções e integração entre seus respectivos sistemas.....	59
Figura 35 - Processo geral de quantificação.....	61
Figura 36 - Tela padrão de cada função.....	62
Figura 37 - Subprocesso geral de finalização.....	63
Figura 38 - Estágios de comunicação.....	64
Figura 39 - Envio de caracteres.....	65
Figura 40 - Tela para seleção das funções.....	66
Figura 41 - Fluxograma geral de funcionamento.....	67
Figura 42 - Comunicação serial da etapa 1.....	68
Figura 43 - Debug da etapa 1.....	68
Figura 44 - Debug da etapa 2.....	69
Figura 45 - Comunicação serial da etapa 2.....	69
Figura 46 - Decodificação da comunicação serial da etapa 2.....	70
Figura 47 - Debug de quantificação da etapa 3.....	72
Figura 48 - Debug de finalização da etapa 3.....	73
Figura 49 - Debug completo da situação (2).....	74
Figura 50 - Foto da montagem de integração dos sistemas embarcados.....	84
Figura 51- Integração dos sistemas disponíveis.....	85
Figura 52 - Funcionamento do sistema de recebimento não-monetário.....	86
Figura 53 - Montagem do gabinete.....	87

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracteres de quantificação de cada função

82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Caracteres de inicialização	81
Quadro 2 - Caracteres de finalização	83

LISTA DE ABREVIATURAS

ASCII - *American Standard Code for Information Interchang*

CAD - Desenho Assistido por Computador

CLP - Controlador Lógico Programável

CNC - Comando Numérico Computadorizado

FDM - Modelagem por fusão e deposição

GPIO - *General Purpose Input/Output*

IoT - *Internet of Things*

LOM - Laminated Object Modelling

PCI - Placa de Circuito Impresso

PWM - Pulse Width Modulation ou Modulação por Largura de Pulso

RGB - *Red, Green and Blue* ou Vermelho, Verde e Azul

STL - *STereoLithography*

UART - *Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*

VGA - *Video Graphics Array* ou Padrão de Disposição Gráfica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	OBJETIVO GERAL	17
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	PROJETOS DE CAPTAÇÃO DE RECURSOS	18
2.2	SISTEMAS EMBARCADOS	19
2.2.1	Protocolos de comunicação para sistemas embarcados	23
2.3	SENSORES	24
2.3.1	Sensores ópticos	25
2.3.2	Sensores indutivos	26
2.4	ATUADORES	27
2.4.1	Motor de passo	28
2.4.2	Servo motores	29
2.4.3	Relé	29
2.5	TRANSDUTORES	30
2.6	PROTOTIPAGEM DE SISTEMAS	31
2.6.1	Modelagem e confecção por tecnologias 3D	31
2.6.2	Confecção de placas de circuito impresso	35
2.7	TECNOLOGIA VGA	36
3.	MÉTODOS, TÉCNICAS, INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	38
3.1	DETALHAMENTO DO ARRECADADOR DE DOAÇÕES	38
3.1.1	Sistema de navegação	40
3.1.2	Sistema de recebimento não-monetário	42
3.1.3	Sistema dispensador de brindes	44
3.1.4	Sistema de validação monetária	46

3.2	DESENVOLVIMENTO DA INTEGRAÇÃO.....	47
3.2.1	Integração de hardware	47
3.2.2	Prototipagem de placas de circuito impresso e suportes de fixação.....	51
3.2.3	Software de integração	52
3.2.4	Protocolo de comunicação	64
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	65
4.1	DESCRIÇÃO DO CASO DE USO	66
4.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS DO CASO DE USO	67
4.2.1	Etapa 1.....	67
4.2.2	Etapa 2.....	69
4.2.3	Etapa 3.....	71
4.3	SOBRE OS RESULTADOS	74
5	CONCLUSÃO	76
	REFERÊNCIAS	78
	APÊNDICES.....	81
	APÊNDICE A – Caracteres de inicialização	81
	APÊNDICE B – Caracteres de quantificação de cada função	82
	APÊNDICE C – Caracteres de finalização	83
	APÊNDICE D – Foto da montagem de integração dos sistemas embarcados.....	84
	APÊNDICE E – Foto da montagem da integração dos sistemas disponíveis.....	85
	APÊNDICE F – Foto do funcionamento do sistema de recebimento não-monetário.....	86
	APÊNDICE G – Fotos da montagem do gabinete.....	87

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país, que está entre as 10 nações que mais desperdiçam alimentos no mundo. Segundo dados das Nações Unidas, em 2013, 26,3 milhões de toneladas de alimentos disponíveis foram perdidos. Entre os principais alimentos perdidos estão: arroz, milho, tomate e cebola (ONU PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA, 2019).

São números alarmantes, que podem ser minimizados ou parcialmente erradicados com projetos humanitários que pratiquem a política do desenvolvimento consciente e sustentável. Segundo Blankenstien (2017), o pior impacto seja ele ambiental, social ou econômico de um produto é não ter serventia para ninguém.

Tendo em vista esses dados, o presente trabalho busca integrar hardware e software em um módulo arrecadador de doações, embasado nas plataformas de doações, que são projetos sociais que tentam minimizar o desperdício e ajudar as pessoas mais necessitadas no Brasil e no mundo. São acessadas mediante aplicativos gratuitos para celular (APP), sites, redes sociais entre outras formas, que tem como ponto comum a interação na qual os usuários podem contribuir e receber diversos donativos.

O módulo arrecadador de doações foi um projeto desenvolvido pelo edital nº 01/2019 - PROBEXC PROJETO do IFPB com o título de *Desenvolvimento e implementação de módulo de coleta de doações para causas sociais*, que se destina a ser um armazenador físico, aceitando doações em dinheiro, roupas, alimentos, interagindo com os doadores e retornando brindes. Por ofertar funcionalidades distintas, conta com sistemas específicos para cada execução, que foram desenvolvidos individualmente. A proposta parte da integração de hardware e software dos sistemas, uma vez que não foram integrados no decorrer do projeto, para atingir a finalidade de automatizar as funções de recebimento de donativos, dispensa de brindes e interação com o usuário. O projeto do arrecadador de doações se diferencia dos aplicativos e sites por se tratar de um armazenador físico para coleta de donativos, funcionando como um ponto para doações.

Por definição a integração trata-se de unir elementos iguais ou distintos num só conjunto, objetivando um fim específico, desta forma o presente trabalho se destina movimentar-se sob tal prisma, tendo os sistemas do módulo arrecadador de doações como objetos a serem integrados.

1.1 OBJETIVO GERAL

Integrar os sistemas que compõem o módulo arrecadador, desenvolvendo uma máquina capaz de receber diversos tipos de doações e dispensar brindes de forma automática.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Finalizar os sistemas do módulo arrecadador;
- Pesquisar e desenvolver circuitos de integração;
- Desenvolver softwares de controle e protocolo de comunicação;
- Planejar e executar os testes de integração.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo busca expor as ferramentas teóricas que fornecem o suporte para o desenvolvimento do trabalho. Busca, ao abordar tais conteúdos, aproximar o leitor de todo o referencial utilizado para a composição do projeto.

Com o objetivo de corroborar a viabilidade desse tipo de projeto, foi realizada uma pesquisa sobre projetos de captação de recursos, ativos atualmente, e que contribuem para a conceitualização do caráter do qual se destinam, bem como suas aplicações.

Durante o desenvolvimento do trabalho, foram utilizadas diversas tecnologias e dispositivos necessários para o funcionamento, que serão abordados a seguir para auxiliar o entendimento do leitor nos próximos conteúdos.

2.1 PROJETOS DE CAPTAÇÃO DE RECURSOS

A angariação de fundos pelas instituições filantrópicas e causas sociais representa em muitos casos a maior parte das verbas, mantimentos, materiais de higiene entre outros produtos essenciais ao seu funcionamento, desta forma foram e continuam sendo desenvolvidas empresas, softwares e dispositivos que auxiliam em tal logística. Empresas como a Angal Collecting Boxes and Devices Ltd com sede no Reino Unido que nos últimos 50 anos desenvolve produtos e serviços para facilitação de captação de recursos para instituições filantrópicas, oferecendo caixas para coleta, serviços de design e impressão personalizados, são exemplos deste tipo de iniciativa (ANGAL, [201-?]).

Soluções flexíveis que se utilizam de mais tecnologia estão ajudando cada vez mais a captação monetária para filantropos, como é o exemplo da empresa Dipjar, criada inicialmente para arrecadar gorjetas em cafeterias na cidade de Nova York. O Dipjar se mostrou muito promissor por apresentar um design amigável e permitir a doação através de cartão de crédito, de forma discreta e muito rápida. A solução consiste basicamente de uma máquina de cartão de crédito com design diferenciado, semelhante a um cofre, que pode ser fixado em locais estratégicos para doação. Por superar as expectativas de arrecadação, os criadores expandiram os locais de aplicação com o foco em instituições sem fins lucrativos contando atualmente com mais de 4000 clientes nos EUA. (DIPJAR, 2020).

Outra empresa que exemplifica o uso da tecnologia para a angariação de recursos financeiros é a Goodbox (GBX) que, semelhante a anterior, também apresenta um dispositivo para coleta de doações, porém, desta vez sem a necessidade de contato direto, bastando apenas aproximar o cartão de crédito ou mesmo um aparelho celular para realizar a doação. A utilização de uma GBX (caixa do bem – dispositivo para coleta) pode estimular um crescimento de arrecadação em até 64%. (GOODBOX, [201-?]).

Tendo em vista a crescente dificuldade que o avanço consumismo traz seja em termos de competitividade, impactos ambientais e escassez de recursos alinhados com os crescentes desafios que tais instituições sofrem por diversos empecilhos, como mudanças em políticas públicas, aumento da demanda, crises econômicas, pandemias entre outros, dispor de tecnologias para apoio de fundos pode se tornar essencial. Projetos como o *Partake the bread* (Partilhar o pão, sua tradução) um aplicativo para doações e contribuições de tudo que tem utilidades, como: alimentos, medicamentos, artigos infantis, produtos de beleza, brinquedos, eletrodomésticos, eletrônicos, itens esportivos, imóveis, instrumentos musicais, livros, móveis, revistas, roupas, utensílios, veículos, entre outros. Com objetivo de reaproveitar qualquer coisa útil, de forma geral, que tinha destinos nos aterros sanitários e lixões. É uma prática para reduzir o desperdício, e criar um mundo mais consciente e sustentável. As doações são baseadas na geolocalização dos anúncios dos doadores, podendo ser entre pessoas ou instituições. (PARTAKE THE BREAD, 2018).

Desta forma o desenvolvimento de tecnologias e projetos que objetivem a promoção e prática de uma cultura de solidariedade pode, em tempos de crise ou no decorrer das décadas, se tornar fundamental.

2.2 SISTEMAS EMBARCADOS

Os sistemas embarcados podem ser considerados os cérebros que controlam os projetos, pois atuam nas tomadas de decisões e comandam e/ou leem todos os componentes integrados. Neste projeto foram utilizados dois modelos distintos de sistemas embarcados que controlam e leem dispositivos bem como trocam dados entre si, realizando a integração entre os sistemas.

Os modelos usados foram o Arduino Mega 2560 e a ESP-32, são estes os sistemas embarcados que permitiram a integração e automação do projeto, mais a frente serão abordados.

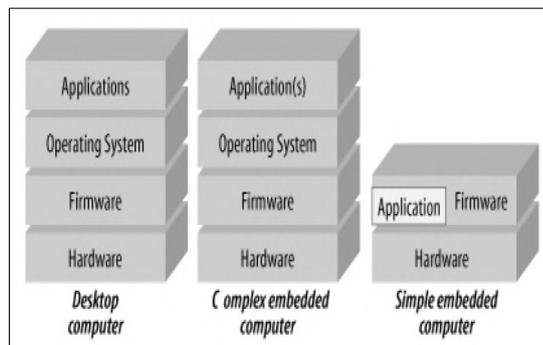
De acordo com Noergaard (2005), os sistemas embarcados são sistemas computacionais que funcionam em outros dispositivos, são específicos para a aplicação e por isso permitem otimizações que estão fora do alcance de sistemas de propósito geral.

Devido ao crescente desenvolvimento desta área em relação a aplicabilidades, preço e software, o título de sistemas embarcáveis aplica-se a uma gama cada vez maior de produtos. Porém, características em comum ainda podem ser destacadas, mesmo sendo um pouco imprecisas. Normalmente um sistema embarcado apresenta as seguintes características: apresentam um menor desempenho de hardware e software que os computadores pessoais (PCs); são mais utilizados para um fim específico; são projetados para cumprir altos requisitos de confiabilidade; possuem um tamanho e consumo reduzidos.

São sistemas capazes de armazenar e executar programas graças às suas estruturas eletrônicas microprocessadas, podendo atender atividades exclusivas bem como serem passíveis de mudanças através de uma reprogramação. Os sistemas embarcados possuem aplicações amplas desde controle de eletrodomésticos, industrial, transporte terrestre, aéreo, marítimo, espacial, bem como aplicabilidades vastas nas áreas da medicina, bélica, comunicações entre muitas outras, basicamente os sistemas embarcados são empregados geralmente onde tenha algum grau de automação (NOERGAARD, 2005).

A constituição de um modelo de sistema embarcado segue um padrão, que é definido pelos recursos que o sistema em questão necessita, a aplicabilidade do mesmo e o custo agregado. Na Figura 1 são mostrados dois padrões de sistemas embarcados ao lado de um computador pessoal.

Figura 1 - Comparação entre computador pessoal e sistemas embarcados.



Fonte: CATSOULIS, 2005.

Na Figura 1 é possível visualizar as camadas que constituem um modelo de computador pessoal, um sistema embarcado mais complexo e um sistema embarcado simples. Na camada mais baixa se encontra o hardware, a parte física de um computador, representa todos os seus componentes e arranjos de construção, o hardware conta com os elementos necessários para a leitura, manipulação e armazenamento de dados, como processador e memória, esta funcionalidade é comum em todos os modelos da Figura 1.

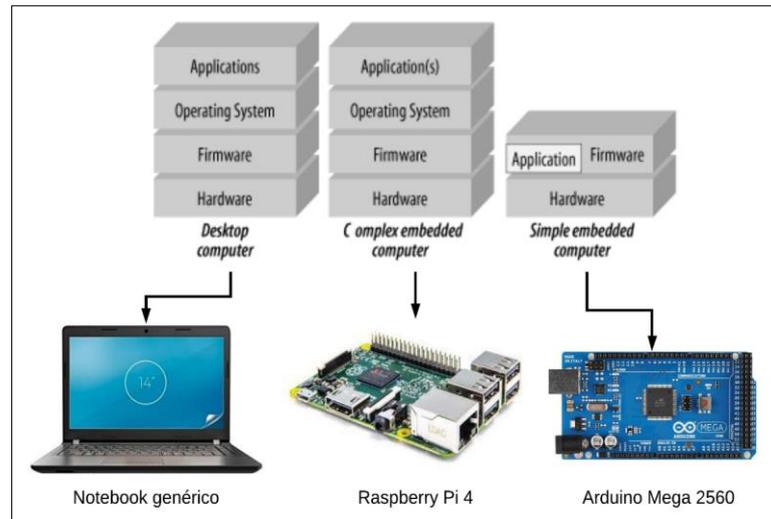
Em uma camada acima encontra-se o firmware, software responsável pela coordenação e configuração dos demais subsistemas de hardware de um computador ou sistema embarcado. Note que para o sistema embarcado simples o firmware e a aplicação se encontram na mesma camada, isto porque o firmware para esse modelo já recebe a aplicação (programa) para o fim desejado. Para os demais modelos o firmware desempenha a execução da inicialização, processo encarregado de ler o sistema operacional do computador e torná-lo acessível ao processador, para que o mesmo possa executá-lo.

A camada acima do firmware, é chamada de sistema operacional e tem como tarefa gerenciar a organização da memória e do processador, bem como, dos dispositivos periféricos como mouse, impressora, teclado, entre outros. Esta camada normalmente dispõe de um conjunto de programas dedicados a cada tarefa, além de apresentar uma interface para usuário mais amigável. O sistema operacional só é uma realidade para computadores pessoais e para sistemas embarcados mais complexos, tendo em vista que para sistemas mais simples atribuir a este um sistema operacional é um exagero técnico e orçamentário, partindo do ponto que apenas com a camada de firmware já se pode obter um resultado satisfatório.

Na camada do topo para os computadores pessoais, bem como, para sistemas embarcados mais complexos, se encontra o aplicativo ou software de aplicação. Esta camada é a funcionalidade dedicada de cada software, que executa a atividade final, podendo ser um software responsável por leituras de sensores, execução de áudio, exibição de imagens entre outras inúmeras possibilidades.

Toda essa abstração pode fornecer uma visão mais generalista sobre o tema, e uma divisão entre modelos. a Figura 2 mostra uma versão da figura anterior ligada a exemplos correspondentes (CATSOULIS. J, 2005).

Figura 2 - Exemplificação de sistemas embarcados.



Fonte: Compilação do Autor¹.

Como visto, sistemas embarcados assumem o papel da unidade de controle de um sistema maior, através das suas entradas e saídas digitais ou analógicas. Dentro desse mérito há inúmeros sistemas de prototipagem rápida ideais para projetos e testes preliminares por apresentarem grande flexibilidade para diversas aplicações, facilidade de conexão, bem como comunicação, programação e acessibilidade devido aos baixos custos geralmente associados. Exemplos claros desses sistemas de prototipagem rápida são os modelos de placas da empresa Arduino, que apresentam todas as características anteriores, alinhados ainda com uma comunidade gigantesca ao redor do mundo. Na Figura 2 é mostrado o modelo Arduino Mega 2560. Este sistema embarcado possui o microcontrolador ATMEL ATmega2560, como seu núcleo de processamento (SOUZA, 2014).

O Arduino Mega 2560 opera com um microcontrolador de 8bits a 16MHz, contando com 8KB de RAM, 4KB de memória EEPROM, possui 16 entrada analógicas, 15 saídas PWM, 4 canais de comunicação serial e 54 pinos de entrada e saída digital (SOUZA, 2014).

Outro exemplo poderoso de sistema embarcado, vem dos modelos de placas desenvolvidas pela empresa Espressif, que se destacam pelos tamanhos reduzidos, maior poder de processamento em relação a microcontroladores mais simples, baixo custo e aplicabilidades wireless (sem fio), e que apresenta a ESP-32 entre um dos seus modelos sofisticados.

¹ Montagem a partir de imagem coletada na fonte CATSOULIS. J, 2005 e imagens da internet.

A ESP-32 é um sistema embarcado da fabricante chinesa Espressif, muito utilizado para diversas aplicações na robótica, desenvolvimento de projetos sofisticados e principalmente muito utilizado na internet das coisas (IoT), pois esta placa possui um microcontrolador de 32bits com dois núcleos que entregam uma maior capacidade de processamento em relação ao Arduino mega 2560, podendo operar em modo sleep (ultra low power – baixo consumo) com um co-processador que executa atividades simples permitindo que os núcleos principais “descansem”. A placa também conta com um sensor de temperatura para monitoramento do microcontrolador, WIFI e Bluetooth 4.2 que possui BLE (modo para baixo consumo) integrados, 36 GPIO (General Purpose Input/Output), sendo 2 desses com conversor digital-analógico. (ESPRESSIF SYSTEMS, 2020).

Como exemplo de sistema embarcado de maior complexidade podemos citar o Raspberry Pi 4, da Fundação Raspberry Pi, como é mostrado na Figura 2. Tal sistema embarcado é mais próximo de um PC do que os citados anteriormente, pois, conta com sistema operacional, uma capacidade maior de processamento, conectividade para duas portas USB 3.0 e duas USB 2.0, duas saídas micro HDMI e uma saída de áudio.

2.2.1 Protocolos de comunicação para sistemas embarcados

Para que fosse possível a comunicação entre os sistemas embarcados do projeto, bem como sua integração, foi necessário o uso de protocolos que podem ser entendidos como uma linguagem que irá permitir a comunicação entre dispositivos. O protocolo permite que um sistema converse com outro e obtenha informações úteis para seu funcionamento.

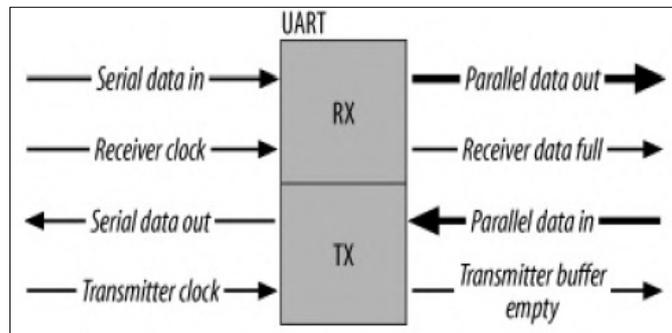
Segundo Catsoulis. J, (2005) em eletrônica embarcada, bem como na informática no todo, o protocolo de comunicação se refere às convenções adotadas para que haja uma comunicação entre sistemas, o protocolo abrange as regras de sintaxe, semântica e sincronia entre dois ou mais sistemas, permitindo que seja estabelecida uma conexão e comunicação por transferência de dados.

Há uma gama enorme de protocolos para comunicação, indo de aplicações industriais até as domésticas. Os protocolos de comunicação mais conhecidos entre sistemas embarcados são o protocolo I2C, SPI e o UART, muito utilizados para comunicação entre sistemas embarcados e unidades de controle entre sensores ou atuadores. Não por coincidência estes protocolos são de interface serial, o que reduz custos e facilita o desenvolvimento de projetos.

Todas as interfaces para comunicação serial convertem dados paralelos em um fluxo de bits sequenciais no envio e para o recebimento de dados, transforma uma sequência de bits em dados paralelos.

No caso do protocolo UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter – Receptor/Transmissor Universal Assíncrono), devido ao fato da transmissão da informação ser sequenciada, um bit por vez, este método de comunicação conta com um condutor (fio elétrico) para transmissão e outro condutor para a recepção chamados respectivamente de Tx e Rx. A forma mais simples de realizar a comunicação serial entre microcontroladores é utilizando o protocolo UART, que recebe esse nome por não apresentar linha de clock para a troca de dados e que basicamente trata-se de ser um conversor paralelo serial, sendo um driver de comunicação consistindo em duas secções: o Rx (receptor) que converte os dados, bit a bit, recebidos em dados paralelos para o microcontrolador e o Tx (transmissor) que converte os dados paralelos de um microcontrolador para dados sequenciados, bit a bit, para o envio a outro microcontrolador. A Figura 3 mostra o que acontece (CATSOULIS. J, 2005).

Figura 3 - Padrão UART.



Fonte: CATSOULIS. J, 2005.

2.3 SENSORES

Os sensores são dispositivos de *feedback*, ou seja, eles informam algo sobre alguma coisa, como por exemplo se alguém realizou ou não uma doação, se um interruptor foi ou não pressionado. Este tópico aborda esse tema e exemplifica os sensores utilizados no projeto. Para os autores Thomazini e Albuquerque (2011), os sensores podem ser definidos como:

Termo empregado para designar dispositivos sensíveis a alguma forma de energia do ambiente que pode ser luminosa, térmica, cinética, relacionando informações sobre uma grandeza que precisa ser medida, como: temperatura, pressão, velocidade, corrente, aceleração, posição, etc. Um sensor nem sempre tem as características elétricas necessárias para ser utilizado em um sistema de controle. Normalmente o sinal de saída deve ser manipulado antes da sua leitura no sistema de controle (THOMAZINI, D; ALBUQUERQUE, 2011, p 17).

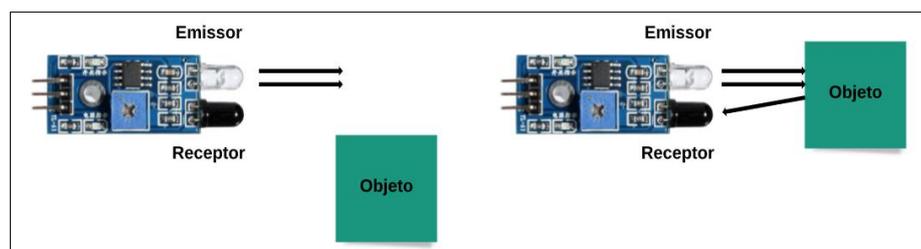
A utilização de sensores em projetos de robótica é crucial, pois permite precisão e eficiência na leitura e execução de operações. Atualmente pode ser encontrada uma variedade gigantesca de sensores especializados, sensores para aplicações mais gerais, com diferentes níveis de precisão, preço e tecnologias empregadas, como por exemplos sensores ópticos e indutivos (MIHELJ, Matjaž. et al, 2019).

2.3.1 Sensores ópticos

Os sensores ópticos são úteis para a identificação de movimento, medição da distância de um corpo e contagem e, por este motivo, foram utilizados sensores ópticos para a contagem de itens doados no projeto e contagem de itens dispensados.

Sensores ópticos funcionam através de dois componentes principais, sendo eles, um emissor e um receptor, de forma que o sinal luminoso gerado pelo emissor quando alcança o receptor com uma intensidade determinada causa mudança ou variação do estado na sua saída. Os sensores ópticos difusos possuem o emissor e o receptor montados juntos num mesmo corpo, de forma que o emissor está constantemente iluminando uma região do espaço e quando um objeto ocupa essa região ele reflete essa luz de forma difusa permitindo assim que retorne parte da luminosidade para o receptor, o que ativa o sensor. A Figura 4 ilustra o funcionamento descrito (THOMAZINI, D; ALBUQUERQUE, 2011).

Figura 4 - Funcionamento de sensores ópticos difusos.



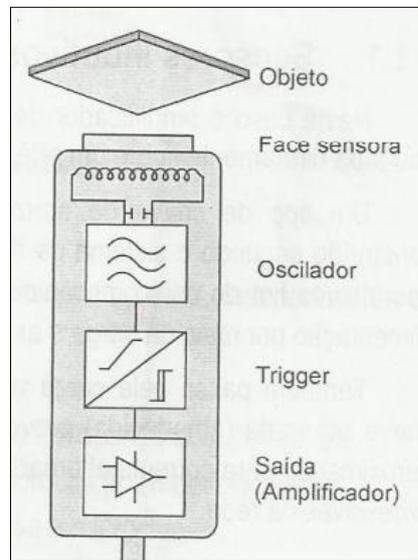
Fonte: Própria.

2.3.2 Sensores indutivos

Para o posicionamento das rampas do projeto, que serão abordadas no capítulo 3, foram utilizados sensores indutivos devido à vantagem de detectar materiais metálicos sem a necessidade de contato físico.

Os sensores indutivos podem ser caracterizados como interruptores de proximidade sem contato e sua funcionalidade se baseia na comutação de seus contatos, diante de uma perturbação de seu campo eletromagnético, gerada pela presença de um objeto metálico. Estes sensores são normalmente constituídos por uma bobina, encarregada da geração do campo eletromagnético do sensor; um oscilador, responsável por gerar o sinal em alta frequência a ser reproduzido pela bobina; um comparador de sinal, que monitora a frequência do oscilador e retorna um sinal bem definido como saída; e por último por um amplificador, que recebe o sinal de saída do comparador, amplificando o mesmo, possibilitando sua integração a sistemas. A Figura 5 mostra a constituição deste sensor (THOMAZINI, D; ALBUQUERQUE, 2011).

Figura 5 - Constituição de um sensor indutivo.



Fonte: THOMAZINI, D; ALBUQUERQUE, 2011.

De modo mais definido, ao gerar o campo eletromagnético a bobina sensibiliza a face sensora, de forma que, ao aproximar objetos metálicos da mesma, resulta numa perda de energia no circuito oscilador, ocasionando assim uma diminuição na oscilação, que é por sua vez

monitorada pelo comparador que envia sua resposta ao circuito amplificador (THOMAZINI, D; ALBUQUERQUE, 2011).

O sensor indutivo é utilizado em uma diversidade de aplicações, uma vez que permite a detecção de objetos sem a necessidade de contato mecânico, aumentando assim sua vida útil e do sistema que o utiliza. Pode ser utilizado para aferição de nível, controle de máquina e segurança, circuitos pneumáticos, fim de curso entre muitas outras aplicações.

2.4 ATUADORES

Para que fosse possível a realização de movimento em partes específicas do trabalho, foram utilizados atuadores, como por exemplo no reposicionamento de rampas e na dispensa de brindes, que serão abordados no capítulo 3.

Os atuadores possibilitam que tarefas físicas sejam executadas em inúmeros processos automáticos ou semi-automáticos.

Nos sistemas de controle industrial, um atuador é um dispositivo de hardware que converte um sinal de comando do controlador em uma mudança em um parâmetro físico. Essa mudança é normalmente mecânica, tal como uma alteração de posição ou velocidade. Um atuador é um transdutor, visto que transforma um tipo de quantidade física, como uma corrente elétrica, em um outro tipo de quantidade física (GROOVER, 2011, 96p).

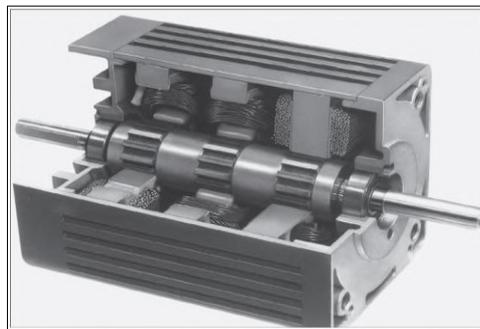
Ainda segundo Groover (2011) existem três classificações para os atuadores, sendo eles atuadores elétricos, hidráulicos e pneumáticos. Tais atuadores geralmente necessitam de um componente de amplificação uma vez que comumente os sinais de controle não tem potência suficiente para realizar o comando.

Os atuadores em sua grande maioria realizam movimentos rotativos angulares ou lineares sendo os elétricos mais comuns que inclui motores de vários tipos bem como solenóides tendo como energia motriz a eletricidade. No caso dos atuadores hidráulicos e pneumáticos, apresentam os fluidos sob pressão como energia de trabalho sendo fluidos no estado líquido para atuadores hidráulicos e no estado gasoso para atuadores pneumáticos.

2.4.1 Motor de passo

Um motor de passo é um dispositivo que realiza deslocamentos rotacionais com alta precisão, ele converte pulsos elétricos em deslocamentos angulares chamados de passos, os passos são determinados pela sequência de pulsos nos terminais do motor, assim como o sentido de giro. Trata-se de um dispositivo eletromecânico tendo como partes principais, seu rotor e estator. Na Figura 6 é mostrado um exemplo da constituição de motor de passo (STEPHEN D. Umans, 2014).

Figura 6 - Motor de passo.



Fonte: STEPHEN D. Umans, 2014.

Tais motores, são projetados para apresentar um grande número de passos por revolução, podendo ir de 50 a 200 passos, o que corresponde a uma resolução de $7,2^\circ$ a $1,8^\circ$ por passo respectivamente. Esta resolução angular é estabelecida com base no número de dentes de seu rotor e do seu estator. Além de oferecer uma ótima precisão em operações de deslocamento, outra grande vantagem associada aos motores de passo, é sua conexão compatível para integração com sistemas digitais, podendo ser controlado de forma relativamente facilitada (STEPHEN D. Umans, 2014).

A utilização destes motores vem aumentando com o seu avanço, correspondente ao desenvolvimento de motores mais ou menos potentes com um menor custo. São amplamente utilizados em processos de posicionamento de materiais quando há necessidade de precisão, em máquinas para usinagem e manufatura, como fresadoras CNC, tornos CNC, impressoras 3D entre outras aplicações (STEPHEN D. Umans, 2014).

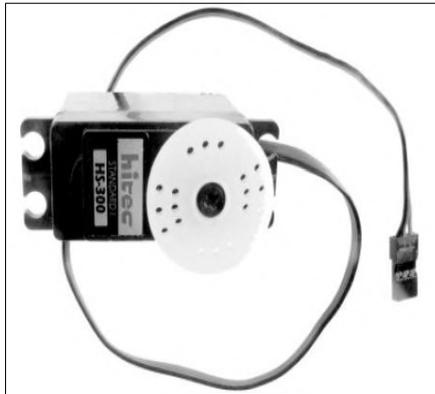
2.4.2 Servo motores

Um servo motor é um dispositivo de rotação angular controlada que normalmente gira em uma faixa de 0° até 180° e são bastante utilizados na robótica por permitirem controlar movimentos de forma facilitada. São constituídos por um motor DC, um potenciômetro, como sensor de posição, um circuito transdutor e de controle, um conjunto de engrenagens e um invólucro (McRoberts, Michael, 2011).

Seu funcionamento se dá através de um sinal de comando em PWM (Pulse Width Modulation). Esse sinal é recebido pelo circuito de controle que por sua vez envia o comando de movimento para o motor enquanto faz a leitura da posição. A leitura da posição é realizada através do potenciômetro acoplado ao conjunto de engrenagens, desta forma o circuito interno do servo verifica se o eixo do potenciômetro atingiu o ângulo determinado de rotação (McRoberts, Michael, 2011).

Existem vários tipos de modelos de Servo motores, com aplicações diversas, níveis de torque e precisão distintos. Na Figura 7 pode ser visualizado um servo motor muito utilizado na robótica educacional e aeromodelismo.

Figura 7 – Servo motor para aeromodelismo.



Fonte: O'SULLIVAN. Dan e IGOE. TOM, 2004.

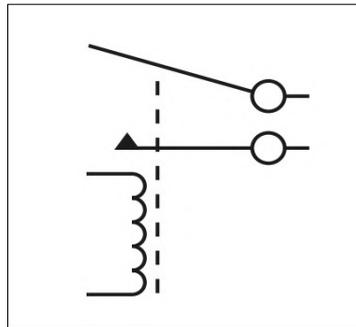
2.4.3 Relé

Relés são dispositivos para comutação elétrica de cargas mais elevadas em comparação com cargas acionados por sistemas embarcados, por exemplo. Eles podem ser descritos como interruptores de acionamento elétrico, sendo controlados com a energização de sua bobina para

realizar o fechamento de contatos. Esse controle geralmente é por um dispositivo microcontrolado (O'SULLIVAN. Dan; IGOE. TOM, 2004).

Relés são aplicados geralmente, onde é necessário controlar dispositivos com potências muito acima das fornecidas nas saídas de um sistema embarcado ou de um microcontrolador, como por exemplo o acionamento de motores, lâmpadas, alarmes entre outros. A Figura 8 exemplifica um símbolo esquemático de um relé eletromecânico (O'SULLIVAN. Dan; IGOE. TOM, 2004).

Figura 8 - Esquemático de relé.



Fonte: O'SULLIVAN. Dan; IGOE. TOM, 2004.

2.5 TRANSDUTORES

Os transdutores podem ser entendidos como pontes que ligam dois ou mais componentes de um sistema, permitem tráfego de dados de forma adequada para que os componentes possam se comunicar. No presente trabalho foram utilizados transdutores para este fim entre sistemas embarcados e entre sistema embarcado e componentes de leitura.

Transdutores, assim como sensores, atuadores e controladores são partes essenciais da maioria dos projetos que envolvam algum grau de computação, na verdade este termo é abrangente ao ponto de sensores serem tecnicamente transdutores de entrada e atuadores serem transdutores de saída (O'SULLIVAN. Dan; IGOE. TOM, 2004).

Um transdutor é um dispositivo capaz de converter um tipo de grandeza física em outro. Com esta simples definição, é possível perceber o paralelo entre sensores e atuadores, uma vez que os mesmos recebem um estímulo e retornam uma resposta proporcional em outra variável física, pois um sensor, por exemplo de temperatura recebe dados de calor do ambiente e retorna na sua saída um sinal elétrico; por sua vez, um atuador, por exemplo um alto-falante, recebe

um determinado sinal elétrico de áudio e retorna executando um determinado som (O'SULLIVAN. Dan; IGOE. TOM, 2004).

Uma parte considerável da computação é dedicada à transdução ou conversão de sinais, esta prática permite aplicações reais, interação entre componentes e integração entre sistemas. Transdutores podem ser vistos como o elo de comunicação ou ainda circuito intermediário entre elementos de um sistema, tendo sua utilização vista em drivers de comando para atuadores, como por exemplo um relé para o controle de motores DC; conversores de sinais de um sensor para um formato legível para um sistema embarcado, CLP (Controlador Lógico Programável) entre outros; ou para conversão de sinais digitais em analógicos e vice e versa (O'SULLIVAN. Dan; IGOE. TOM, 2004).

2.6 PROTOTIPAGEM DE SISTEMAS

Durante o desenvolvimento deste trabalho, se fez necessário o desenvolvimento de partes físicas do projeto como peças e placas de circuito impresso. Por este motivo, foi feita uma pesquisa sobre modelagem, prototipagem e confecção destes componentes do projeto.

A confecção de peças por prototipagem 3D tem uma importância significativa, tanto do ponto de vista da montagem, como da manutenção e organização, para permitir um funcionamento satisfatório, levando em consideração que o desenvolvimento dessas peças por modelagem e impressão 3D é necessário, uma vez que há demandas de geometrias específicas para cada finalidade do projeto.

Os circuitos impressos representam outro fator de grande relevância, pois eles são responsáveis pelas conexões entre componentes eletrônicos e adicionam uma robustez maior ao projeto.

2.6.1 Modelagem e confecção por tecnologias 3D

A modelagem 3D é o processo de desenvolvimento de dispositivos, peças, componentes, personagens de games, filmes entre outros exemplos com ramificações em diversas áreas (BRASIL. EVERIS, 2019). Este processo cria representações matemáticas, de geometrias tridimensionais de objetos através de softwares. Os objetos criados são classificados como modelos 3D e tais são usados em várias aplicações (AUTODESK. S/D).

Como dito, a modelagem 3D abrange diversos setores, posto isso, há uma gama gigantesca de softwares dedicados a cada setor, onde tais software são designados com a sigla CAD (Desenho Assistido por Computador) sendo essenciais para a modelagem 3D. O CAD foi desenvolvido para integrar a computação com as áreas da engenharia, de modo a servir de ferramenta para amplificar a capacidade de processos de desenvolvimento e criação de produtos.

O CAD faz parte de um grupo maior de programas e processos voltados a manufatura, chamado CAx, onde podemos incluir o CAD, CAM, CAE, PLM, PDM, entre outros. O CAD também está presente em várias áreas da engenharia, sejam elas civis, mecânicas e elétricas, sendo aplicado no modelamento 2D e 3D (COMACBR, S/D).

Um exemplo direto de um equipamento que usa estas tecnologias é a impressora 3D. A impressora 3D é uma máquina que obedece a comandos digitais, que se utilizam das representações matemáticas de um modelo 3D para sua confecção e tem como funcionalidade básica a construção de objetos físicos por meio da adição de material, camada a camada (CUNICO, 2015).

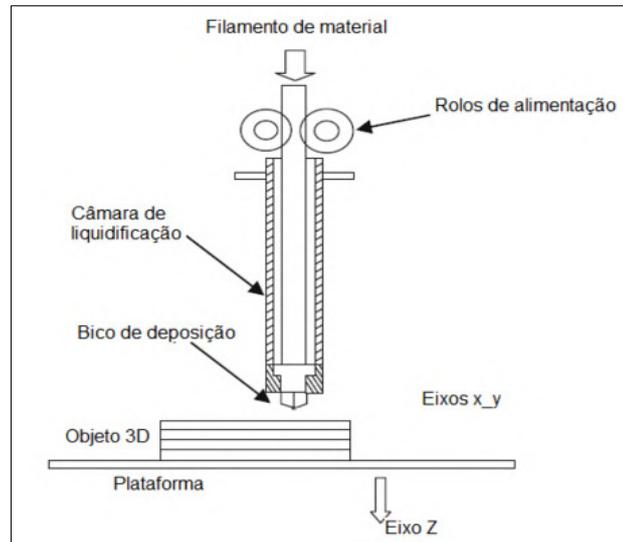
Atualmente a impressora 3D é muito utilizada em diversas áreas, com diferentes tecnologias agregadas, que possibilitam ou auxiliam no desenvolvimento da robótica, da medicina, na área aeroespacial entre muitas outras.

As principais tecnologias em impressão 3D são: a estereolitografia que atende pela sigla SLA, que se baseia na solidificação de líquidos fotocuráveis; a modelagem por fusão e deposição (FDM), sendo uma das tecnologias mais difundidas e acessíveis; a sinterização seletiva por laser (SLS) e a tecnologia a base de sólidos laminados ou no termo original Laminated Object Modelling (LOM). Tais tecnologias surgiram em períodos muito próximos e até de forma paralela, entre as décadas de 80 e 90 (CUNICO, 2015).

2.6.1.1 Impressora 3D de modelagem por fusão e deposição (FDM)

Como dito anteriormente, a tecnologia FDM é uma das mais acessíveis, entre as demais, principalmente referente ao seu custo tanto de máquina, quanto de matéria-prima e manutenção. Seu funcionamento consiste na deposição de material, normalmente termoplástico, através de um extrusor. Na Figura 9 é possível observar o processo de impressão.

Figura 9 - Processo de impressão 3D.



Fonte: CUNICO, 2015.

Para este tipo de tecnologia o conjunto bico de deposição, câmara de liquidificação, rolos de alimentação e filamento de material se desloca entre os eixos x e y, de forma a contornar e/ou preencher a geometria do objeto 3D, a fim completar uma camada de seu desenho, após o término de uma camada o conjunto se desloca no sentido do eixo z, objetivando a execução da próxima camada. Esta é uma descrição genérica que se aplica bem a maioria dos modelos com esta tecnologia. A Figura 10 mostra uma impressora FDM, bem como uma peça gerada com essa tecnologia.

Figura 10 - Impressora 3D FDM e modelo impresso.



(a) impressora 3D

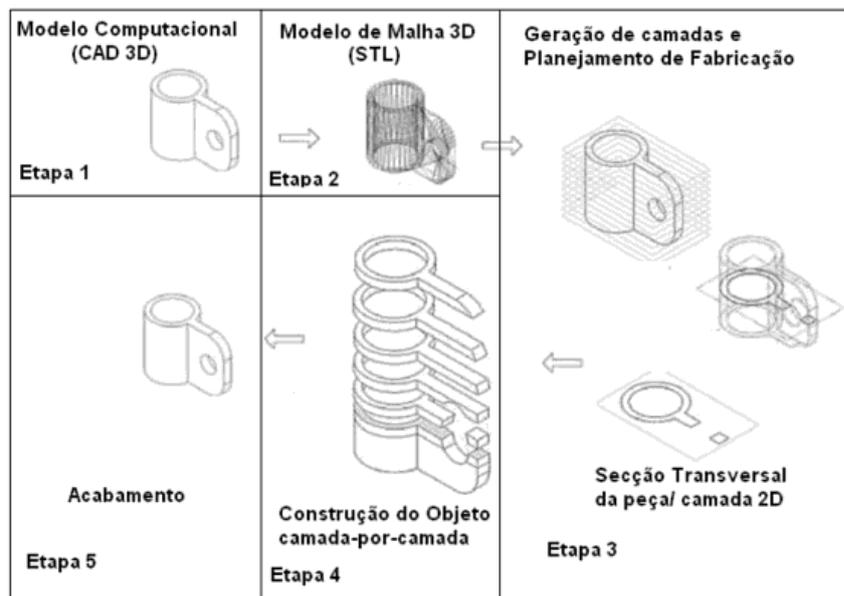
(b) modelo impresso

Fonte: (a) PORTELA, Sérgio, 2020; (b) própria.

2.6.1.2 Processo de impressão

Na manufatura aditiva referente à impressão 3D, para que uma peça saia de um projeto do campo da concepção até sua constituição física, há etapas necessárias para que isto ocorra. A Figura 11 mostra a sequência de etapas desde o início até a confecção de uma peça.

Figura 11 - Impressora 3D FDM e modelo impresso.



Fonte: CUNICO, 2015.

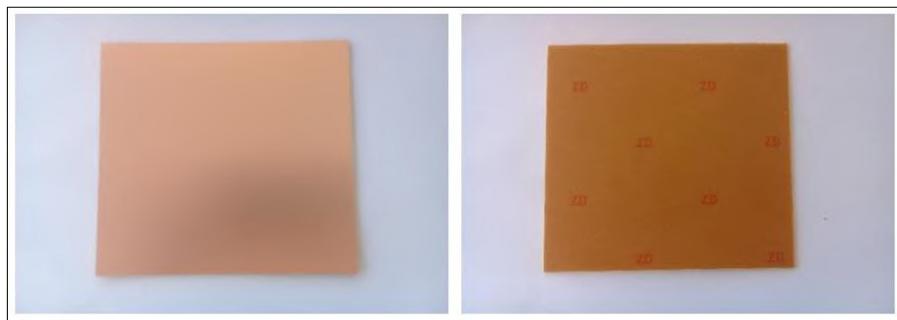
A etapa 1 é referente ao desenho e desenvolvimento de uma peça, projeto ou produto a ser fabricado, como foi previamente abordado, esta etapa ocorre com o auxílio de softwares CAD, que, em muitos casos abrangem a etapa 2, referente a conversão de um arquivo desenvolvido em software CAD para o formato STL (STereoLithography), responsável por permitir a geração de camadas, sendo esta a parte fundamental da etapa 3. A geração de camadas ou fatiamento converte um arquivo STL para o formato Gcode, formato responsável por coordenar os movimentos de uma impressora para realização da fabricação. A etapa 4 diz respeito apenas ao trabalho realizado pela impressora seguindo as limitações de desenho atribuídas nas etapas anteriores, então ela inicia a última etapa que é referente ao acabamento, sendo facultativo em algumas peças, diante da geometria ou de um bom desempenho da impressora e do operador (CUNICO, 2015).

2.6.2 Confeção de placas de circuito impresso

As Placas de Circuito Impresso (PCI) são utilizadas para servir de base mecânica para a fixação e conexão dos componentes eletrônicos de circuitos, são utilizadas em praticamente todas aplicações que envolvam algum nível de eletrônica. As PCI's possuem um formato plano de placas e são constituídas de uma ou mais camadas de material isolante, revestidos com uma ou mais camadas de menor espessura de material condutor, geralmente o cobre (NEWTONCBRAGA, 2013).

A base isolante por sua vez apresenta uma variedade de materiais, como o laminado FR4 (Flame Resistant Classe 4), material a base de fibra de vidro; o fenolite FR2 ou FR3, composto por celulose prensado com resina fenólica; o politetrafluoretileno (PTFE), mais conhecido como teflon, existe ainda, uma série de materiais e tipos de placas de circuito impresso para diversas aplicações (TEC.CI, 2016). Na Figura 12 é mostrado uma PCI de fenolite com apenas uma camada de condução.

Figura 12 - PCI virgem simples.



(a) camada condutora

(b) camada isolante

Fonte: Própria.

Os processos de usinagem de circuitos eletrônicos podem ser categorizados de duas formas: subtrativos e aditivos. O processo aditivo geralmente conta com uma estrutura especializada para sua execução, bem como, com diversas etapas envolvidas, o nome do processo se deve a sua execução, pois, para gerar um circuito o cobre é adicionado na superfície do material isolante de base, a fim de formar as trilhas de conexão. O processo subtrativo geralmente requer o uso de equipamentos especializados e diversas etapas, porém se diferencia, por retirar as partes inúteis de cobre para o circuito desejado, a fim de formar as conexões em uma PCI (MADEHOW, 2020).

Os métodos de fabricação de um circuito em uma PCI ocorrem basicamente de forma mecânica, tendo as áreas de cobre usinadas por uma fresa CNC (Comando Numérico Computadorizado) especializada ou por processo químico, de corrosão do cobre, estes se caracterizam como processos subtrativos. Ambos apresentam vantagens e desvantagens. A usinagem mecânica, por uma fresa CNC, necessita de softwares CAD dedicados à atividade pretendida, normalmente oferece uma saída interessante e com menor número de etapas, para um baixo fluxo de produção de circuitos.

A fabricação por corrosão química, necessita de algumas etapas essenciais para sua realização, primeiramente a PCI precisa receber o modelo do circuito em sua superfície condutora e para isso existem algumas técnicas como estampagem térmica e serigrafia; a próxima etapa compreende a corrosão; a última etapa consiste na furação, montagem e soldagem dos componentes.

A etapa de gravação do desenho do circuito, pode ser realizado de forma manual, com caneta específica para esta finalidade, desde que o circuito seja simples, ou ainda totalmente realizado por softwares CAD com o auxílio de técnica específica para gravação, que garantem uma maior precisão e flexibilidade. A corrosão elimina as áreas de cobre que não estão revestidas com uma tinta resistente à corrosão, desta maneira as áreas revestidas permanecem e correspondem às ligações do circuito, o componente ativo e necessário para a corrosão é o perclorato de ferro ou cloreto férrico. Em comparação com o método de fabricação por fresa este método geralmente envolve mais etapas no processo, porém, com um grande volume de produção, método esse usado por empresas especializadas nesse serviço.

2.7 TECNOLOGIA VGA

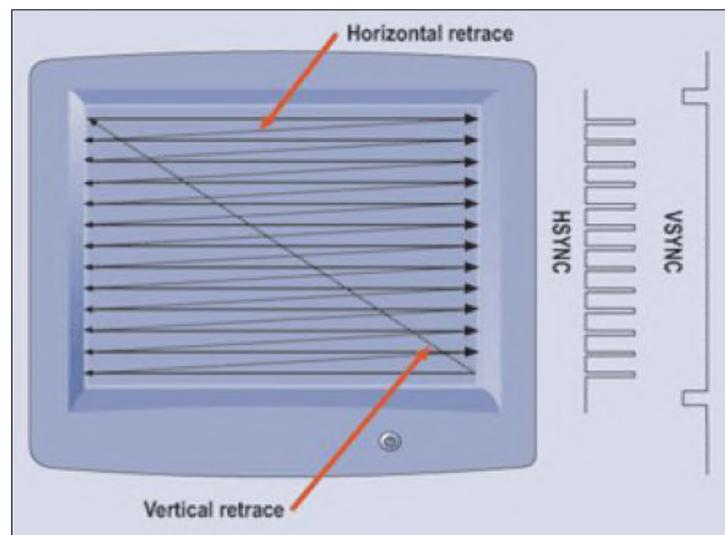
O conhecimento dessa tecnologia permitiu o desenvolvimento da interface homem máquina do trabalho, tal ferramenta tornou possível a exibição de informações relevantes através de um monitor para o usuário, sobre as funcionalidades da máquina, o que facilita sua usabilidade.

VGA (Video Graphics Array – Padrão de Disposição Gráfica) é um padrão de vídeo criada pela IBM em 1987 para o controle de imagens em monitores de computador. Esta interface de vídeo possui dois tipos de sinais para seu funcionamento, sendo eles sinais de dados e de controle. Os sinais de dados são referentes à determinação das cores de cada pixel, ou seja,

pelo comando RGB (red, green blue – vermelho, verde e azul) através da manipulação dos níveis de tensão nas referentes saídas. Os sinais de controle dizem respeito a sincronização horizontal e vertical da exibição dos pixels no monitor, pois este é um processo de varredura de tela. (MAGALHÃES, 2016).

O processo de varredura de tela para exibição de imagens no monitor para o padrão VGA ocorre da esquerda para a direita e de cima para baixo, como pode ser observado na Figura 13. (MAGALHÃES, 2016).

Figura 13 - Varredura de tela na tecnologia VGA.



Fonte: (MAGALHÃES, 2016).

O processo de exibição de imagens ocorre por etapas, tendo períodos de tempo específicos para cada uma delas o que permite que o monitor trabalhe adequadamente. O tempo para exibição depende do formato e da frequência do monitor (valores tabelados), pois estas variáveis irão ditar o sincronismo para que a informação desejada seja mostrada sem distorções. Os pinos de saída responsáveis por esse controle são o HSYNC, incumbido da sincronização das linhas (controle horizontal) e o VSYNC que controla a sincronização das atualizações (controle vertical). (MAGALHÃES, 2016).

Como pode ser visualizado na Figura 13 o HSYNC se move da esquerda para direita e quando finaliza uma linha segue para a próxima inferior, este processo se repete até o último pixel da última linha e nele cada pixel é acionado com sua cor respectiva a imagem desejada pelos sinais de dados RGB. O VSYNC se responsabiliza pela atualização da tela para gerar a sensação de movimento e para que novos dados sejam exibidos, como pode ser visto na Figura

13, o VSYNC é acionado no último pixel da última linha inferior realocando o cursor de controle na parte superior esquerda da tela para que um novo ciclo de varredura seja iniciado.

A tecnologia VGA apresenta uma relativa facilidade de controle alinhada com baixo custo e boa flexibilidade na exibição de informações, por isso diversos projetistas desenvolveram várias ferramentas para controle de imagem como hardwares para controladores VGA, bibliotecas e códigos abertos.

3. MÉTODOS, TÉCNICAS, INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

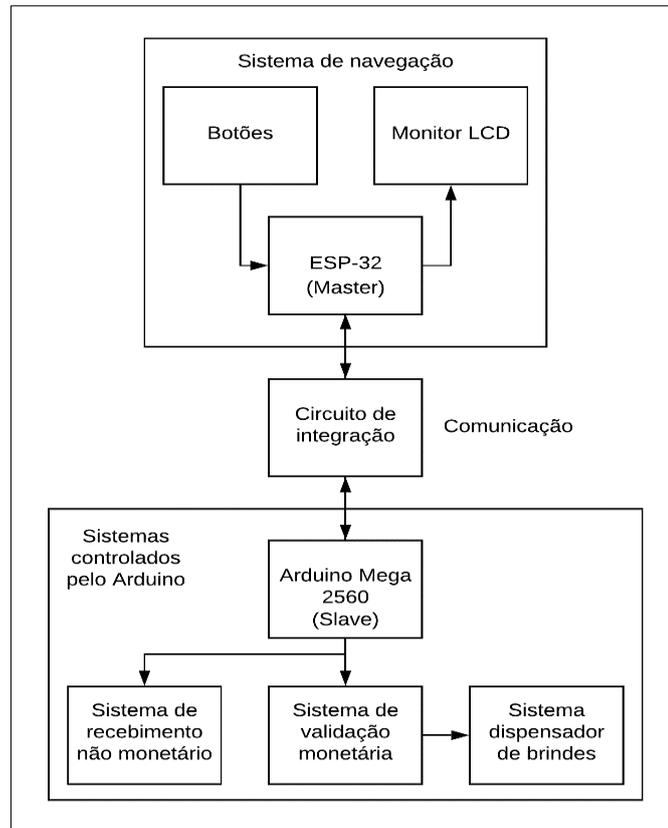
O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é a explanação da integração entre os sistemas de um módulo arrecadador, desenvolvido em um projeto de extensão. Como dito anteriormente, diversos sistemas foram desenvolvidos de forma independente e, por isso, se fazia necessário realizar a integração entre eles.

Este capítulo abordará as atividades de integração como circuitos, protocolo e softwares de comunicação, bem como contextualiza o projeto de integração com o funcionamento da máquina de forma concisa, através da exposição de elementos externos ao trabalho, a exemplo dos sistemas desenvolvidos no módulo arrecadador.

3.1 DETALHAMENTO DO ARRECADADOR DE DOAÇÕES

O diagrama em blocos exibido na Figura 14 tem como objetivo melhorar o entendimento do leitor sobre os sistemas que foram integrados durante a realização deste trabalho.

Figura 14 - Integração geral.



Fonte: Própria.

Como pode ser observado, a ESP-32 faz parte do sistema de navegação e através do circuito de integração interage com o Arduino Mega 2560. A ESP-32 foi escolhida para este encargo por apresentar maior capacidade de processamento o que permite seu uso para controle VGA através de uma biblioteca específica, além de seus recursos wireless que podem ser utilizados para trabalhos futuros.

O Arduino Mega 2560, por sua vez, controla os demais sistemas e foi escolhido por apresentar uma quantidade relativamente grande de GPIO's, possibilitando ainda uma expansão de recursos no projeto com a adição de mais componentes ou até novos sistemas e usando apenas uma placa Arduino Mega 2560 para isso.

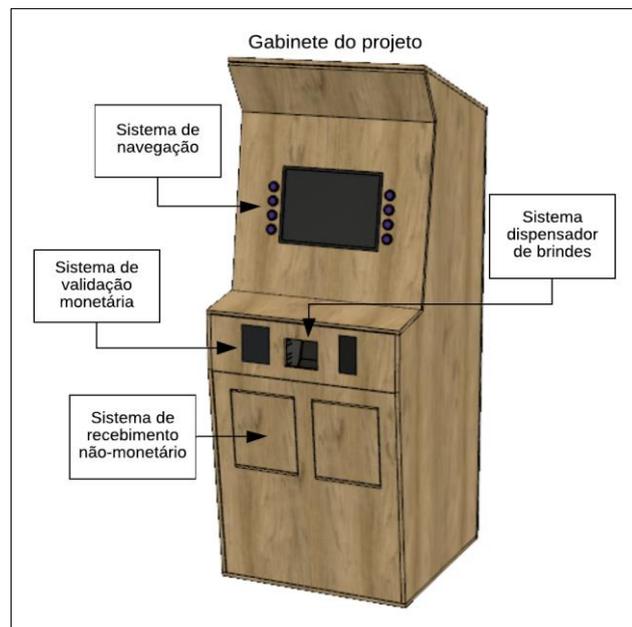
O arranjo adotado foi o master/slave (mestre/escravo), tendo como mestre a ESP-32 e o Arduino Mega como escravo, com o padrão Half-duplex, ou seja, o envio de dados acontece nas duas direções, porém, uma por vez. A interface de integração escolhida para o projeto foi a serial UART, devido à sua simplicidade e ao fato de os sistemas embarcados presentes já possuírem essa funcionalidade. A troca de dados acontece sempre entre o sistema de navegação

e os demais sistemas da máquina, de acordo com o solicitado pelo usuário, através de um protocolo simples criado especificamente para o projeto.

Cabe aqui ressaltar que tanto a ESP-32 como o Arduino Mega são sistemas individuais que controlam outros sistemas e interagem entre si.

Para melhor associação do corpo do trabalho é interessante observar o gabinete² da máquina de doação e onde cada sistema é alocado, como mostra a Figura 15.

Figura 15 - Gabinete e alocação dos sistemas.



Fonte: Própria.

A integração do projeto acontece através da troca de dados entre os sistemas. A fim de familiarizar o leitor com as funcionalidades do projeto se faz necessário discorrer sobre tais sistemas.

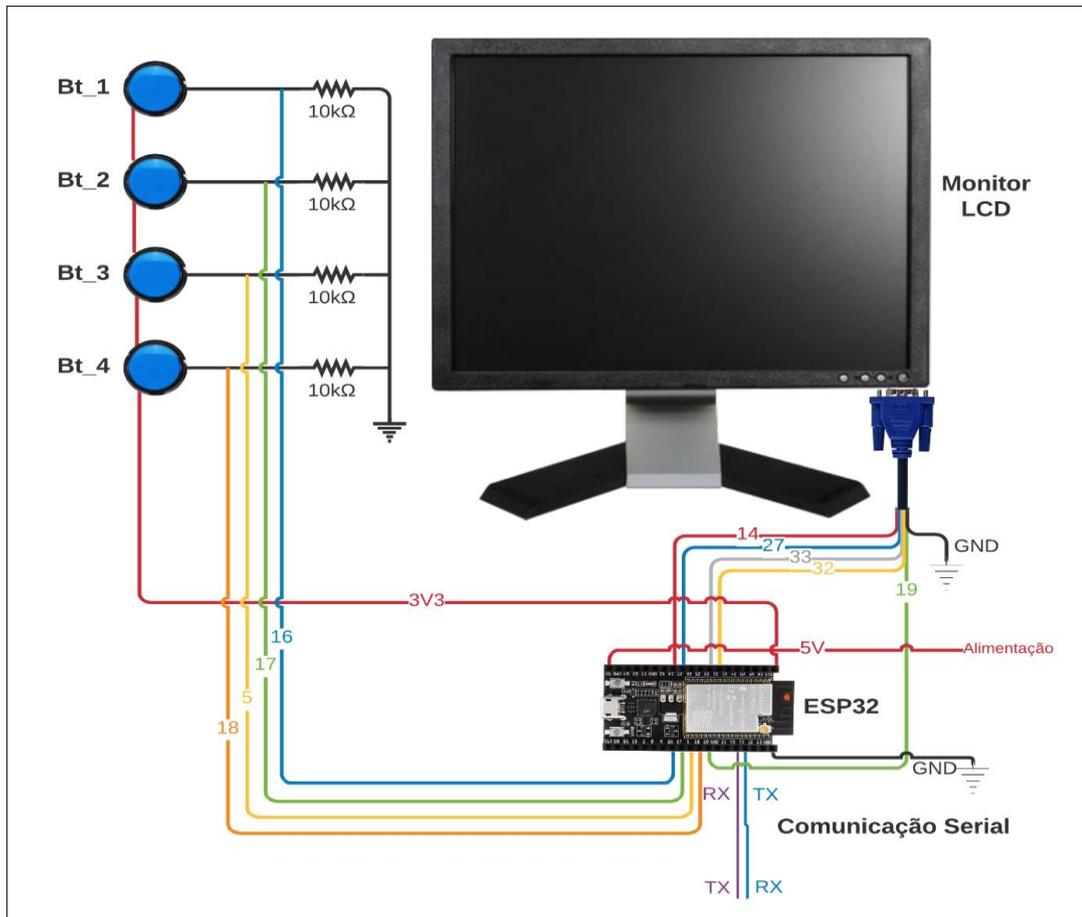
3.1.1 Sistema de navegação

O sistema de navegação tem por finalidade servir de interface entre o usuário e a máquina, permitindo que o usuário acesse as funções do projeto, como doação de itens não-

² A montagem do gabinete pode ser visualizada no **APÊNDICE G** – Fotos da montagem do gabinete.

monetários, doação monetária e recebimento de brindes. O sistema é composto por um monitor LCD, quatro botões normalmente abertos (NA) e a placa ESP-32. A Figura 16 mostra o circuito do sistema.

Figura 16 - Sistema de navegação.



Fonte: Própria.

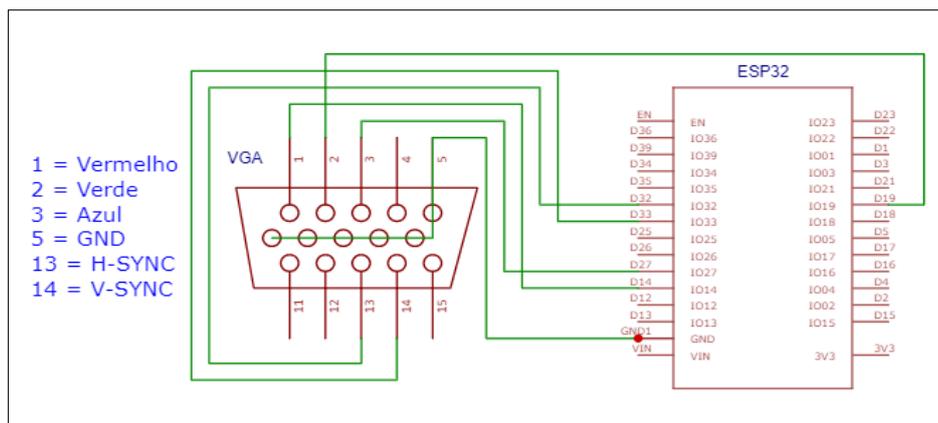
Para que o projeto funcione adequadamente é necessário que o sistema seja capaz de ler os botões de navegação, se comunicar com o usuário através do monitor LCD e se comunicar com o Arduino Mega 2560 para troca de dados, ativando ou desativando, o funcionamento dos demais sistemas.

Sendo assim, a leitura dos botões é realizada de forma simples onde quatro botões são conectados em entradas digitais individuais, utilizando para tal o arranjo *pull-down* para que a ESP-32 possa ler o sinal de forma segura, como é mostrado na Figura 16. Com o arranjo *pull-down* a entrada digital da placa ESP-32 permanece em nível lógico baixo enquanto o botão não é pressionado e assume o nível lógico alto quando o botão é pressionado.

Dentre as ferramentas de controle VGA acessíveis na internet cabe aqui um destaque a biblioteca utilizada no projeto para criação das telas e interfaceamento homem/máquina, sendo esta, a biblioteca bitluni ESP32Lib para IDE Arduino da *bitluni*, criada por Matthias Balwierz. A biblioteca apresenta grande flexibilidade de exibição permitindo trabalhar com controle de 3 ou 14bits, ou seja 3 ou 14 saídas para o controle de cor (RGB) e resolução, contando ainda com exibição de elementos 3D e sprites. (BITLUNI, 2019).

A montagem utilizada para o controle VGA foi a montagem de 3 bits, sendo esta, a ligação mais simples que a biblioteca oferece e suficiente para exibição das informações desejadas. Por se tratar do método mais simples se utiliza de apenas um cabo VGA com uma saída macho e a própria ESP-32. A Figura 17 mostra os detalhes da conexão entre a ESP-32 e o monitor LCD, através de um cabo VGA.

Figura 17 - Circuito VGA.



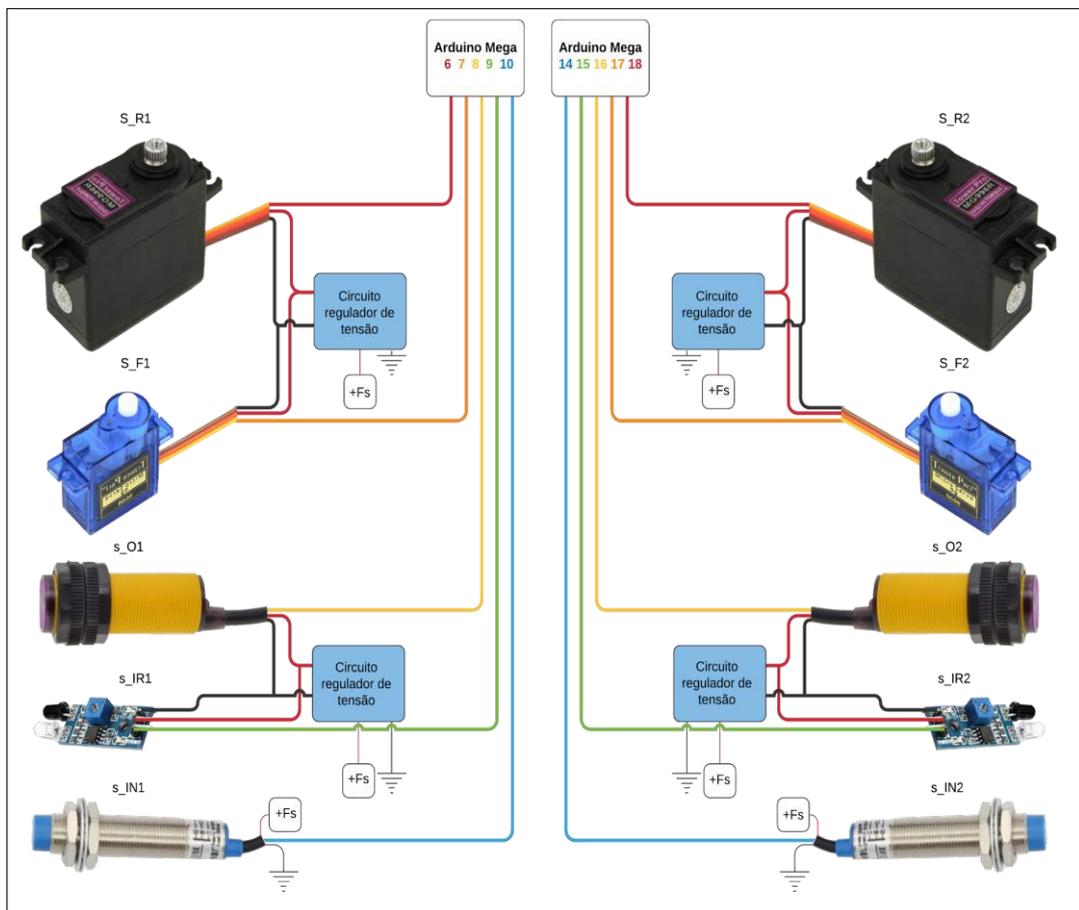
Fonte: Própria.

A navegação foi pensada para ser a mais simples possível, inspirada em caixas bancários de autoatendimento, onde cada botão corresponde a uma função específica exibida na tela, como pode ser observado na Figura 32.

3.1.2 Sistema de recebimento não-monetário

O sistema de recebimento não-monetário³ pode ser descrito como um armazenador automático. Consiste de um armazenador físico, semelhante a um baú, com duas rampas frontais onde os itens são depositados, na Figura 18 e na Figura 19 pode ser visto seu esquema elétrico e sua constituição, respectivamente.

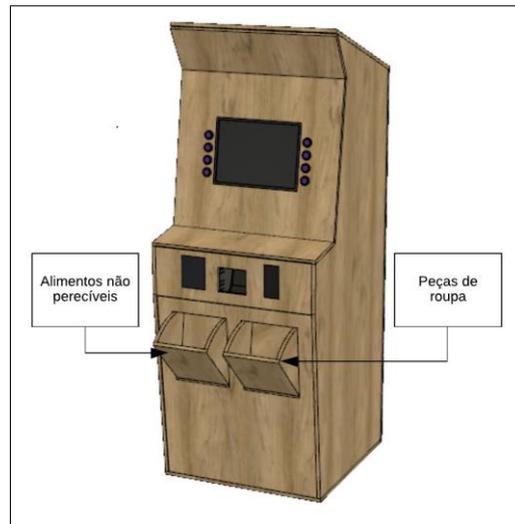
Figura 18 - Sistema de recebimento não-monetário.



Fonte: Própria.

³ No APÊNDICE F – Foto do funcionamento do sistema de recebimento não-monetário, é mostrado o sistema desenvolvido.

Figura 19 - Recebimento de donativos pelas rampas de doação.



Fonte: Própria.

Para que o sistema de recebimento não-monetário funcione adequadamente ele deve abrir a rampa correspondente ao tipo de doação solicitada, realizar a contagem dos itens depositados e fechar as rampas quando for finalizado. Para tal, o sistema conta com 4 servomotores como atuadores, sendo dois, de maior torque, para a abertura e fechamento das rampas e 2, de menor torque, para o travamento; 4 sensores óticos, sendo 2 para realizar a contagem dos itens doados e 2 para verificação de segurança; 2 sensores indutivos, responsáveis pela sinalização do fim de curso das rampas para o controlador; circuito de alimentação e o Arduino Mega como controlador.

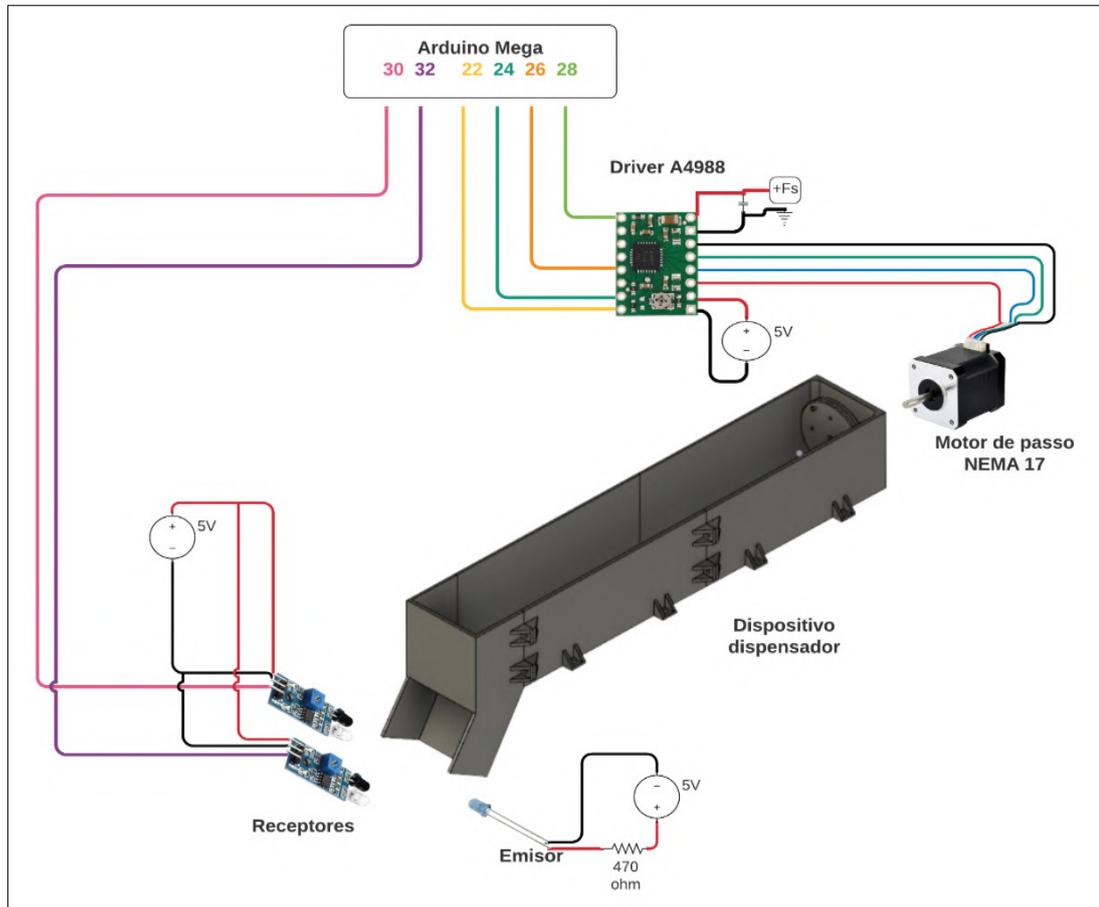
É importante pontuar, que a integração desse sistema com os demais não pôde ser realizada, pela inacessibilidade dos laboratórios do campus devido à pandemia do novo coronavírus.

3.1.3 Sistema dispensador de brindes

Composta por um dispositivo dispensador, amplamente utilizado em máquinas de vendas de refrigerantes, lanches e conveniências; um motor de passo NEMA17, escolhido pelo seu torque e precisão, responsável por realizar o trabalho de movimentação dos itens; uma mola de movimentação; um driver A4988, sendo a interface de controle entre a plataforma controladora e o motor de passo; dois sensores óticos difusos responsáveis pelo reconhecimento

dos itens dispensados e, por último, o Arduino Mega como sistema embarcado. A Figura 20 mostra o diagrama esquemático do sistema.

Figura 20 - Sistema dispensador de brindes.



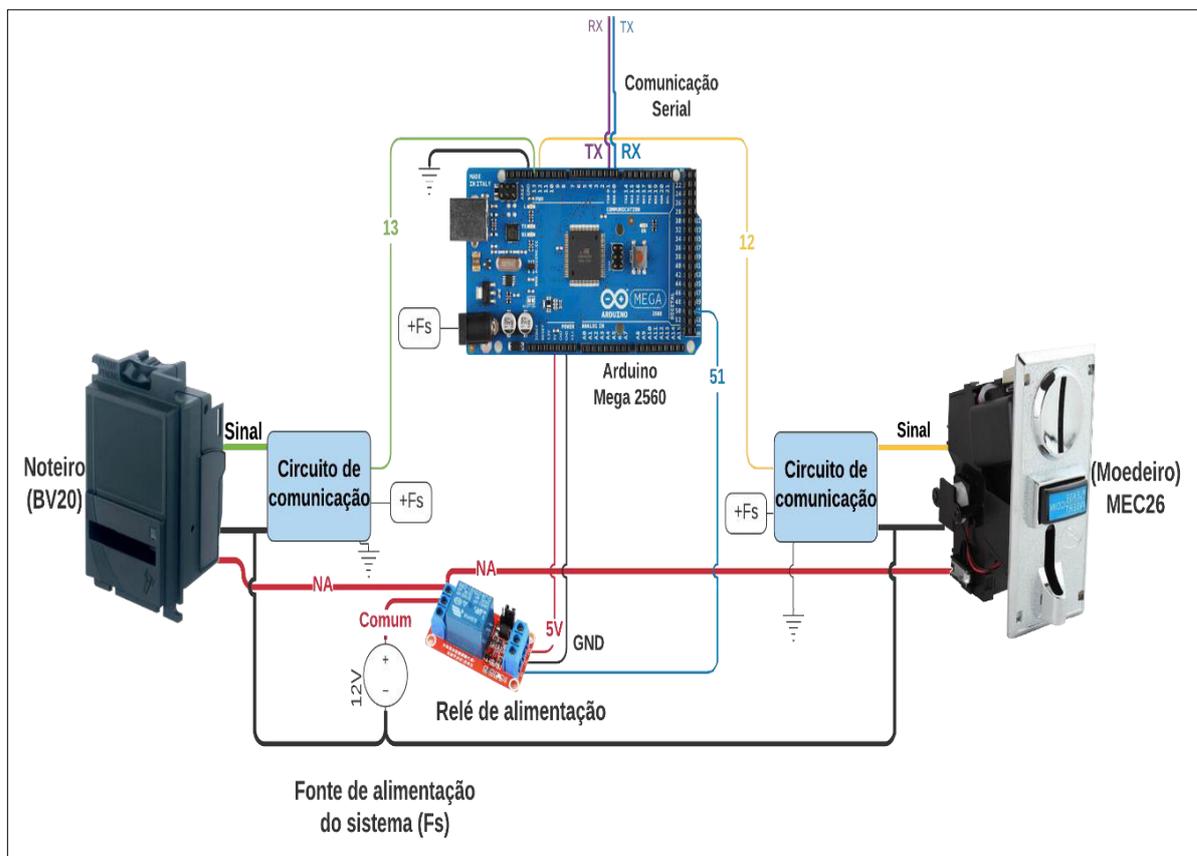
Fonte: Própria.

O seu funcionamento é simples: quando o motor é acionado com sentido de giro anti-horário, a mola desloca os itens entre suas espiras para frente, onde estes chegam no final do dispositivo em uma abertura seguida de uma rampa, o sensor o identifica e comunica para o microcontrolador, interpretando assim, que o item foi dispensado. É importante frisar que este sistema foi pensado para dispensar um número determinado de itens ao receber um determinado comando.

3.1.4 Sistema de validação monetária

Pensado para o recebimento da maioria dos valores monetários da moeda nacional, esse sistema de validação monetária conta com um validador de cédulas, um validador de moedas, circuitos de comunicação, um relé de alimentação e um sistema embarcado responsável pela leitura de sinais e tomada de decisão, sendo este o Arduino Mega; A Figura 21 mostra o circuito esquemático deste sistema.

Figura 21 - Sistema de validação monetária.



Fonte: Própria.

O BV20 é um validador de cédulas muito utilizado em máquinas de vendas e demais aplicações, como mesas de bilhar, máquinas de estacionamento, entre outros. Tal dispositivo é capaz de reconhecer a maior parte das cédulas nacionais além de possuir taxa de aceitação de cédulas de 98%, bem como permite trabalhar em *low power* (modo de baixo consumo) e conta com programação facilitada através dos cartões de configuração ou por meio de computador (INNOVATIVE TECHNOLOGY, 2018).

O MEC26 ou CH-926 (como é chamado fora do Brasil), é um validador de moedas que utiliza, para suas medições, os parâmetros do material, sendo eles o peso e a dimensão métrica. É muito utilizado em máquinas de jogos como arcades, máquinas de vendas e outros sistemas de autogestão (VINCE, 2017).

Este sistema permite o reconhecimento de todas as cédulas nacionais, bem como moedas de R\$ 1,00, 50, 25 e 10 centavos.

3.2 DESENVOLVIMENTO DA INTEGRAÇÃO

Para que a integração fosse realizada de maneira satisfatória foram desenvolvidos hardwares, softwares bem como suportes para fixação dos componentes de integração, portanto, os tópicos a seguir abordam, de forma independente, cada uma das áreas envolvidas na integração

3.2.1 Integração de hardware

Para realizar a integração entre os sistemas foi necessário desenvolver circuitos eletrônicos que permitissem que a comunicação entre as partes ocorresse de forma eficiente e algumas peças que funcionaram para fixação de componentes e dispositivos.

3.2.1.1 *Circuito de comunicação para os componentes do sistema de validação monetária*

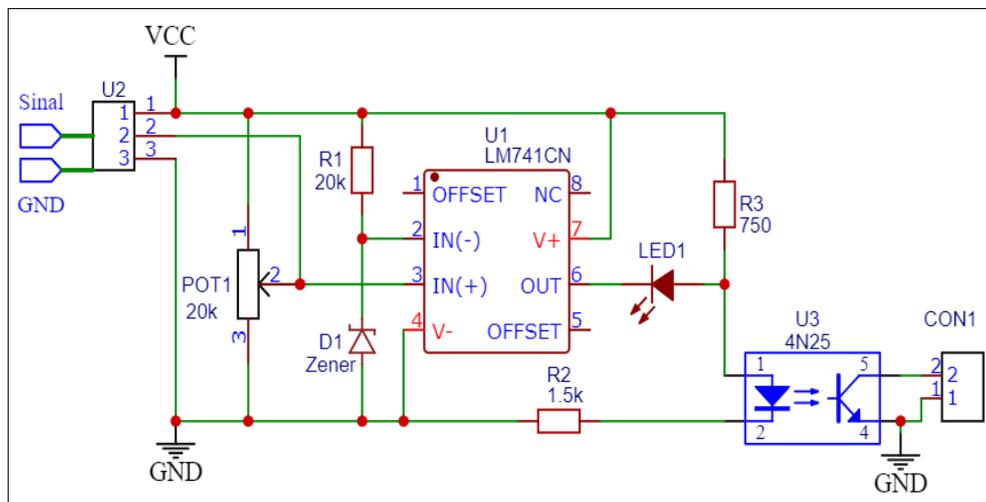
Para que fosse possível realizar a leitura dos sinais dos componentes de validação monetária, foi necessário previamente conhecer o comportamento dos mesmos, bem como posteriormente desenvolver um circuito de interface entre os validadores e a placa microcontrolada, Arduino Mega.

O validador de cédula funciona a partir da identificação da cédula inserida pela fenda de abertura frontal, onde passa pelos sensores responsáveis pela validação da mesma, contudo uma vez identificada, o BV20 envia um número de pulsos equivalentes ao valor da nota, ou seja, 2 pulsos para a cédula de R\$ 2,00, 5 pulsos para cédula de R\$ 5,00 e assim sucessivamente até 100 pulsos para a cédula de R\$ 100,00 (INNOVATIVE TECHNOLOGY, 2018, p. 36).

O validador de moedas MEC26 apresenta um comportamento semelhante ao BV20. Sua saída apresenta um número de pulsos distinto para cada valor de moeda, programados previamente pelo operador, e para o projeto as moedas de R\$ 1,00, 50, 25 e 10 centavos apresentam respectivamente 1, 6, 3 e 9 pulsos (VINCE, 2017).

Uma vez enviados os dados referentes aos valores monetários lidos, se torna necessário o recebimento e a interpretação deste sinal pela plataforma microcontrolada. A priori, para realizar a leitura do sinal do BV20, bem como do MEC26, foi utilizada uma entrada digital do Arduino com resistor de *pull-up*, porém este método se mostrou falho em muitas medições, pois, os validadores apresentaram um sinal de tensão de aproximadamente 1,2V para nível alto e 0V para nível baixo, estando abaixo do nível lógico do Arduino. Para converter o sinal para o mesmo nível lógico do Arduino foi utilizado um drive intermediário para comunicação, sendo este um comparador de tensão simples. A Figura 22 representa o circuito utilizado.

Figura 22 - Esquemático do circuito de comunicação para os componentes do sistema de validação monetária.



Fonte: Própria.

O circuito comparador de tensão é amplamente utilizado para diversas aplicações, como monitoramento de carregamento de baterias, alarmes de temperatura, luminosidade entre outras. Tal circuito trabalha sempre com uma tensão de referência (V_{Ref}) e uma tensão de entrada (V_{IN}), onde o V_{IN} é comparado com o V_{Ref} .

No circuito de comunicação do projeto mostrado na Figura 22 a saída de sinal é feita por um optoacoplador, se comportando como uma chave, quando o sinal do comparador de

tensão é baixo a chave fecha seus contatos, quando o sinal é alto a chave abre, desta forma possibilita que o Arduino Mega 2560 leia os estados com uma função de contagem e atribuição para os quantidades de pulso.

O desenho da placa de circuito impresso foi realizado no software de CAD (desenho assistido por computador) EasyEDA, online e de acesso gratuito.

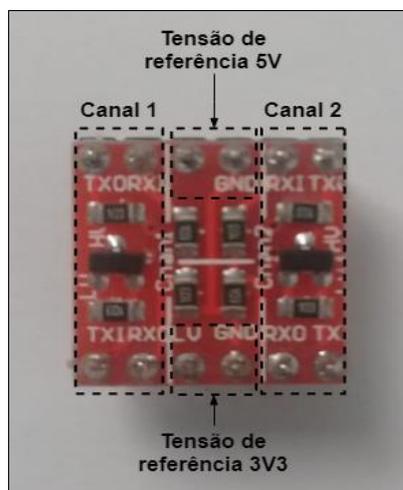
3.2.1.2 Circuito de integração entre os microcontroladores do projeto

O circuito de integração permite que todas as informações trocadas sejam transmitidas de forma segura e precisa, funciona como um elo, permitindo que todos os sistemas se comuniquem para que as funções sejam executadas de forma satisfatória.

O circuito trata-se de um conversor digital bidirecional de 5V para 3,3V e 3,3V para 5V. Sua utilização é necessária para que haja um correto nivelamento de tensão na comunicação entre a ESP-32 e o Arduino Mega 2560, uma vez que as saídas digitais da ESP-32 apresentam um nível de tensão de 3,3V e o Arduino mega uma nível de 5V.

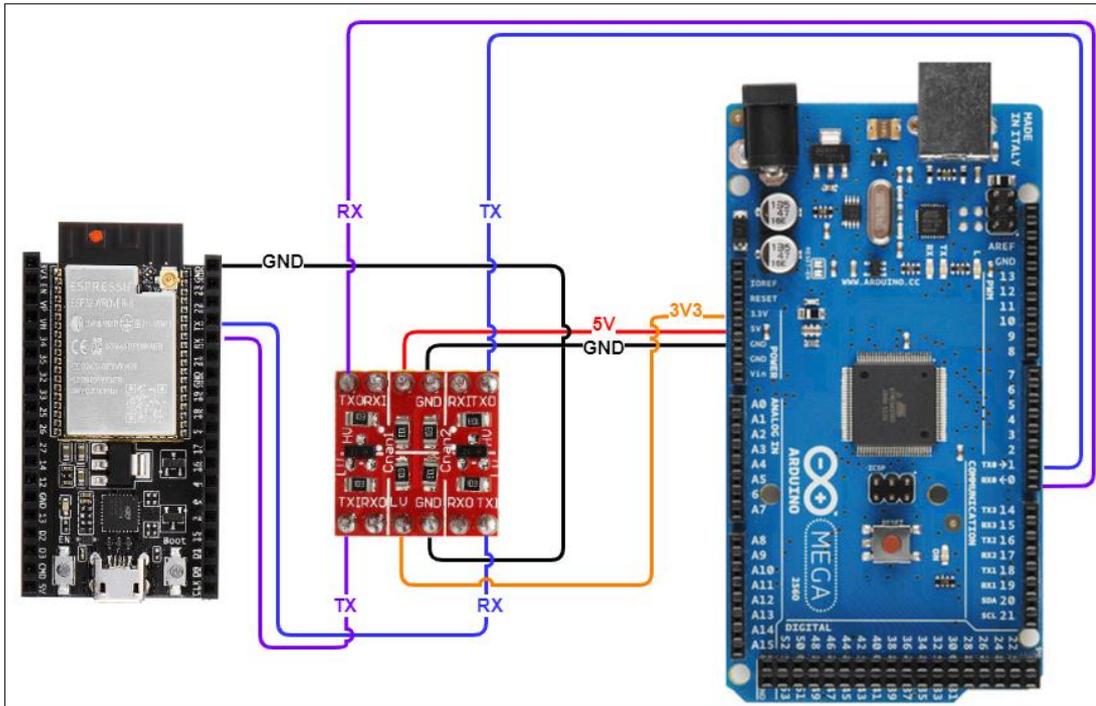
O circuito utilizado é o módulo conversor lógico 4MD19, que conta com dois canais para entrada das tensões de referência HV (5V) e LV (3,3V), dois canais bidirecionais TX0 e TXI (5V para 3,3V e 3,3V para 5V) e dois canais unidirecionais RX0 e RXI convertendo apenas de 5V para 3,3V. A Figura 23 mostra o módulo com suas entradas e saídas e na Figura 24 é possível visualizar a montagem do circuito.

Figura 23 - Circuito de integração entre os microcontroladores do projeto.



Fonte: Própria.

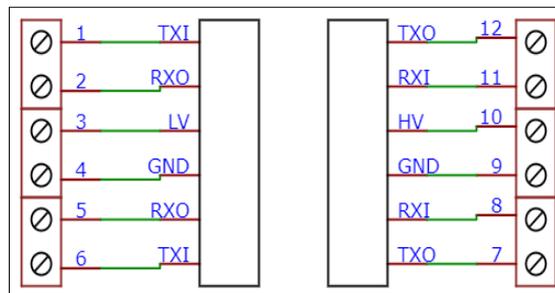
Figura 24 - Montagem do circuito de integração entre sistemas embarcados.



Fonte: Própria.

A fim de incorporar de forma facilitada o módulo 4MD19 na montagem do projeto, foi desenvolvida uma placa para sua conexão, esta placa objetiva uma manutenção mais flexível, uma vez que o módulo em questão pode ser colocado e retirado com facilidade, assim como a conexão mecânica em seus terminais é simplificada pelo uso de bornes. A Figura 25 mostra o esquemático da placa desenvolvida no software EasyEDA.

Figura 25 - Representação 3D do circuito usinado e montado.



Fonte: Própria.

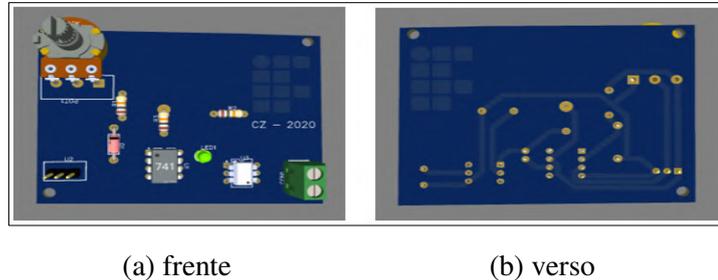
3.2.2 Prototipagem de placas de circuito impresso e suportes de fixação

Parte importante do desenvolvimento do projeto, refere-se aos cuidados correspondentes aos circuitos de integração e sua fixação no gabinete. A confecção dos circuitos de integração em PCI's (Placas de Circuito Impresso) objetiva aumentar a robustez do projeto e facilitar suas conexões, já a confecção dos suportes de fixação destina-se a flexibilizar a montagem física e sua manutenção.

3.2.2.1 Prototipagem de placas de circuito impresso

A prototipagem das placas de circuito impresso colaboraram para a facilitação da montagem e manutenção do projeto, o que o tornou mais robusto. As Figuras 26 e 27 mostram o modelo 3D de cada circuito desenvolvido no tópico anterior.

Figura 26 - Representação 3D do circuito usinado e montado.

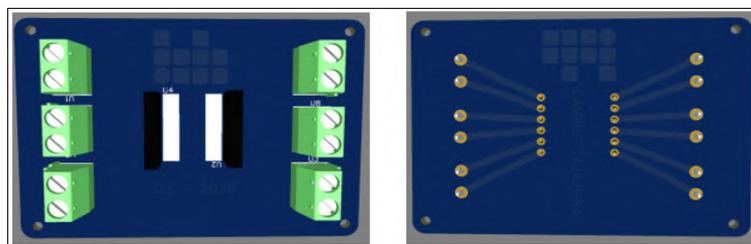


(a) frente

(b) verso

Fonte: Própria.

Figura 27 - Circuito acoplador para circuito de integração entre sistemas embarcados.



(a) frente

(b) verso

Fonte: Própria.

3.2.2.2 Suportes de fixação

Parte do trabalho se dedicou à fixação dos componentes de integração, para que o projeto funcione de forma segura e organizada no ponto de vista da montagem física.

As placas desenvolvidas para comunicação, seja entre sistemas ou entre componentes e a unidade de processamento, precisam ser devidamente fixadas de forma que facilitasse a manutenção. Diante destas condições foi desenvolvido um modelo de suporte único, uma vez que as placas de integração foram construídas com as mesmas dimensões métricas.

O modelo foi desenvolvido no Fusion 360, software CAD gratuito de modelagem 3D e confeccionado numa impressora 3D modelo Anet A8, de tecnologia FDM. Na Figura 28 pode ser observado o modelo de suporte desenvolvido no ambiente do software, assim como posterior a impressão.

Figura 28 - Suporte para fixação das placas de integração.

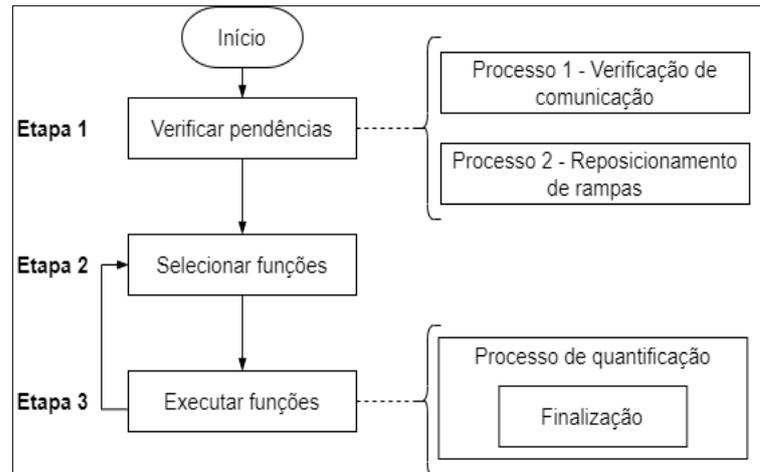


Fonte: Própria.

A fim de cumprir a condição de facilitação da manutenção, o modelo apresenta cones superiores, destinados à fixação das placas por meio de parafusos e em sua base apresenta abas com furo passante nas extremidades. Este design permite que os suportes possam ser realocados com facilidade, sem a necessidade de retirar a placa toda vez que houver um reposicionamento.

3.2.3 Software de integração

Para melhor entendimento do comportamento do software que controla o projeto a Figura 29 mostra o fluxograma resumido da sequência de operação. São três etapas, responsáveis por executar tarefas distintas e necessárias.

Figura 29 - Fluxograma geral de funcionamento⁴.

Fonte: Própria.

Etapa 1 – Verificar pendências

A etapa de verificação de pendências, têm a funcionalidade de aferir erros para eventualmente serem corrigidos, a etapa compreende dois processos de rotina para verificação do bom funcionamento de ferramentas essenciais.

Processo 1 – Verificação de comunicação

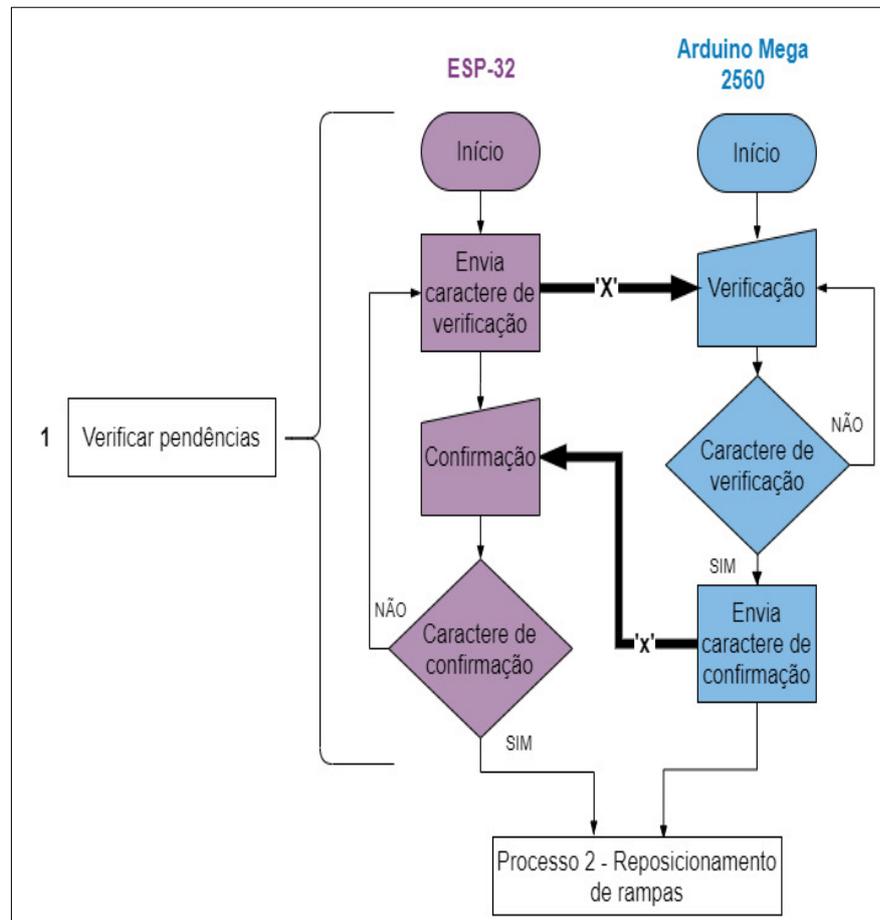
O processo de verificação de comunicação, ocorre entre os sistemas embarcados do projeto (ESP-32 e Arduino Mega 2560), uma vez que o programa é iniciado a ESP-32 envia o caractere de verificação em caixa alta para o Arduino e aguarda o recebimento do mesmo caractere em caixa baixa. Caso a ESP-32 não receba o caractere de confirmação dentro de um breve período após o envio, o software permanece em loop, realizando os mesmos passos até que haja a confirmação de conexão, caso contrário, ou seja, sendo a ESP-32 prontamente respondida a etapa 1 segue para o próximo processo.

O processo da verificação de comunicação é importante para detecção de erro, uma vez, que, todo o funcionamento do projeto depende da comunicação entre todos os sistemas, a não

⁴ Os códigos usados para o controle do trabalho, em ambas plataformas embarcadas, que são descritos no decorrer desse tópico estão disponíveis no link: https://github.com/LelisSoares/Modulo_Arrecador.

comunicação representa o não funcionamento, com isto o programa é impedido de seguir. O fluxograma desse processo pode ser visto na Figura 30.

Figura 30 - Processo 1.



Fonte: Própria.

O envio do caractere da ESP-32 para o Arduino é representado pelo bloco “Envia caractere de verificação”, a conexão física, por onde essa informação trafega é representada pela seta de maior espessura, que, sai do bloco para uma entrada do fluxograma do Arduino, a letra ‘X’ apresentada dentro da seta representa de forma genérica o dado enviado, as mesmas observações referentes a comunicação se aplicam ao fluxograma do Arduino bem como os próximos que serão apresentados.

Após o Arduino receber a comunicação e o dado enviado for correspondente ao caractere de verificação, o mesmo envia a confirmação da comunicação, reenviando o caractere.

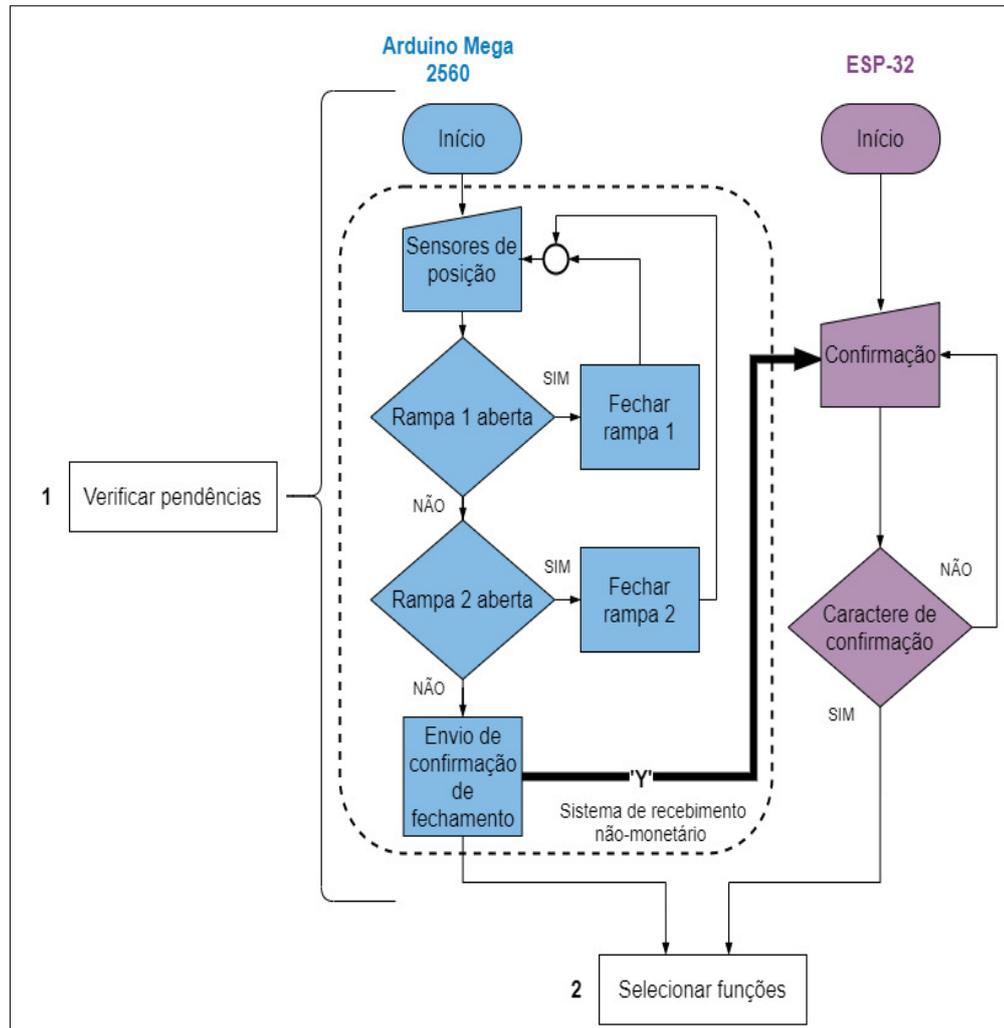
A lógica do fluxograma do processo 1 é uma estrutura simples, sendo empregada em outras partes do software do projeto.

Processo 2 - Reposicionamento de rampas

Após concluído o processo 1, entra em atividade a verificação do correto posicionamento das rampas do sistema de recebimento não-monetário, uma vez que estas podem permanecer abertas após um desligamento abrupto enquanto um usuário esteja realizando doações, o desligamento pode ser decorrente a uma queda de energia na rede local ou por mal manuseio, de toda a forma é importante que ao iniciar o projeto as rampas comecem fechadas.

Diante disso há uma verificação por parte do sistema de recebimento não-monetário seguida de um eventual reposicionamento das rampas caso se encontrem abertas. A Figura 31 mostra o fluxograma nesta parte do software.

Figura 31 - Processo 2.



Fonte: Própria.

Como pode ser observado na Figura 31, o Arduino Mega controla o sistema de recebimento não-monetário e faz a verificação da posição das rampas, caso alguma das rampas se encontre aberta o programa corrige a posição executando o fechamento, quando as rampas encontram-se corretamente fechadas o sistema de recebimento não-monetário envia por meio do Arduino um caractere de confirmação de fechamento para a ESP-32, que se encontrava em loop aguardando a confirmação para seguir, isto é importante, pois, caso haja alguma falha de execução do fechamento das rampas o programa não deve seguir, até que, o problema seja solucionado. Feito isso o fluxograma dos dois sistemas embarcados segue para a próxima etapa.

Etapa 2 – Selecionar funções

Esta etapa compreende parte da interação do projeto com o usuário bem como da inicialização e integração entre sistemas.

A exibição das opções ocorre através do sistema de navegação, sendo este o responsável pela interface homem/máquina, exibindo por meio de seu monitor as opções dadas aos usuários referentes às funções acessíveis para realização de doações, as funções podem ser solicitadas pressionando o botão correspondente alinhado à esquerda de cada opção, como pode ser visto na Figura 32.

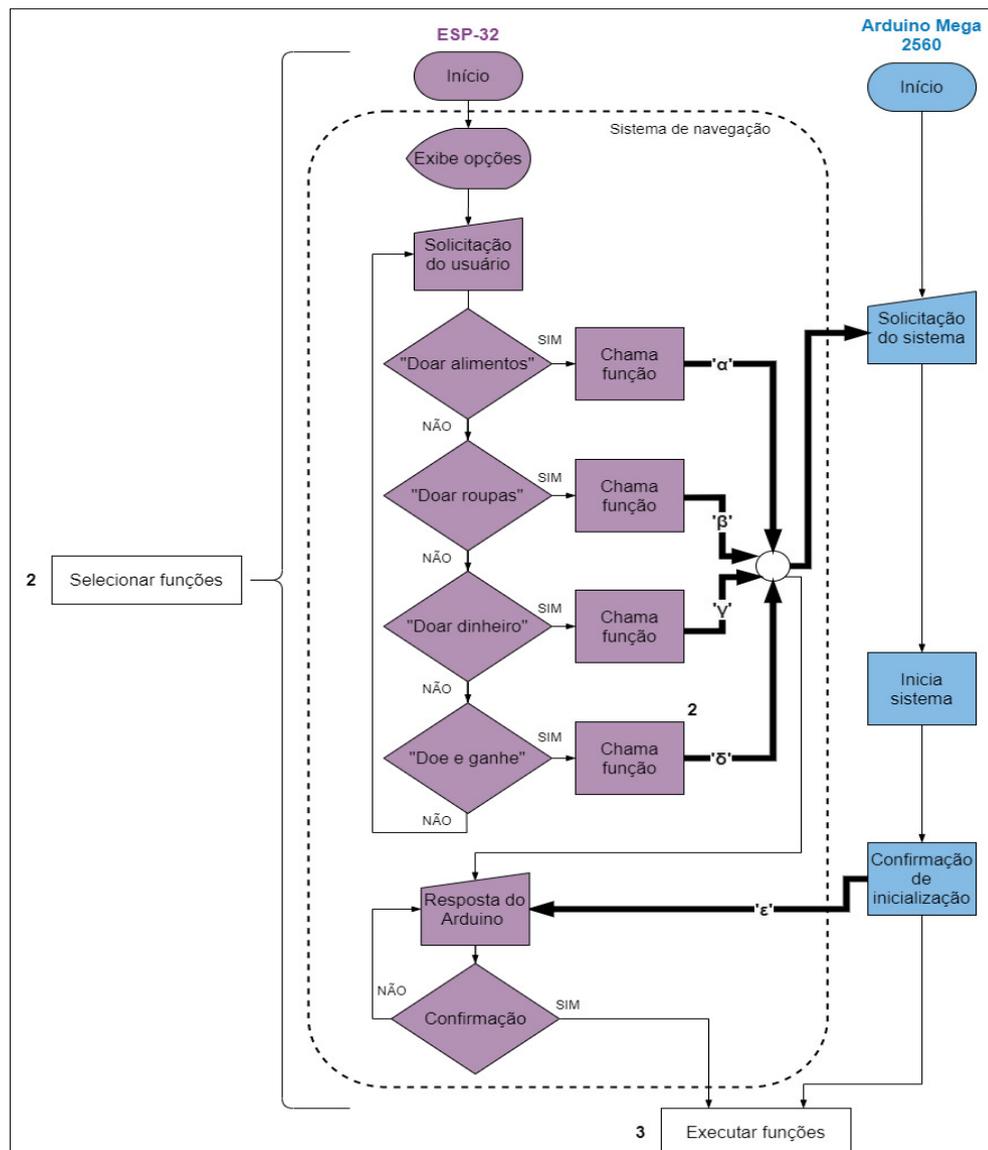
Figura 32 - Tela para seleção das funções.



Fonte: Própria.

Posteriormente o sistema de navegação faz a leitura dos botões, quando um desses é pressionado o sistema de navegação inicia a função correspondente, enviando um caractere específico para inicialização do(s) sistema(s) envolvido(s) na execução da função. A etapa “*Selecionar funções*” permanece em constante loop enquanto não haja interação com o usuário. A Figura 33 mostra o fluxograma da etapa 2 resumido em apenas um processo.

Figura 33 - Etapa 2.

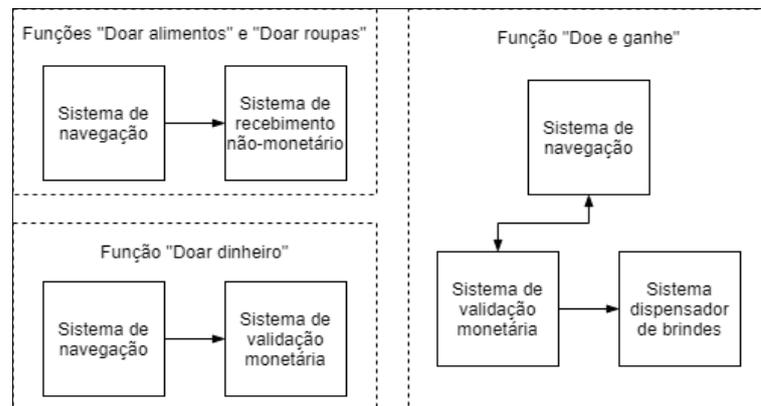


Fonte: Própria.

O software da etapa 2, representado pelo fluxograma da Figura 33, tem por finalidade receber a solicitação do usuário sobre qual função do projeto deseja acessar, uma vez que o sistema de navegação recebe o comando, através da leitura dos botões do sistema, envia um caractere correspondente para o Arduino Mega 2560, que por sua vez, o interpreta executando a inicialização do sistema que precisa ser integrado para que a função seja executada, quando efetuada a inicialização o Arduino comunica ao sistema de navegação que o sistema requisitado para a função está disponível, e desta forma o software segue a etapa 3,

Para entender melhor o funcionamento do projeto é interessante discorrer um pouco mais sobre as características das funções. São quatro as funções do presente trabalho, que se destinam a receber e dispensar, sendo elas “Doar alimentos”, “Doar roupas”, “Doar dinheiro” e “Doe e ganhe”. As funções trabalham com a integração de dois ou mais sistemas sendo o sistema de navegação comum a todas. Na Figura 34 é mostrado quais sistemas são integrados em cada função.

Figura 34 - Funções e integração entre seus respectivos sistemas.



Fonte: Própria.

Na Figura 34 é possível observar quais sistemas são integrados para cada função do projeto, as funções “Doar alimentos” e “Doar roupas” contam com a integração dos mesmos sistemas, para a função “Doar dinheiro” os sistemas integrados são o sistema de navegação e o sistema de validação monetária, já para a função “Doe e ganhe” é necessário a integração de três sistemas, sendo eles sistema de navegação, sistema de validação monetária e sistema dispensador de brindes.

Etapa 3 – Executar funções

É interessante frisar que após a conclusão da inicialização do sistema atuante da função selecionada, haverá a troca de dados do Arduino para a ESP-32, referente às quantidades doadas, esta comunicação é protocolada de maneira que cada caractere enviado está atrelado a uma unidade e um valor, que dependem da função em execução, mais adiante será abordado o protocolo de comunicação desenvolvido para este projeto, com maiores informações.

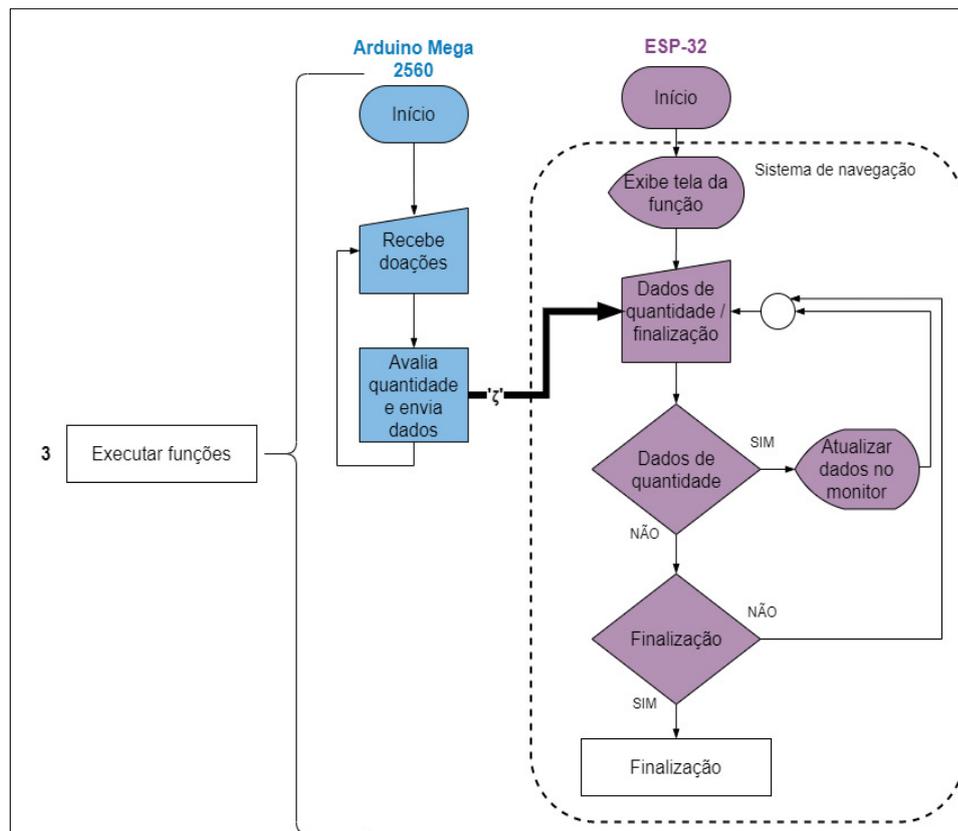
Esta etapa engloba de forma geral toda a execução das funções do projeto, bem como todos os seus processos.

A fim de familiarizar o leitor com o comportamento geral do programa de integração do projeto, o próximo tópico busca mostrar os processos gerais de comunicação e execução desta etapa, tendo em vista que cada função tem suas particularidades de funcionamento e explicá-las antes de dar um apanhado geral pode vir a ser confuso. Finalizado o tópico Comportamento e fluxograma geral cada função será abordada com maiores detalhes de programação e funcionamento.

Processo de quantificação

O comportamento neste ponto da programação apresenta uma constituição independente da função em execução, o objetivo comum desta etapa do programa é a realização da leitura das doações, interação com o usuário, envio de dado de quantidade e a finalização da função. Os objetivos citados foram divididos em um processo e um subprocesso, um sendo o Processo geral de quantificação, responsável por controlar a leitura das doações, o envio de dados de quantidade e a interação com o usuário, o último chamado de Subprocesso geral de finalização é encarregado da finalização da função e é classificado como um subprocesso por estar contido no processo geral. A Figura 35 mostra o fluxograma do processo.

Figura 35 - Processo geral de quantificação.



Fonte: Própria.

Para que continue havendo a interação do projeto com o usuário é necessário que as informações referentes a função selecionada sejam exibidas, desta forma o sistema de navegação permanece ativo para a interação, recebendo dados dos demais sistemas em atuação. Na Figura 35 é possível notar a que o primeiro bloco do sistema de navegação é o bloco “Exibir tela da função” a fim de, interagir com o usuário exibindo as informações básicas da função selecionada como o título, que recebe o nome da função, os dados referentes às unidades, podendo ser alimentos, peças de roupas ou dinheiro, além da opção finalizar que será abordada no próximo subprocesso.

Os dados que o sistema de navegação recebe neste processo, são os dados das quantidades que estão sendo doadas, enviados pelos demais sistemas. Qualquer uma das funções selecionadas se destina prioritariamente a receber e quantificar os itens doados, logo que um item é doado o sistema reconhece, quantifica e envia para o sistema de navegação. No fluxograma da Figura 35 esse envio é representado pela seta de maior espessura saindo do bloco “Avaliar quantidades e enviar dados” para o bloco de entrada “Dados de quantidade /

Finalização”, do Arduino para a ESP-32, o dado presente na seta é um caractere genérico a fim de representar os caracteres enviados por qualquer sistema. Ainda na Figura 35 é importante deixar claro que, o fluxograma do Arduino Mega 2560 representa de forma resumida o programa de qualquer sistema controlado pelo Arduino que se encontre em atuação no momento da execução de uma função.

Quando um caractere é enviado para o sistema de navegação, este chega no bloco de entrada “Dados de quantidade / Finalização” e é direcionado para o bloco “Atualiza dados no monitor”, que permite que os dados recebidos sejam sempre atualizados na tela da função, logo após sua execução o fluxograma retorna o aguardo de novos dados ou da finalização, que por sua vez é solicitada pelo usuário. A finalização da função é lida através do botão alinhado à esquerda da opção “Finalizar”, que pode ser visto na Figura 36, bem como as informações básicas de cada função.

Figura 36 - Tela padrão de cada função.



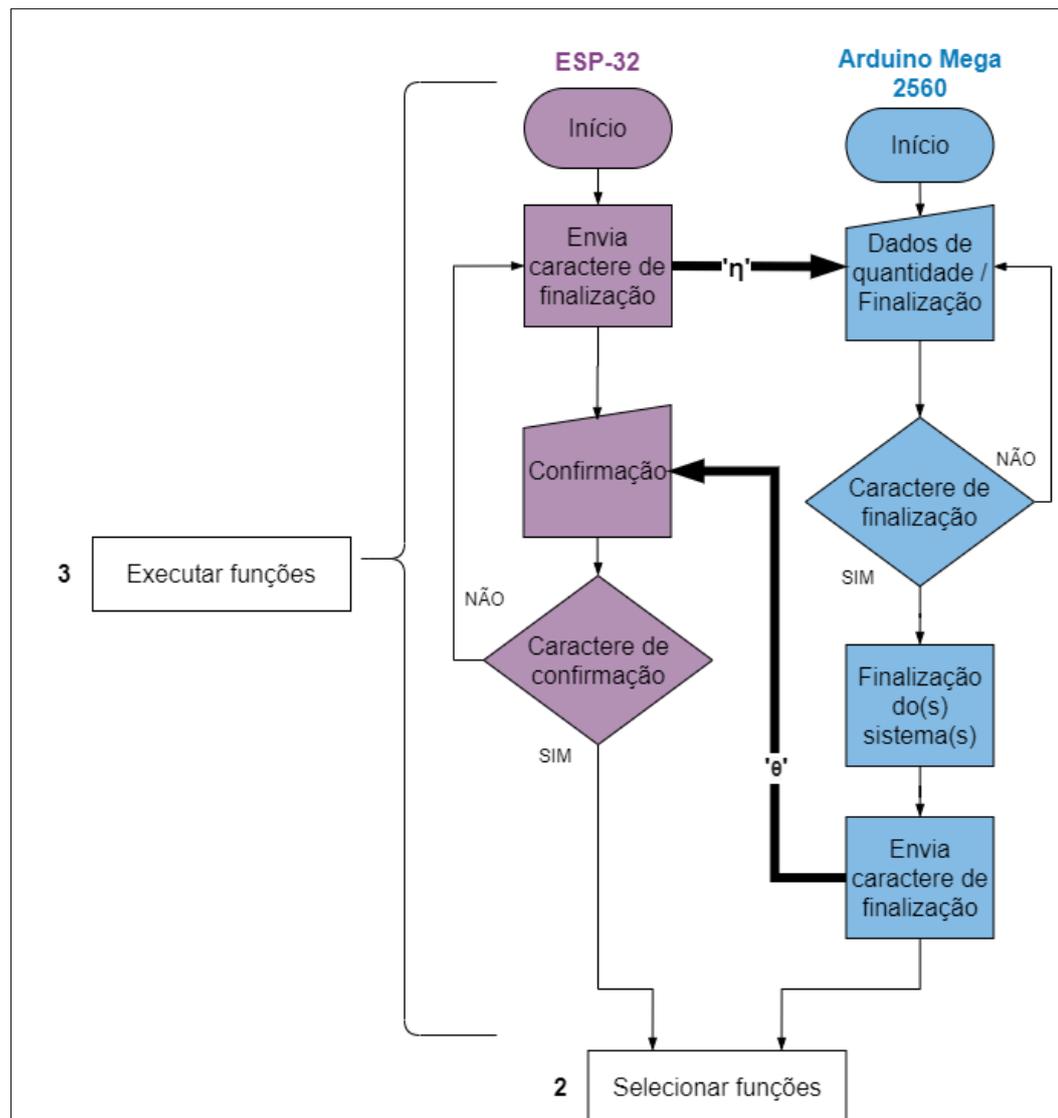
Fonte: Própria.

Finalização

Quando a opção finalizar é solicitada pelo usuário o processo geral de quantificação é encerrado dando início ao subprocesso de finalização.

O subprocesso de finalização segue o mesmo caminho lógico empregado no processo 1 da etapa 1 e da etapa 2, onde um caractere é enviado da ESP-32 ou do sistema de navegação a fim de gerar um comando no Arduino Mega 2560 ou nos sistemas controlados por este, permanecendo em aguardo da confirmação de execução de uma tarefa. A Figura 37 mostra o fluxograma desse subprocesso.

Figura 37 - Subprocesso geral de finalização.



Fonte: Própria.

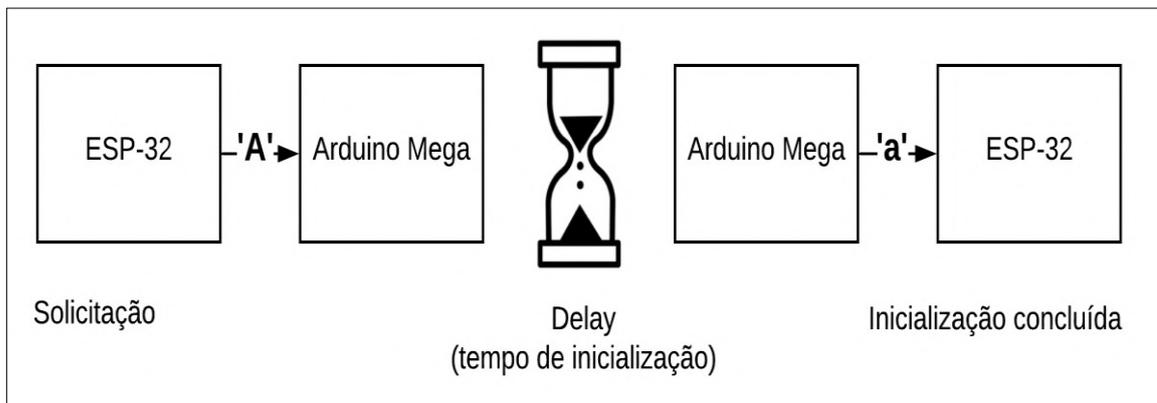
O subprocesso de finalização é necessário para garantir que os sistemas retornem à etapa 2 “Selecionar funções”, para que possam ocorrer indefinidas doações. A comunicação da finalização dos sistemas controlados pelo Arduino, é semelhante a inicialização, onde desta vez há uma rotina destinada ao desligamento entre outras atividade específicas, como por exemplo, o fechamento das rampas.

3.2.4 Protocolo de comunicação

O protocolo desenvolvido para a integração do projeto possui três estágios de comunicação, sendo estes inicialização, quantificação e finalização.

A etapa de inicialização é necessária, pois cada sistema necessita de um período (unidades de segundos) para que seus componentes sejam energizados e/ou posicionados corretamente, objetivando um bom funcionamento do sistema. A inicialização é solicitada pelo sistema de navegação e uma vez que o usuário chama uma função, a ESP-32 envia um caractere de inicialização específico para o Arduino Mega, sendo cada caractere responsável pela inicialização do seu sistema correspondente. Quando recebido, o Arduino inicializa o sistema determinado e após um breve período confirma a conclusão da inicialização enviando o mesmo caractere para a ESP-32. A Figura 38 ilustra a inicialização mostrando os passos nesse estágio de comunicação.

Figura 38 - Estágios de comunicação.

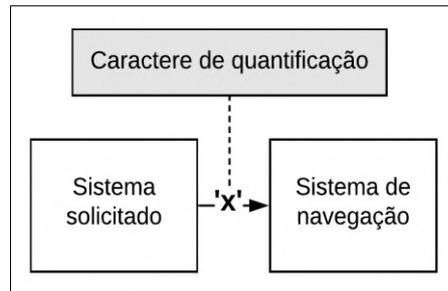


Fonte: Própria.

O estágio de quantificação se trata da troca de dados entre o sistema solicitado e o sistema de navegação e tem a finalidade de informar ao sistema de navegação da situação atual, para que os dados da função em execução sejam exibidos pelo monitor.

Este estágio é chamado de quantificação, pois, todas as funções do projeto quando em execução se destinam a quantificar o que está sendo doado pelos usuários. Desta forma os dados (caracteres) referentes à quantidade, são enviados dos demais sistemas responsáveis por arrecadar as doações para o sistema de navegação, com o objetivo de atualizar os valores doados na tela. Na Figura 39 é possível visualizar como a comunicação acontece.

Figura 39 - Envio de caracteres.



Fonte: Própria.

De forma geral, quando a função solicitada se encontra em execução o sistema permanece na espera de depósitos, até contabilizar o item correspondente a sua funcionalidade. Feito isso, o sistema envia o caractere correspondente a quantidade contabilizada para o sistema de navegação, que por sua vez, recebe e realiza a atualização dos valores doados no monitor. Cada caractere corresponde a uma quantidade para as funções.

Por fim, no estágio de finalização, a comunicação se resume a apenas dois caracteres gerais, enviado do sistema de navegação para os demais sistemas quando o usuário solicita a finalização, após selecionada a finalização o sistema de navegação enviado o caractere para os demais sistemas em execução, quando estes recebem o comando realizam o desligamento de seus componentes e/ou os reposicionam, após o término desse processo os demais sistemas enviam a confirmação de finalização. Quando o processo de finalização é encerrado o sistema de navegação volta a tela para seleção das funções e o software do projeto volta para a segunda etapa.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

É importante informar ao leitor, que devido a pandemia do novo coronavírus, a montagem do projeto para integração de seus sistemas não foi realizada de forma completa, por conta da suspensão do acesso aos laboratórios do campus. Em decorrência disso, o sistema de recebimento não-monetário não pode ser integrado nem testado.

Por não contar com o sistema de recebimento não-monetário o projeto deixou de ofertar duas funções dependentes desse sistema, sendo elas 'Doar alimentos' e 'Doar roupas', por consequência a integração apresenta apenas duas funções, sendo 'Doar dinheiro' e 'Doe e ganhe', como pode ser observado na Figura 40.

Figura 40 - Tela para seleção das funções.



Fonte: Própria.

Tendo em vista tal cenário, para a análise dos resultados foi adotado um caso de uso, abordando a execução da função ‘Doe e ganhe’, esta função foi escolhida, pois engloba todos os sistemas restantes. Para seu funcionamento é necessário a integração entre o sistema de navegação, o sistema de validação monetária e o sistema dispensador de brindes. A Figura 34. mostra os sistemas que compõem essas funções.

4.1 DESCRIÇÃO DO CASO DE USO

O caso de uso se propõe a analisar a execução da função ‘Doe e ganhe’ tendo como guia o tópico **3.2.3 Software de Integração**, que será relacionado com as etapas e processos decorrentes da execução.

Para fazer o acompanhamento da execução da função foi utilizado o Monitor Serial da IDE Arduino conectada na placa Arduino Mega, que permite o debug, ou seja, a observação passo a passo de cada etapa ou processo do software. Para o acompanhamento da execução foi usado também um osciloscópio, para analisar os sinais elétricos nas portas TX e RX da ESP-32, assim visualizando os sinais trocados entre os sistemas embarcados do projeto.

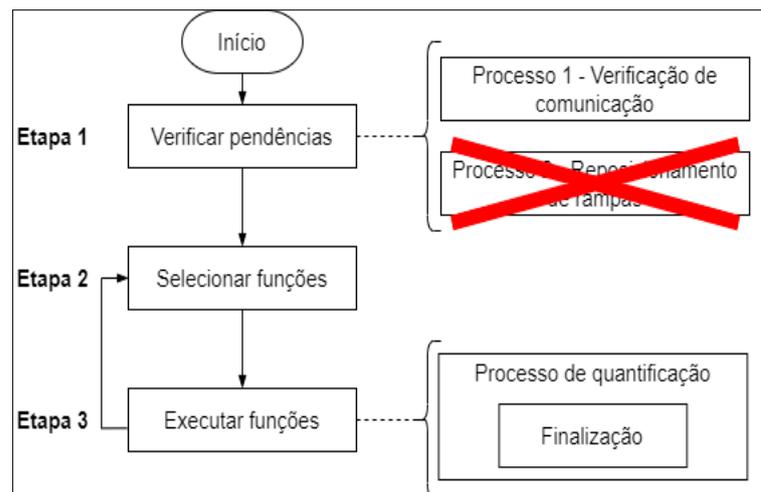
Antes de entrar em detalhes sobre a análise dos resultados é interessante fazer uma descrição da função ‘Doe e ganhe’. Ela é acessada mediante a solicitação do usuário ao pressionar o botão correspondente. Após solicitação, é iniciada a integração pela comunicação com o slave (Arduino). Iniciada a comunicação, a ESP-32 recebe dados sobre os valores depositados e a função pode seguir dois fluxos diferentes: caso o Arduino receba valores equivalentes ao valor dos brindes, quando o usuário pressionar o mesmo botão que iniciou a

função, um número de brindes correspondente será dispensado e a função será finalizada; caso o Arduino não receba valores equivalentes aos brindes e o botão seja pressionado, apenas a finalização da função será realizada.

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO CASO DE USO

É importante reforçar que devido à não integração do sistema de recebimento não-monetário, foi necessário ajustar o código para atender apenas às funções “Doar dinheiro” e “Doe e ganhe”. Desta forma o **Processo 2 - Reposicionamento de rampas** da primeira etapa foi excluído do software do projeto, uma vez que era específico para o sistema de recebimento não-monetário. Na Figura 41 pode ser visualizado o diagrama geral alterado.

Figura 41 - Fluxograma geral de funcionamento.

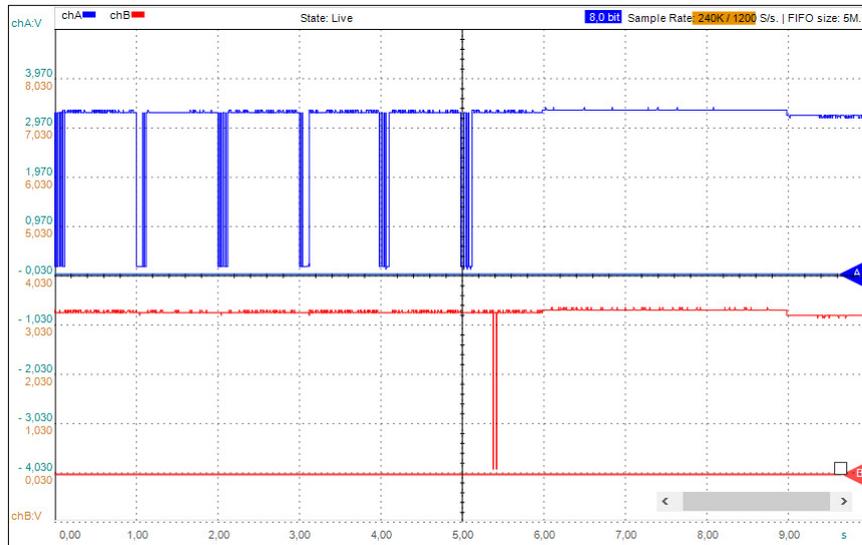


Fonte: Própria.

4.2.1 Etapa 1

A etapa 1 apresenta agora apenas um processo, sendo ele a verificação de comunicação que deve ser realizada de forma automática logo após a alimentação elétrica da máquina de doação. Este processo é designado como **Processo 1 - Verificação de comunicação** e seu fluxograma pode ser visto em detalhes no capítulo 3 no tópico **3.2.3 Software de Integração**. A Figura 42 mostra os sinais de comunicação serial, sendo medidos a partir do canal A conectado ao TX e do canal B conectado ao RX, ambos da ESP-32.

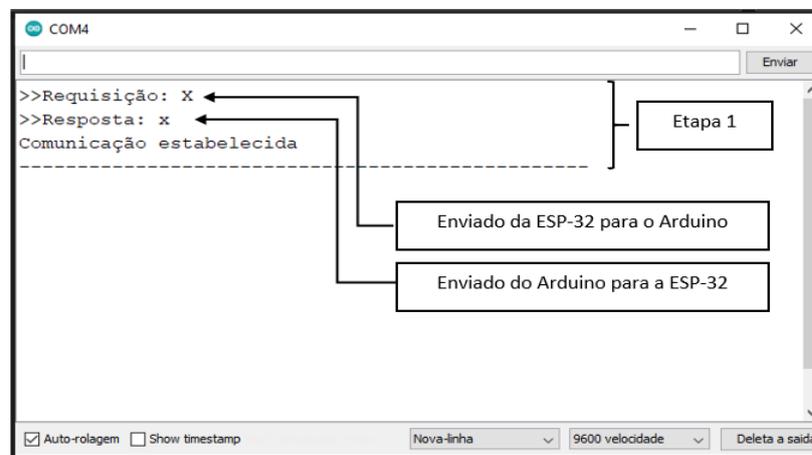
Figura 42 - Comunicação serial da etapa 1.



Fonte: Própria.

Após a alimentação da máquina, a ESP-32 envia sinais com um período de 1s para o Arduino Mega, na tentativa de estabelecer comunicação. Os sinais emitidos pela ESP-32 são apresentados pelo canal A na parte superior da Figura 42. Quando o Arduino reconhece o sinal da ESP-32, envia logo em seguida a confirmação, apresentada pelo canal B na parte inferior da Figura 42. Após a confirmação do Arduino, a ESP-32 cessa os sinais periódicos e ambos sistemas embarcados ficam prontos para a próxima etapa. A Figura 43 mostra o debug que aparece no monitor serial do Arduino Mega, neste processo.

Figura 43 - Debug da etapa 1.

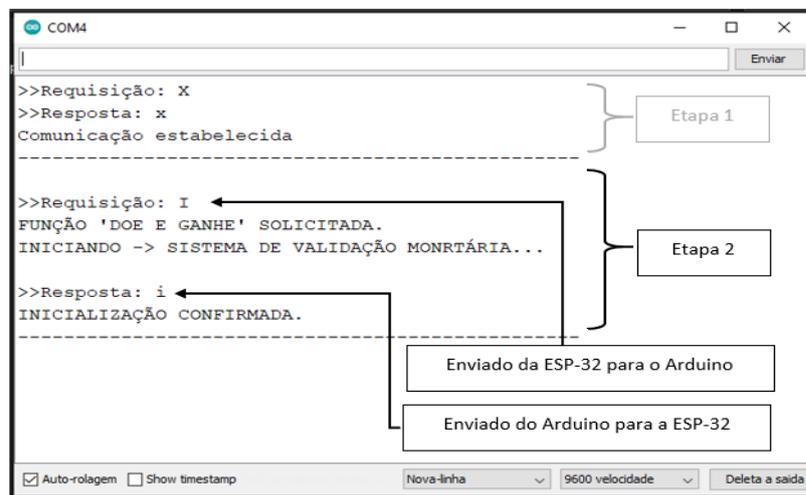


Fonte: Própria.

4.2.2 Etapa 2

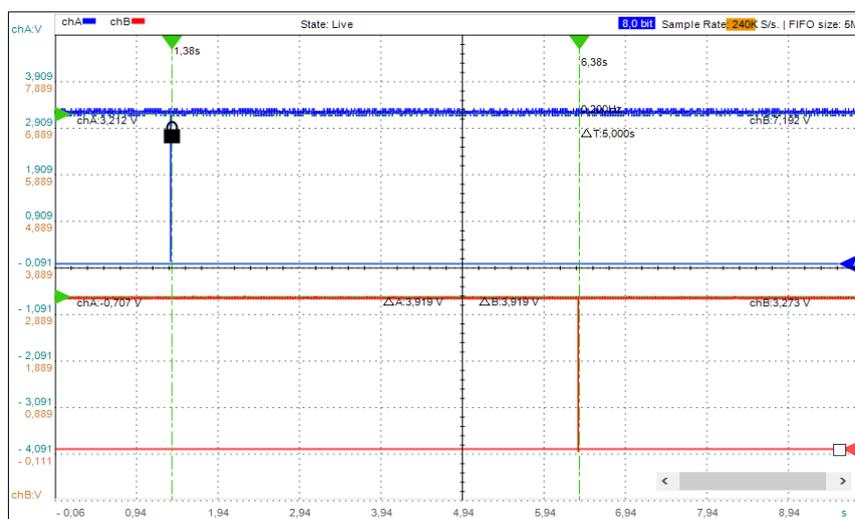
Nesta etapa, a ESP-32 fica em repouso esperando uma provocação do usuário. O sistema fica aguardando que o usuário escolha uma função para que ela possa ser preparada para a execução. De forma semelhante à etapa anterior, em decorrência da escolha do usuário, a ESP-32 envia o sinal para a ativação do sistema da função e aguarda a confirmação. Quando o Arduino Mega recebe o comando, executa a preparação do sistema e confirma a preparação, enviando um sinal para a ESP-32. A Figura 44 mostra o debug desta etapa e é possível observar o que acontece, também pelo osciloscópio, como retratado pela Figura 45.

Figura 44 - Debug da etapa 2.



Fonte: Própria.

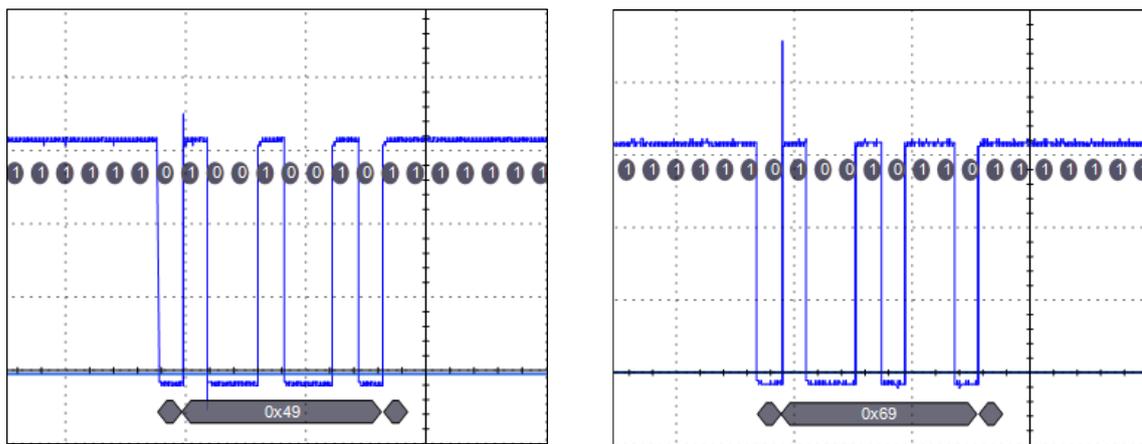
Figura 45 - Comunicação serial da etapa 2.



Fonte: Própria.

Através da Figura 45 é exposto o comportamento da inicialização falado anteriormente no capítulo 3 e é possível notar que após o envio do comando da ESP-32 há um atraso de aproximadamente 5s para a resposta de confirmação do Arduino Mega. Isso acontece pois esse é o tempo que o sistema precisa para ser iniciado corretamente. Na Figura 46 pode ser visualizado os caracteres trocados durante esse processo.

Figura 46 - Decodificação da comunicação serial da etapa 2.



(a) Sinal enviado da ESP-32 para o Arduino

(b) Sinal enviado da Arduino para a ESP-32

Fonte: Própria.

A imagem (a) da Figura 46 mostra os bits enviados da ESP-32 para o Arduino, medidos pela porta TX da ESP-32. Percebe-se que os bits correspondem ao valor 49 em hexadecimal, que equivale ao caractere ‘I’ da tabela ASCII (American Standard Code for Information Interchang). O caractere ‘I’ é o caractere de inicialização da função “Doe e ganhe”, conforme protocolo presente no Quadro 1 em **APÊNDICE A**.

Logo na imagem (b) da Figura 46 são mostrados os bits do sinal de resposta do Arduino, que correspondem ao valor 69 em hexadecimal e que equivale ao caractere ‘i’ da tabela ASCII. Esse caracter informa a confirmação da inicialização, enviado do Arduino para a ESP-32, que foi medido através da porta RX da mesma.

Nos processos de comunicação posteriores, a integração se dá de forma semelhante ao apresentado neste tópico, onde um caractere é enviado, de um sistema de origem e entendido por um sistema de destino, gerando assim as interações de execução da função do projeto.

4.2.3 Etapa 3

A etapa 3 tem como propósito a execução de fato da função selecionada, é por ela que todos os componentes que integram a função se comunicam para realizar o trabalho de forma ordenada e seu início se dá logo após a confirmação de inicialização da função. Essa etapa conta com um processo e um subprocesso, sendo eles respectivamente: quantificação e finalização, que podem ser observados na Figura 41.

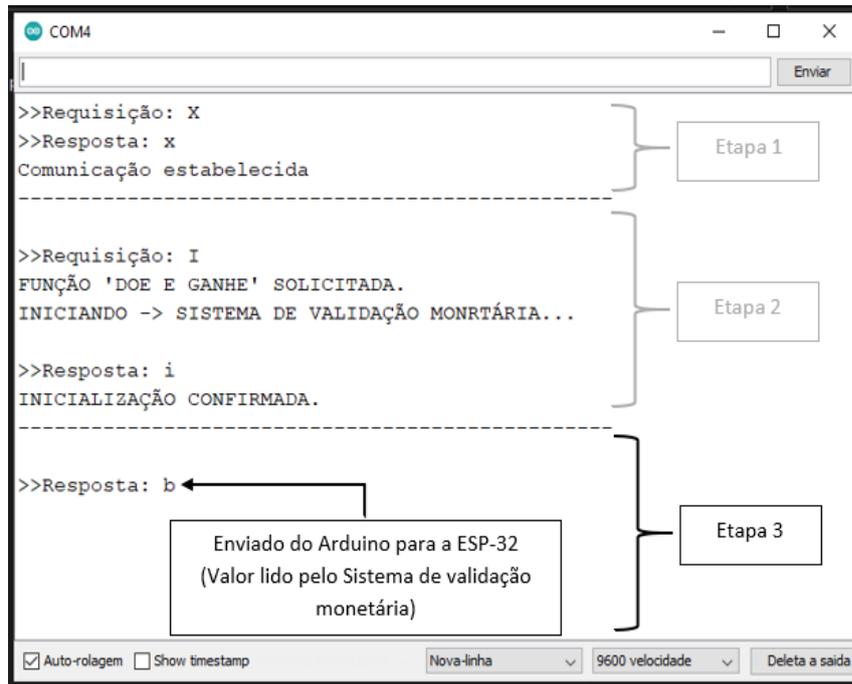
Por estarmos abordando um caso de uso da função “Doe e ganhe” esse tópico se dividirá em duas situações: situação (1) - Usuário deposita um valor correspondente aos brindes e finaliza em seguida e, situação (2) - Usuário não deposita um valor correspondente aos brindes e finaliza em seguida.

Situação (1)

Apenas para a análise em tempo de desenvolvimento, foi atribuído um valor arbitrário de R\$5,00 como o preço de um brinde, logo, quando o usuário depositar um valor igual terá direito a um brinde ou uma quantidade de brindes equivalente ao valor depositado, caso seja maior que R\$5,00.

Para a situação (1) foi depositado um valor de R\$5,00 e finalizada a função logo após o depósito. Para que a função seja executada com sucesso o sistema de recebimento monetário deve reconhecer o valor depositado e comunicar para o sistema de navegação. O sistema de navegação, por sua vez, quando recebe o comando de finalização informa ao sistema de recebimento monetário que repassa a quantidade correta de brindes a ser dispensada para o sistema dispensador de brindes e confirma a finalização da função. A função é finalizada apenas quando o sistema dispensador de brindes finaliza sua tarefa. A Figura 47 mostra os procedimentos que ocorreram logo após o depósito de R\$5,00 na função “Doe e ganhe”.

Figura 47 - Debug de quantificação da etapa 3.



Fonte: Própria.

Na Figura 47 podemos ver que o Arduino Mega enviou o caractere 'b' referente ao valor de R\$5,00 (consultar **APÊNDICE B**). Após o recebimento desse valor a ESP-32 atualizou a tela para o usuário da máquina. Efetuada a atualização das informações no sistema de navegação o botão referente a dispensa do brinde e finalização da função foi pressionado. Na Figura 48 pode ser visualizado o que aconteceu neste momento.

Neste caso foi solicitada a execução da função, porém, nenhum valor foi depositado e, depois de um breve período, o comando de finalização foi chamado, após o pressionamento do botão correspondente, encerrando assim a função. A Figura 49 mostra o procedimento ocorrido.

Figura 49 - Debug completo da situação (2).

```

COM4
>>Requisição: X
>>Resposta: x
Comunicação estabelecida
-----
>>Requisição: I
FUNÇÃO 'DOE E GANHE' SOLICITADA.
INICIANDO -> SISTEMA DE VALIDAÇÃO MONRTÁRIA...
>>Resposta: i
INICIALIZAÇÃO CONFIRMADA.
-----
>>Requisição: Z
>>Resposta: z
FINALIZAÇÃO CONFIRMADA.
-----
 Auto-rolagem  Show timestamp
Nova-linha 9600 velocidade Deleta a saída
  
```

Fonte: Própria.

Note que a Figura 48 da situação (1) se diferencia da Figura 49 da situação (2) pela presença do funcionamento do sistema de dispensa de brindes, que só é acionado quando valor depositado é adequado e pela presença do comando relativo ao valor monetário doado pelo usuário.

4.3 SOBRE OS RESULTADOS

No caso de uso tivemos a situação (1), em que o usuário foi até o módulo, selecionou a função “Doe e ganhe”, depositou um valor igual ao valor do brinde, solicitou o recebimento do brinde, recebeu o brinde e foi embora; bem como a situação (2), em que o usuário selecionou a mesma função, não realizou uma doação, finalizou a execução da função e também foi embora.

Para gerenciar essa interação com os sistemas embarcados do projeto, houve a comunicação entre os mesmos a fim de atender os comandos do usuário.

As duas situações mostram o funcionamento básico com todos os sistemas disponíveis⁵ do projeto, elas servem para simular um caso de uso real, onde um usuário pode ou não realizar o depósito e finalizar a função. A execução do caso de uso em ambas as situações se deu de forma satisfatória, cumprindo o que era esperado.

O caso de uso exemplifica também, as aplicações que o projeto pode oferecer como servir de máquina de vendas. No próximo capítulo serão discutidas as conclusões com base nos resultados obtido neste capítulo, bem como discorrerá sobre as possibilidades de trabalhos futuros.

⁵ A montagem da integração com os sistemas disponíveis pode ser vista em **APÊNDICE E** – Foto da montagem da integração dos sistemas disponíveis

5 CONCLUSÃO

O trabalho rendeu vários frutos, pois necessitou do desenvolvimento de diversos artifícios, códigos, dispositivos e sistemas para seu funcionamento. Exemplos do que foi desenvolvido durante o trabalho são: os sistemas abordados; os códigos de controle de cada sistema do projeto; as placas de circuito para integração e suportes para fixação de componentes. Alinhado ao processo educacional que cada fruto trouxe, durante seu desenvolvimento, tem o uso, que pode ser levado a outros projetos ou aplicações, como por exemplo: as placas de integração do tópico **3.2.1.1 Circuito de Comunicação para os Componentes do Sistema de Validação Monetária**, podem ser usadas para caixas de autoatendimento, em estacionamentos, supermercados, pedágios; o sistema dispensador de brindes juntamente com o seu código, pode ser utilizado em máquinas automáticas de vendas; o sistema de navegação com o seu código, pode ser usado como um sistema supervisorio simples e de baixo custo em um processo automático e o código com o sistema de recebimento não-monetário pode ser utilizado em um sistema de coleta seletiva.

Por não ter sido possível testar toda a integração, devido às ações de suspensão de acesso aos laboratórios, a fim de minimizar os riscos trazidos pela pandemia do novo coronavírus, os resultados foram prejudicados, uma vez que uma parte da integração não foi realizada.

Considerando como base os objetivos específicos, no trabalho é mostrado como foi desenvolvido a finalização dos sistemas do módulo; foi realizada uma pesquisa e desenvolvimento de circuitos de integração; os softwares controle e o protocolo de comunicação foram desenvolvidos e incorporados, bem como houve o planejamento e execução dos testes de integração, abordados no caso de uso. Dito isso, uma parte do objetivo do trabalho foi alcançado, mesmo que sem o teste de um sistema do projeto.

No que se refere aos resultados abordados no capítulo 4, que foi a fim de aferir o uso prático, pode-se constatar que com um maior avanço do algoritmo da integração as funcionalidades do projeto podem ser elevadas a um nível superior, desde sua etapa inicial de comunicação, para um controle e constatação de erros durante processos e posteriormente, até a integrações com outros sistemas. Exemplos para trabalhos futuros são:

- Melhoria do algoritmo do protocolo desenvolvido, incorporando funções de tratamento de erros na comunicação;

- Melhoria do sistema de validação monetária, através do desenvolvimento de um método de leitura dos validadores com menor ruído.
- Melhoria do algoritmo do sistema de navegação, através da criação de uma função de TimeOut e de uma tela com as informações das quantidades doadas;
- Melhoria de design do projeto, com objetivo de tornar sua confecção mais barata, rápida, tendo menor volume de gabinete com um bom volume de armazenamento;

REFERÊNCIAS

ANGAL. **About US**. 201-?. Disponível em: <<https://www.angal.co.uk/about-us>>. Acesso em: 26 de abril de 2020.

ARDUINO. **ARDUINO MEGA 2560 REV3**. 201-?. Disponível em: <<https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>>. Acessado em: 03 de abril de 2020.

AUTODESK. **3d modeling software**. S/D. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/solutions/3d-modeling-software>>. Acessado em: 19 de julho de 20.

BITLUNI. **bitluni / ESP32Lib**. 2019. Disponível em: <<https://github.com/bitluni/ESP32Lib>>. Acesso em: 01 de abril de 2020.

BLANKENSTEIN, Giselle Margareth. **Descarte de medicamentos industrializados para o uso humano no contexto da sustentabilidade: análise crítica**. 2017. Tese (Doutorado em Ciências) Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

BRASIL, EVERIS. **Principais processos da modelagem 3D**. 2019. Disponível em: <<https://medium.com/@everisBrasil/principais-processos-da-modelagem-3d-8f5baf86f53>>. Acessado em: 19 de julho de 2020.

CATSOULIS, J. **Designing Embedded Hardware**. 2. ed. 1005 Gravenstein Highway North, Sebastopol, CA 95472: O'Reilly, 2005.

COMACBR. **O QUE É SOFTWARE CAD?**. S/D. Disponível em: <https://comacbr.com/o_que_e_software_cad/>. Acessado em: 19 de julho de 20.

CUNICO, Marlon Wesley Machado. **Impressoras 3D: O novo meio produtivo**. Concep3d Pesquisas Científicas, 2015.

DIPJAR. **About**. 2020. Disponível em: <<https://www.dipjar.com/about>> Acesso em: 22 de abril de 2020.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP32 Datasheet**. 2020. espressif.com, Disponível em: <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 15 de abril de 2020.

GOODBOX. **About Us**. 201-?. Disponível em: <<https://www.goodbox.com/about-us/>>. Acesso em: 24 de abril de 2020.

GROOVER, Mikell. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. 3ª edição. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. p 96.

INNOVATIVE TECHNOLOGY. **GA02118 User Manual BV20**. 2018. 36 p. Versão 1.0.

MADEHOW. **Placa de circuito impresso**. 2020. Disponível em:

<<http://www.madehow.com/Volume-2/Printed-Circuit-Board.html>>. Acesso em: 18 de julho de 2020.

MAGALHÃES, Alexandre. **VGA (Video Graphics Array) - Parte I**. 23 de março de 2016.

Disponível em: <<https://agetechology.wordpress.com/tag/vga/>>. Acessado em: 14 de abril de 2020.

MCROBERTS, Michael. **Arduino básico / Michael McRoberts** ; [tradução Rafael Zanolli].

-- São Paulo : Novatec Editora, 2011.

MIHELJ, Matjaž, et al. **Robotics**. Second Edition. Gewerbestrasse 11, 6330 Cham,

Switzerland: Springer, 2019.

NEWTONCBRAGA. **Placas de circuito impresso (ALM345)**. 2013. Disponível em:

<<https://www.newtoncbraga.com.br/index.php/almanaque-tecnologico/205-p/7551-placas-de-circuito-impresso-alm345>>. Acessado em: 17 de julho de 2020.

NOERGAARD. Tammy. **Embedded Systems Architecture: A Comprehensive Guide for Engineers and Programmers**. Oxford, Reino Unido: Elsevier, 2005.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA

(brasil). **Semana de conscientização de perda e desperdício de alimentos**, 2018. Brasília,

DF. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1163036/>. Acesso

em: 15 de maio de 2019.

O'SULLIVAN. Dan; IGOE. TOM. **Physical Computing, Sensing and Controlling the**

Physical World with Computer. Thomson Course Technology. United States of America.

2004.

PARTAKE THE BREAD. **Encontre doações ou doe tudo que puder !**. 2018. Disponível

em: <https://partakethebread.com/quem-somos-2/>. Acessado em: 15 de maio de 2019.

PORTELA, Sérgio. **TOP 4 Impressoras 3D mais baratas! Conheça os modelos de**

entrada. 2020. Disponível em: <<https://3dlab.com.br/tag/anet-a8/>>. Acessado em: 10 de

setembro de 2020.

SOUZA, Fabio. **Arduino MEGA 2560**. 2014. Disponível em:

<<https://www.embarcados.com.br/arduino-mega-2560/>>. Acessado em: 27 de julho de 2020.

STEPHEN D. Umans. **Máquinas elétricas de Fitzgerald e Kingsley**. tradução: Anatólio

Laschuk. – 7. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : AMGH, 2014.

TEC.CI. **Circuito Impresso – Qual Laminado Utilizar Para Minha Placa?**. 20016.

Disponível em: < [https://tec-ci.com.br/blog/circuito-impresso/circuito-impresso-qual-](https://tec-ci.com.br/blog/circuito-impresso/circuito-impresso-qual-laminado-utilizar-para-minha-placa/)

[laminado-utilizar-para-minha-placa/](https://tec-ci.com.br/blog/circuito-impresso/circuito-impresso-qual-laminado-utilizar-para-minha-placa/) >. Acessado em: 17 de julho de 2020.

THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro UB. **Sensores Industriais–Fundamentos e**

Aplicações. 3ª Edição. São Paulo: Érica, Brasil, 2011.

VINCE. CH923/CH925/CH926/CH928/ JY923/JY925/JY926/JY928 coin acceptor: Features and caveats. 2017. Disponível em: <<http://blog.deconinck.info/post/2017/02/25/CH923/CH926/CH928-coin-acceptor-features-and-caveats>>. Acessado em: 06 de abril de 2020.

APÊNDICES**APÊNDICE A – Caracteres de inicialização**

Quadro 1 – Caracteres de inicialização

	Doar alimentos	Doar roupas	Doar dinheiro	Doe e ganhe
ESP-32	'A'	'R'	'C'	'I'
Arduino	'a'	'r'	'c'	'i'

APÊNDICE B – Caracteres de quantificação de cada função

Tabela 1 - Caracteres de quantificação de cada função

Sistema de recebimento não monetário / sistema de navegação		
Funções	Caracteres	Valor equivalente
<i>“Doar alimentos”</i>	‘a’	Um item alimentício
<i>“Doar roupas”</i>	‘r’	Uma peça de roupa
Sistema de validação monetária / sistema de navegação		
	‘1’	10 centavos
	‘2’	25 centavos
	‘3’	50 centavos
	‘4’	R\$ 1,00
“Doar dinheiro”	‘a’	R\$ 2,00
/	‘b’	R\$ 5,00
“Doe e ganhe”	‘c’	R\$ 10,00
	‘d’	R\$ 20,00
	‘e’	R\$ 50,00
	‘f’	R\$ 100,00

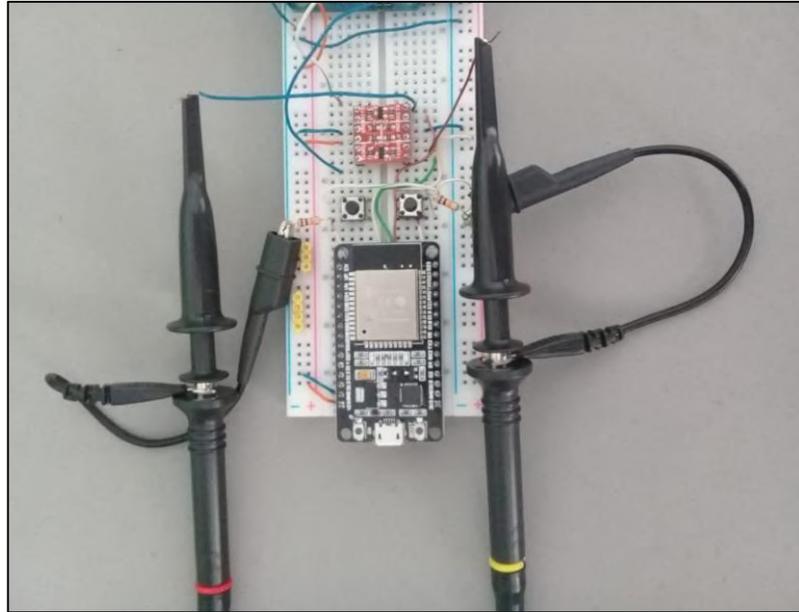
APÊNDICE C – Caracteres de finalização

Quadro 2 - Caracteres de finalização

	Doar alimentos	Doar roupas	Doar dinheiro	Doe e ganhe
ESP-32	'Z'	'Z'	'Z'	'Z'
Arduino	'z'	'z'	'z'	'z'

APÊNDICE D – Foto da montagem de integração dos sistemas embarcados

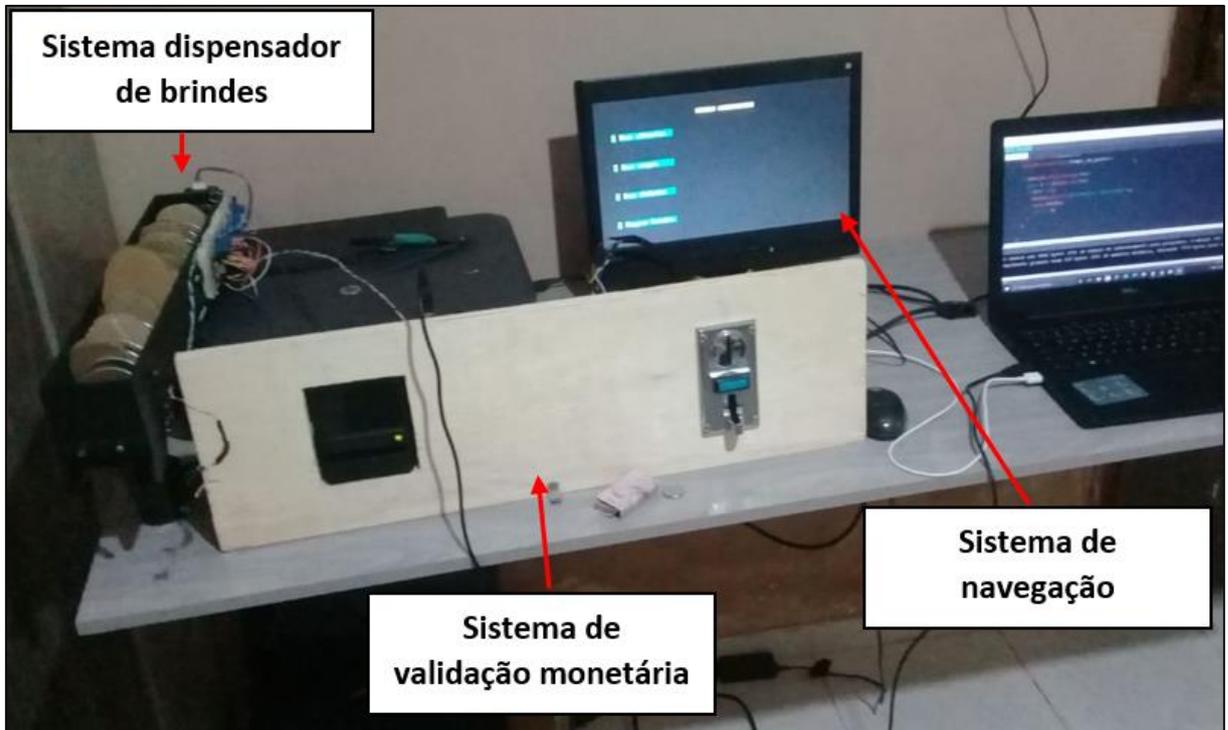
Figura 50 - Foto da montagem de integração dos sistemas embarcados.



Fonte: Própria.

APÊNDICE E – Foto da montagem da integração dos sistemas disponíveis

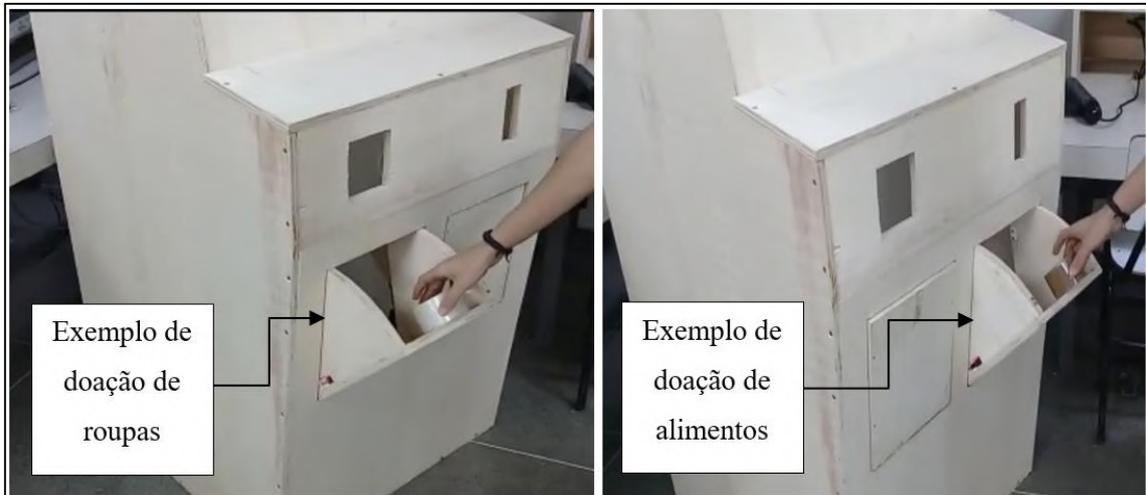
Figura 51- Integração dos sistemas disponíveis



Fonte: Própria.

APÊNDICE F – Foto do funcionamento do sistema de recebimento não-monetário

Figura 52 - Funcionamento do sistema de recebimento não-monetário



Fonte: Própria.

APÊNDICE G – Fotos da montagem do gabinete

Figura 53 - Montagem do gabinete



Fonte: Própria.



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

Reitoria

Av. João da Mata, 256 - Jaguaribe, CEP 58015-020, João Pessoa (PB)

CNPJ: 10.783.898/0001-75 - Telefone: (83) 3612.9701

Documento Digitalizado Restrito

Trabalho de Conclusão de Curso

Assunto: Trabalho de Conclusão de Curso
Assinado por: Leles Soares
Tipo do Documento: Anexo
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Restrito
Hipótese Legal: Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- José Léles Soares Alves, ALUNO (2016110110172) DE TECNOLOGIA EM AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL - CAJAZEIRAS, em 29/09/2021 14:12:09.

Este documento foi armazenado no SUAP em 29/09/2021. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 335357

Código de Autenticação: 61519e278b

