



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARCIO RODRIGO SANTOS

ARQUITETURA IOT PARA PREVENÇÃO E DETECÇÃO DA ENTRADA DE
AMEAÇAS NO AMBIENTE ESCOLAR

CURITIBA

2024

MARCIO RODRIGO SANTOS

*ARQUITETURA IOT PARA PREVENÇÃO E DETECÇÃO DA ENTRADA DE
AMEAÇAS NO AMBIENTE ESCOLAR*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Gestão da Informação, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Gestão da Informação.

Orientador: Prof. Dr. Egon Walter Wildauer
Coorientador: Prof. Dr. José Simão de Paula Pinto

CURITIBA

2024

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

Santos, Marcio Rodrigo

Arquitetura IoT para prevenção e detecção da entrada de ameaças
no ambiente escolar / Marcio Rodrigo Santos. – 2024.

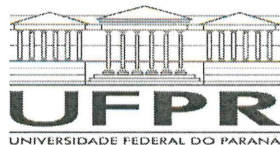
1 recurso on-line: PDF.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Programa de
Pós- Graduação em Gestão da Informação, do Setor de Ciências Sociais
Aplicadas.

Orientador: Egon Walter Wildauer.

Coorientador: Jose Simão de Paula Pinto.

1. Gestão da Informação. 2. Sistema de informação. 3. Violência na
escola. 4. Internet das coisas. 5. Detectores. 6. Metais. I. Universidade
Federal do Paraná. Setor de Ciências Sociais Aplicadas. Programa de
Pós- Graduação em Gestão da Informação. II. Wildauer, Egon Walter. III.
Pinto, Jose Simão de Paula. IV. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS SOCIAIS E APLICADAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO GESTÃO DA
INFORMAÇÃO - 40001016058P1

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação GESTÃO DA INFORMAÇÃO da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **MARCIO RODRIGO SANTOS** intitulada: **ARQUITETURA IOT PARA PREVENÇÃO E DETECÇÃO DA ENTRADA DE AMEAÇAS NO AMBIENTE ESCOLAR**, sob orientação do Prof. Dr. EGON WALTER WILDAUER, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.


CURITIBA, 12 de Março de 2024.


EGON WALTER WILDAUER
Presidente da Banca Examinadora


JOSE MARCELO ALMEIDA PRADO CESTARI
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)


EDUARDO ALVES PORTELA SANTOS
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ -
DEPARTAMENTO DE ADMINISTRAÇÃO GERAL E APLICADA)


JOSÉ SIMÃO DE PAULA PINTO
Coorientador(a)


MARCELO ESTEVAM
Avaliador Externo (INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO PARANÁ IFPR)

RESUMO

Ambientes educacionais são espaços socioculturais em essência, marcados pela heterogeneidade em vários aspectos; essa heterogeneidade, quando não administrada, pode resultar em desavenças, conflitos e, em casos mais extremos, tragédias. O Brasil já foi palco de ataques a instituições de ensino que resultaram em ao menos 62 mortos e 131 feridos, oriundos apenas de casos que ganharam grande repercussão na mídia; casos recentes como Suzano-SP (2019), Saudades-SC (2021), Aracruz-ES (2022), Cambé-PR (2023) retratam esta realidade, demonstrando que estes fenômenos não ocorrem apenas em países com maior taxa de desenvolvimento econômico. Uma pesquisa realizada em 2016 em sete capitais do Brasil revelou que 20% dos alunos adolescentes entrevistados já havia presenciado armas de fogo dentro das escolas, e os números relacionados a outros tipos de violência são alarmantes. A entrada de armas no ambiente escolar tende a ocorrer de forma velada, o que pode dificultar sua fiscalização. Detectores de metais podem ser importantes ferramentas no combate à entrada de objetos metálicos em ambientes educacionais, porém o custo de aquisição deste tipo de equipamento pode, entre outros, caracterizar uma barreira à sua utilização. Neste contexto, esta tese propõe viabilizar um método de aprimoramento da segurança nas escolas ou outros ambientes com demanda semelhante, através do desenvolvimento de um portal detector de metais, com capacidade de detecção de um número considerável de objetos metálicos, possuindo como características o baixo custo, a possibilidade de implementação da economia circular, a conectividade à Internet através de componentes da Internet das Coisas (*IoT*) e o controle/monitoramento de acessos através do equipamento. Para o desenvolvimento da estrutura do portal, foram utilizados materiais de construção como forros de PVC e acessórios reciclados, uma placa de MDF para a base, fio elétrico residencial para a bobina indutora, um microcontrolador, sensores e atuadores de *IoT* de baixo custo, integrados ao circuito *PI* Polônês, responsável pela detecção de metais. O método desenvolvido propõe uma sequência de passos para a obtenção de resultado similar. Com implementação em protótipo deste projeto, foi possível verificar a viabilidade econômica e tecnológica do mesmo, demonstrada pela sua capacidade de detecção de objetos metálicos, sua capacidade de contabilizar o número de entradas e saídas do ambiente escolar, sua capacidade de envio dos dados gerados a um banco de dados através da internet e do aplicativo Android, capaz de fornecer suporte à decisão por meio de indicadores, *dashboards* e demais informações oriundas do portal.

Palavras-chave: Violência Escolar. Sistema de Informação. Detecção de Metais. Internet das Coisas.

ABSTRACT

Educational environments are sociocultural spaces in essence, marked by heterogeneity in several aspects; This heterogeneity, when not managed, can result in disagreements, conflicts and, in more extreme cases, tragedies. Brazil has already been the scene of attacks on educational institutions that resulted in at least 62 deaths and 131 injuries, arising only from cases that gained great repercussion in the media; Recent cases such as Suzano-SP (2019), Saudades-SC (2021), Aracruz-ES (2022), Cambé-PR (2023) portray this reality, demonstrating that these phenomena do not occur only in countries with a higher rate of economic development. A survey carried out in 2016 in seven Brazilian capitals revealed that 20% of the adolescent students interviewed had already witnessed firearms inside schools, and the numbers related to other types of violence are alarming. The entry of weapons into the school environment tends to occur covertly, which can make monitoring difficult. Metal detectors can be important tools in combating the entry of metallic objects into educational environments, however the cost of purchasing this type of equipment can, among others, characterize a barrier to their use. In this context, this thesis proposes to enable a method of improving security in schools or other environments with similar demand, through the development of a metal detector portal, with the capacity to detect a considerable number of metallic objects, with the characteristics of low cost, the possibility of implementing the circular economy, Internet connectivity through Internet of Things (IoT) components and access control/monitoring through equipment. For the development of the portal structure, construction materials such as PVC linings and recycled accessories, an MDF board for the base, residential electrical wire for the inductor coil, a microcontroller, low-cost, integrated IoT sensors and actuators were used to the Polish PI circuit, responsible for metal detection. The method developed proposes a sequence of steps to obtain a similar result. With the prototype implementation of this project, it was possible to verify its economic and technological viability, demonstrated by its ability to detect metallic objects, its ability to count the number of entries and exits to the school environment, its ability to send the data generated to a database via the internet and the Android application, capable of providing decision support through indicators, dashboards and other information from the portal.

Keywords: School Violence. Metal Detection. Internet of Things.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Arquitetura IoT em Quatro Camadas.	46
Figura 2 - Arquitetura MQTT.	49
Figura 3 - Arquitetura do Protocolo HTTP.	50
Figura 4 - Alguns Modelos de Microcontroladores IoT.	53
Figura 5 - Captura de Dados Através de um Sensor.	54
Figura 6 - Esquema Elétrico do Divisor de Tensão.	55
Figura 7 - Alguns Modelos de Sensores IoT.	57
Figura 8 - Ciclo do Conhecimento.	60
Figura 9 - Tipos de Sistemas de Informação.	60
Figura 10 - Ciclo de Vida da Informação.	65
Figura 11 - Etapas do Modelo Espiral do Ciclo de Desenvolvimento de uma Aplicação.	67
Figura 12 - Detalhamento do Modelo em Espiral.	67
Figura 13 - Estrutura da Arquitetura REST.	71
Figura 14 - Estrutura Básica de uma Arquitetura SOAP.	74
Figura 15 - Representação de Dados no <i>JSON</i>	75
Figura 16 - Ciclo de Vida de uma Aplicação.	77
Figura 17 - Classificação de <i>Websites</i>	80
Figura 18 - Princípios da Norma NBR ISO/IEC 27001:2019.	81
Figura 19 - Segurança na Rede por Firewall.	82
Figura 20 - Elementos de UX.	83
Figura 21 - Encaminhamentos Metodológicos Adotados.	86
Figura 22 - Mapa Metodológico e Objetivos.	87
Figura 23 - Fluxograma do Método Proposto para o Desenvolvimento do Projeto. ...	88
Figura 24 - ESP32S.	90
Figura 25 - Moldes para os Indutores.	91
Figura 26 - Sensor de Barreira Infravermelho Ativo.	92
Figura 27 - Servo Motor MG996R.	93
Figura 28 - Circuito <i>PI</i> Polonês.	94
Figura 29 - Etapas da Construção da Estrutura do Portal Detector de Metais.	96
Figura 30 - <i>IDE</i> de Desenvolvimento <i>Arduino</i> v1.8.19.	98
Figura 31 - Editor Online do Provedor 000webhost para Banco de Dados.	100

Figura 32 - Editor Online do Provedor 000webhost para <i>PHP PDO</i> .	101
Figura 33 - App Inventor.	102
Figura 34 - Convergência de Dados na <i>IoT</i> .	105
Figura 35 - Ciclo de Vida da Aplicação <i>IoT / IIoT</i> .	106
Figura 36 - Fluxograma de Desenvolvimento.	108
Figura 37 - Modelo 3D do Portal.	110
Figura 38 - Visão Expandida do Portal.	110
Figura 39 - Medidas do Portal.	111
Figura 40 - Esquema Elétrico e Fórmulas do Divisor de Tensão.	112
Figura 41 - Esquema de Ligação do Servo Motor ao ESP32.	114
Figura 42 - Diagrama de Caso de Uso do Sistema Embarcado.	114
Figura 43 - Funcionamento de uma Bobina em Detector Tipo PI.	115
Figura 44 - <i>ABPID</i> Projeto Original e Protótipo Confeccionado.	118
Figura 45 - Circuito Lógico do Detector de Metais <i>Ultra High Sensitivity Metal Detector Circuit</i> .	119
Figura 46 - Projeto Físico (<i>PCB Layout</i>) Desenvolvido para o Detector de Metais <i>Ultra High Sensitivity Metal Detector Circuit</i> .	119
Figura 47 - Protótipo Implementado do Detector de Metais <i>Ultra High Sensitivity Metal Detector Circuit</i> .	120
Figura 48 - Circuito Detector <i>Clone PI W</i> .	120
Figura 49 - Circuito Detector <i>PI</i> Polonês.	121
Figura 50 - Circuito de Interface.	122
Figura 51 - Circuito Atenuador.	123
Figura 52 - Diagrama de Caso de Uso do Sistema Embarcado.	124
Figura 53 - Diagrama de Classes.	125
Figura 54 - Diagrama de Atividade.	126
Figura 55 - Diagrama de Entidade e Relacionamento.	127
Figura 56 - Website de acesso aos dados do projeto.	128
Figura 57 - Turnos e Eventos / Cadastro de Ocorrências.	129
Figura 58 - Exemplos de gráficos disponíveis.	130
Figura 59 - Resultado da aplicação de técnicas de normalização.	131
Figura 60 - Visão Geral da Arquitetura.	133
Figura 61 - Fluxograma de Processos do Portal.	134

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Síntese de Trabalhos Correlatos Encontrados.....	28
Tabela 2 - Principais Atentados Ocorridos em Instituições de Ensino no Brasil.	35
Tabela 3 - Classificação de Tecnologias para <i>IoT</i>	44
Tabela 4 - Camadas da Arquitetura <i>WSO2</i>	46
Tabela 5 - Principais Métodos HTTP em Ordem Alfabética e seus Objetivos.....	72
Tabela 6 - Principais Características do <i>ESP32</i>	90
Tabela 7 - Materiais Utilizados na Estrutura Física do Portal.....	96
Tabela 8 - Materiais Eletrônicos Utilizados no Portal.	97
Tabela 9 - Tempo Gasto na Montagem e Desenvolvimento dos Ítens.....	97
Tabela 10 - Principais Tecnologias Utilizadas de Forma Integrada no Projeto.	103
Tabela 11 - Descrição da Faixa de Operação de Sensores e Atuadores.....	112

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

<i>AMQP</i>	- <i>Advanced Message Queuing Protocol</i>
<i>API</i>	- <i>Application Programming Interface</i>
<i>CoAP</i>	- <i>Constrained Application Protocol</i>
<i>CRUD</i>	- <i>Create, Read, Update, Delete</i>
<i>CSS</i>	- <i>Cascading Style Sheets</i>
<i>DDS</i>	- <i>Data Distribution Service</i>
<i>ERP</i>	- <i>Enterprise Resource Planning</i>
<i>GPIO</i>	- <i>General Purpose Input/Output</i>
<i>GPS</i>	- <i>Global Positioning System</i>
<i>HTML</i>	- <i>Hypertext Markup Language</i>
<i>HTTP</i>	- <i>Hypertext Transfer Protocol</i>
<i>I2C</i>	- <i>Inter-Integrated Circuit</i>
<i>IDE</i>	- <i>Integrated Development Environment</i>
<i>IoT</i>	- <i>Internet of Things</i>
<i>IIoT</i>	- <i>Industrial Internet of Things</i>
<i>IP</i>	- <i>Internet Protocol</i>
<i>JSON</i>	- <i>JavaScript Object Notation</i>
<i>MQTT</i>	- <i>Message Queue Telemetry Transport</i>
<i>MVC</i>	- <i>Model - View - Controller</i>
<i>NoSQL</i>	- <i>Not Only Structured Query Language</i>
<i>ONU</i>	- <i>Organização das Nações Unidas</i>
<i>PLC</i>	- <i>Programador lógico controlável</i>
<i>REST</i>	- <i>Representational State Transfer</i>
<i>RFID</i>	- <i>Radio Frequency Identification</i>
<i>SAM</i>	- <i>SelfAssessment Manikin</i>
<i>SO</i>	- <i>Sistema Operacional</i>
<i>SOAP</i>	- <i>Simple Object Access Protocol</i>
<i>SQL</i>	- <i>Structured Query Language</i>
<i>TCP</i>	- <i>Transmission Control Protocol</i>
<i>UDP</i>	- <i>User Datagram Protocol</i>
<i>UEQ</i>	- <i>User Experience Questionnaire</i>
<i>UPnP</i>	- <i>Universal Plug-and-Play</i>

URL - *Uniform Resource Locator*
USB - *Universal Serial Bus*
UX - *User eXperience*
WIFI - *Wireless Fidelity*
WTMD - *Walk Through Metal Detector*
WWW - *World Wide Web*
XML - *Extensible Markup Language*
XMPP - *Extensible Messaging and Presence Protocol*

LISTA DE EQUAÇÕES E FÓRMULAS

Equação 1 - Valores de um Sensor Analógico	54
Equação 2 - Cálculo da Tensão de Saída (V_{out}) e dos Resistores R_1 e R_2	55
Equação 3 - Desvio Padrão Adotado.	96
Equação 4 - Força Eletromotriz Gerada pela Bobina.	116
Equação 5 - Fluxo Magnético Gerado na Superfície da Bobina.	116

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	19
1.2 JUSTIFICATIVAS	20
1.3 ESTUDOS CORRELATOS	22
1.3.1 Síntese de Estudos Correlatos Adicionais.....	28
1.4 ESTRUTURA DA TESE	31
2 REFERENCIAL TEÓRICO	32
2.1 VIOLÊNCIA NAS ESCOLAS	32
2.1.1 Ataques a Escolas do Brasil.....	35
2.2 DETECTORES DE METAIS.....	39
2.3 INTERNET DAS COISAS (IOT)	44
2.3.1 Arquiteturas IoT	45
2.3.2 Protocolos de Comunicação IoT	47
2.3.3 Microcontroladores, Sensores e Atuadores.....	51
2.4 PRINCÍPIOS E TECNOLOGIAS PARA DESENVOLVIMENTO	59
2.4.1 Sistemas de Informação.....	59
2.4.2 Linguagem de Programação para Microcontroladores Embarcados, Web e Mobile 61	
2.4.3 Banco de Dados.....	63
2.5 GESTÃO DA INFORMAÇÃO	64
2.6 CICLO DE DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO	66
2.6.1 Desenvolvimento de Embarcados	68
2.6.1.1 Ambientes de Desenvolvimento para Sistemas Embarcados	69
2.6.2 Desenvolvimento Backend	70
2.6.3 JavaScript Object Notation (JSON)	74
2.6.4 Desenvolvimento de Interfaces Gráficas Mobile e Web	75
2.6.5 Segurança de Dados em Aplicações <i>Mobile</i> , Embarcados e <i>Web</i>	80
2.7 EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO (UX)	82
3 METODOLOGIA	85
3.1 MATERIAIS	89
3.1.1 Dispositivo Embarcado.....	89
3.1.2 Sensores e Atuadores	91

3.1.3 Demais Circuitos Eletrônicos.....	93
3.1.4 Materiais para a Montagem da Estrutura Física do Portal.....	95
3.1.5 Estimativa de Custos.....	96
3.2 TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS	97
3.2.1 Integração entre Tecnologias de Software	102
3.2.2 Integração no Universo <i>IoT</i> e <i>IIoT</i>	104
3.3 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO	107
3.3.1 Montagem da Estrutura Física	109
3.3.2 Desenvolvimento do Sistema Embarcado.....	111
3.3.3 Confeção das Bobinas Indutoras.....	115
3.3.4 Seleção do Circuito Detector de Metais	117
3.3.4.1 Projeto <i>Arduino Based Pulse Induction Detector (ABPID) - Flip Coil by JorBy</i> 117	
3.3.4.2 Projeto Ultra-High Sensitivity Metal Detector Circuit.....	118
3.3.4.3 Circuito de Detecção de Metais <i>Clone PI W</i>	120
3.3.4.4 Circuito de Detecção de Metais <i>PI Polônês</i>	121
3.3.5 Interface de Leitura da Variação de Tensão.....	122
3.3.6 Circuito Externo de Atenuação	123
3.3.7 UML e Modelagem de Dados	124
3.3.7.1 Diagrama de Caso de Uso	124
3.3.7.2 Diagrama de Classes	125
3.3.7.3 Diagrama de Atividade	126
3.3.7.4 Diagrama de Entidade e Relacionamento	127
3.3.8 Website e Aplicativo	128
4 TESTES E CONSIDERAÇÕES	131
4.1 VISÃO GERAL DA ARQUITETURA <i>IOT</i>	132
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
5.1 LIMITAÇÕES.....	135
5.2 TRABALHOS FUTUROS.....	136
REFERÊNCIAS.....	137
APÊNDICE 1: CÓDIGO FONTE ESP32.....	155
APÊNDICE 2: CÓDIGO FONTE PRINCIPAL - SERVIDOR.....	163
APÊNDICE 3: SCRIPT DO BANCO DE DADOS SERVIDOR.....	174
APÊNDICE 4: PRINCIPAIS BLOCOS DO APP	180

1 INTRODUÇÃO

Os ambientes educacionais são considerados espaços socioculturais em essência (SILVA; ALMEIDA; ALMEIDA, 2022; CASIRAGHIA *et al.*, 2022; MARIA, 2021). Para Vygotsky (1996, 1998b) o espaço sociocultural e histórico em que um indivíduo está inserido exerce grande influência no seu processo de crescimento e desenvolvimento. Neste contexto, vale ressaltar o papel que os ambientes educacionais, mesmo com suas limitações estruturais e orçamentárias (BRUM; DA SILVA, 2021) têm desempenhado no aspecto formativo de cidadãos. Esta influência manifesta-se nos mais variados âmbitos: intelectual, criativo, físico, social e moral.

Para Vygotsky (1998a), partindo de sua perspectiva social histórico-crítica, a natureza diretamente envolvida no processo de ensino-aprendizagem é de cunho social, sendo marcada pela heterogeneidade em uma vasta gama de aspectos: ideológico, cultural, familiar e religioso. Em um ambiente tão diverso é natural que surjam divergências de ideias e interesses, que podem evoluir para conflitos, caso não sejam administradas. Para Silva, Almeida e Almeida (2022), os ambientes educacionais são constituídos por sujeitos imersos em redes de relações, tramas sociais de acordos, confrontos e interesses, espaços de apropriação constante de práticas e saberes entre a instituição e os indivíduos. Conscientizar, compreender e prevenir conflitos é fundamental (KAPPEL *et al.*, 2014). Adotar medidas que mantenham o ambiente seguro é dever de todos, porém estabelecer as regras e limites fica sob responsabilidade da administração local (MELO; SANTOS; SILVA, 2019).

O estabelecimento da segurança no ambiente escolar pode ser desafiador: escolas e universidades normalmente possuem amplas estruturas físicas e tendem a ocupar áreas consideráveis; o campus pode ser centralizado em um único local ou descentralizado em vários endereços; pode também ser significativo o número de estudantes, servidores e até mesmo visitantes circulando em seus limites. Uma alternativa a este problema é o controle restritivo de acesso ao meio ambiente educacional e acadêmico, podendo ser um recurso adicional na construção de um ambiente mais seguro, necessário ao bom andamento das atividades (RODRIGUES, 2011).

De um modo geral, a questão da segurança física no ambiente escolar está limitada à restrição de pessoas alheias ao âmbito, e um pequeno controle de

dissenção interna entre estudantes (LONGO ET AL., 2015), normalmente apto a resolver casos de pequenas proporções. Os problemas mais graves podem surgir quando ameaças externas tem acesso ao ambiente interno de forma irrestrita, seja pela entrada de indivíduos externos ao ambiente, seja através de membros internos, que por motivações variadas, e possivelmente portando objetos metálicos com potencial de causar ferimentos, decidem colocar em risco a segurança de outros participantes da instituição; a este último caso a psiquiatria nomina como síndrome de *Amok* ou *Running Amok* (MOTA; SAMPAIO, 2011). Além destas situações, existem ainda a incursão de armas de fogo, armas brancas, explosivos e outros objetos, compostos e elementos com potencial de uso como ferramentas de agressão (LONGO ET AL., 2015).

Como uma ocorrência de *Running Amok* é possível mencionar o evento ocorrido em março de 2019 (recente à data do início deste projeto de tese) na cidade de Suzano (LEITE ET AL., 2019), quando dois jovens, ex-alunos, adentrando em sua antiga escola e portando armamentos variados, passaram a atirar e agredir a esmo estudantes e servidores, sem motivação aparente, vitimando pessoas. Porém, apesar de ter sido um dos maiores ataques a escola registrado no Brasil, este não foi um caso isolado, a exemplo dos eventos posteriores ocorridos em Saudades - SC em 2021 (SANTIAGO; GUEDIN; VASCONCELLOS, 2021), Aracruz - ES em 2022 (OLIVEIRA; NOBRES; LOPES, 2022), Cambé - PR em 2023 (BUKALOWSKI; TANAN, 2023), dentre outros, ocorridos apenas neste país.

Uma pesquisa desenvolvida pela ONG Nova Escola em parceria com o Instituto Ame Sua Mente, que ouviu 2.752 profissionais de educação do Brasil, apontou um crescimento de 20% nos casos de violência contra professores e demais funcionários de escolas em 2023, quando comparado a 2022. Segundo a pesquisa, 8 de cada 10 educadores declararam ter sofrido algum tipo de violência no ambiente escolar; cerca de 60% dos casos de violência ocasionados pelos próprios estudantes, seguidos pelos genitores e familiares com cerca de 31% (SILVA, 2023).

Nos Estados Unidos, ocorreram alguns casos emblemáticos como *Columbine* em 1999 (MEARS ET AL., 2017), *Virginia Tech* em 2007 (DAY ET AL., 2017), dentre outros. Nestes ataques, estudantes, funcionários e terceiros acabaram perdendo suas vidas, sofrendo ferimentos ou traumas psicológicos. Na maioria destes casos não houve controle ou restrição de acesso, ou este foi ineficiente.

Alguns fatores limitantes a um controle mais efetivo da segurança no ambiente educacional residem na invasão da privacidade e na logística de vistoria pela busca de ilícitos, o que demandaria maior mão de obra. Ademais, o processo de vistoria individual poderia causar aglomeração de estudantes, principalmente nos horários de acesso aos estabelecimentos. Uma alternativa seria o uso de portais detectores de metais como um modo de verificação ágil de armas e outros instrumentos metálicos com potencial de uso como ferramentas de agressão (GASTIC, 2011).

No Brasil, a utilização de detectores de metais em escolas e universidades públicas não é uma prática comum; um dos motivos pode ser o custo elevado de aquisição de um equipamento profissional. A implantação de um recurso que restrinja o acesso a ambientes educacionais públicos poderia causar um desconforto inicial, porém, a sua utilização poderia ter ajudado a salvar as vidas de estudantes e servidores, vítimas de atentados em escolas. Adicionalmente, detectores de metais podem também auxiliar na redução dos furtos de equipamentos escolares.

Segundo Fabiyi, Amah e Fabiyi (2014), detectores de metais são amplamente utilizados na indústria alimentícia, farmacêutica, bebidas, têxteis, vestuário, plásticos, produtos químicos e indústrias de embalagens, assim como na segurança, em uso civil e militar, porém as versões portáteis também têm sido utilizadas em aplicações recreativas como caça ao tesouro. Existem algumas modalidades de circuitos detectores de metais portáteis, dentre estas encontra-se o modelo conhecido como *PI* Polonês (SANTOS, 2015), que faz uso de um circuito gerador de corrente do tipo pulsante que, quando em conjunto a uma bobina adequada, possibilita a indução de um campo magnético que permite a detecção de metais localizados nas proximidades.

Os metais, elementos capazes de conduzir corrente elétrica em maior ou menor grau, quando próximos a fontes geradoras de sinais eletromagnéticos, recebem correntes de *Foucault* (*Eddy*) (CATTANI; VANNUCCI, 2014; ZEMANSKY; FREEDMAN, 2009; HALLIDAY *ET AL.*, 2009), produzindo em resposta um campo magnético próprio. A utilização de um detector de campo magnético (magnetômetro) possibilita a detecção e medição da interferência refletida pelo objeto metálico, conforme a dimensão do mesmo (YAMAZAKI *ET AL.*, 2001; FABIYI *ET AL.*, 2014). Existem alternativas ao uso de bobinas para a detecção de variações magnéticas, como, por exemplo, o uso de transístores sensíveis ao efeito hall (SILVA *ET AL.*, 2010), embora estes normalmente apresentem menor alcance ou limitada área de detecção.

Circuitos analógicos como o *PI Polonês* não foram projetados nativamente para integração a sistemas computacionais; porém, através da adaptação adequada a circuitos microcontrolados, torna-se possível efetuar a leitura dos valores analógicos gerados pelo circuito, e, uma vez que estes valores passem por um processo de conversão analógico-digital, torna-se possível inclusive a geração de dados passíveis de armazenamento. Com o surgimento da Internet das Coisas (*Internet of Things (IoT)*) (LEE; LEE, 2015) e da Internet Industrial das Coisas (*Industrial Internet of Things (IIoT)*) (BOYES ET AL., 2018), houve um aumento na disponibilidade e facilidade de aquisição de circuitos embarcados, possibilitando a criação de projetos, antes complexos e restritivos, agora acessíveis e simplificados; isto se deve tanto pelo custo acessível e fácil disponibilidade de módulos, quanto pelo encapsulamento de complexidades físicas e lógicas.

Tomando por base a problemática apresentada no ambiente educacional, surge o seguinte questionamento: **seria possível o desenvolvimento de um portal detector de metais com capacidade de restrição de acesso, custo acessível, contagem de pedestres, que permita o armazenamento de dados para posterior gestão de indicadores e que faça uso de projetos eletrônicos de baixo custo, como o circuito *PI Polonês*, integrados a recursos de *IoT*?**

1.1 OBJETIVOS

Desenvolver um método de construção de um equipamento de custo acessível, capaz de detectar objetos metálicos ameaçadores durante o acesso de estudantes a ambientes de ensino.

Para o atingir o objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar fontes de informação e técnicas existentes relacionadas à detecção de metais;
- b) Avaliar as técnicas e protocolos de comunicação de *IoT* e *IIoT* aplicáveis ao projeto;
- c) Investigar os sensores, atuadores e controladores aplicáveis ao desenvolvimento de um portal detector de metais;
- d) Desenvolver um método de detecção de ameaças que possibilite adicionalmente monitorar o número de passagens pelo portal de forma bidirecional, utilizando *hardware IoT* e componentes eletrônicos de custo acessível.
- e) Desenvolver um portal detector de metais com restrição de acesso e integração à Internet, para geração, tratamento e persistência dos dados em banco de dados;
- f) Desenvolver um aplicativo Android para visualização *real time* dos dados gerados pelo portal e armazenados em banco.

1.2 JUSTIFICATIVAS

De acordo com Santaella (2001), esta pesquisa pode ser justificada sob três aspectos: social, econômico (mercadológico) e acadêmico. Sob o ponto de vista social, este projeto cria mecanismos que poderão auxiliar na preservação da vida, possibilitando a redução da entrada de armas no ambiente estudantil; possibilitará também um maior controle sobre o número de acessos ao local, auxiliando no monitoramento de índices, como por exemplo, o da evasão escolar. Sob o ponto de vista econômico, este projeto propõe a construção de um equipamento funcional com custo reduzido, permitindo a aplicação da economia circular através da utilização de componentes reciclados.

Uma vez que este portal esteja em uso, haverá também a possibilidade de se evitar que equipamentos sejam subtraídos do ambiente escolar. O projeto poderá ainda tornar-se um produto com potencial comercial. No aspecto acadêmico, prover um ambiente seguro e moderado é fundamental ao desenvolvimento do processo de ensino-aprendizagem (SILVA ET AL., 2022).

Os casos de insegurança ou violência escolar podem ter origem social ou psicológica; nos casos psicológicos, dentre os distúrbios conhecidos, um dos mais extremos é o *Running Amok* (MOTA, 2011). Segundo Mota e Sampaio (2011), o *Running Amok* é um transtorno que ocorre com maior frequência em países do Sudeste Asiático, porém, é crescente o número de ocorrências também nas sociedades ocidentais industrializadas. O *Running Amok* normalmente divide-se em quatro fases: a primeira fase é caracterizada por um período de depressão e irritabilidade; na segunda fase o indivíduo manifesta um impulso agressivo incontrolável; na terceira fase apresenta um comportamento homicida; na quarta fase a pessoa experiencia um período de amnésia parcial, isto se sobreviver ao estágio anterior (MOTA, 2011). A mídia e a internet podem indiretamente estar contribuindo com a geração de estímulos para casos como estes (BURNS, 2009).

Independentemente da origem dos distúrbios psicológicos e psiquiátricos que possam resultar em tragédias, torna-se primordial o estudo e desenvolvimento de estratégias que forneçam proteção contra estes tipos de ocorrências violentas (LIMA, 2010), e a mesma tecnologia de *IoT* que vem sendo utilizada nos mais variados segmentos, como comércio, indústria, residências, aplicações civis e militares, possa também ser utilizada na segurança e preservação da vida, especialmente em escolas

e universidades. Ademais, o uso de fundamentos da Gestão da Informação em conjunto à *IoT* possibilita uma melhor compreensão da informação gerada, fundamentando tomadas de decisão.

Fazendo uso da tecnologia e gestão de dados propiciadas pela *IoT* e impulsionada pelas tragédias ocorridas no Brasil e no mundo, surge a oportunidade do desenvolvimento de uma arquitetura de informação, com ênfase na segurança, com custo acessível, apta a ser utilizada em ambientes educacionais ou outros locais que possuam demanda semelhante. Os recursos de hardware e software disponíveis pela *IoT* também permitem o acesso a dados através da Internet de forma facilitada, possibilitando a integração entre os recursos propostos neste projeto e novos recursos adicionais de segurança, de modo a maximizar seu potencial.

1.3 ESTUDOS CORRELATOS

Nesta etapa será desenvolvida uma revisão da literatura, de modo a fundamentar o segmento lógico adotado e avaliar o estado atual da arte. Para tanto, o método de pesquisa adotado será dividido em quatro etapas, subdivididas da seguinte forma: i) Definição da questão de pesquisa, ii) Definição dos critérios de inclusão e exclusão, iii) Busca dos trabalhos e iv) Seleção de trabalhos correlatos (TOSCHI; CAMPOS; CUGNASCA, 2017). Esta revisão envolve temas pertinentes ao contexto deste trabalho, como violência no ambiente escolar; detectores de metais: seus fundamentos, aplicações, componentes e características; *IoT* e Indústria 4.0: seus principais elementos e princípios, formas de uso e integração a circuitos legados.

A busca de trabalhos correlatos foi feita através de ferramentas de busca de trabalhos indexados como os portais *IEEE*, *Scopus*, *Google Acadêmico*, *Scielo* e *Web of Science*. Para a definição dos descritores das palavras-chave foram utilizados os thesauri das bases de dados consultadas, assim como as hospedadas no portal da *EBSCOhost*, exemplo: a *Business Source Premier*, *Education Source*, *Eric*, *Applied Science & Technology Source Ultimate* dentre outras. Termos como “Violência Escolar”, “*IoT*”, “Portal Detector de Metais”, “*PI* Polonês” e outros foram utilizados, em português, inglês e espanhol. Operadores booleanos como *AND*, *OR* e *NOT*, assim como ordenadores de busca (como os parênteses) foram utilizados, com o objetivo de aprimorar os resultados da busca. Os temas serão abordados na sequência.

O filósofo e sociólogo polonês Zygmunt Bauman estabeleceu o conceito ao qual nomeou de “sociedade líquida”, caracterizando a sociedade atual. Para Bauman (2001), a modernidade líquida representa o oposto da modernidade sólida, pelo derretimento e liquefação de tudo que um dia foi sólido e duradouro, deixando de ter um formato fixo e definido, incluindo as relações sociais. Brum e Da Silva (2021) afirmam que a complexidade das relações sociais, familiares e estruturais da sociedade do século XXI, aliada à superficialidade, característica dos vínculos que se estabelecem por intermédio das redes sociais e das demais ferramentas comunicacionais em ambientes virtuais da internet, justificam que o estudo do tema seja feito à luz das teorias desenvolvidas por Zygmunt Bauman. Infelizmente, a suspensão da ética nessas interações, como fenômeno facilitado por esse meio comunicacional, acaba sendo utilizada para propagação de discursos de ódio e

disseminação da cultura da violência (BRUM; DA SILVA, 2021), sendo uma realidade para a sociedade como um todo, incluindo o ambiente educacional.

Com o intuito de trazer um panorama da violência no ambiente educacional, Abramovay (2016) aplicou uma pesquisa em escolas públicas em sete capitais do Brasil, com alunos dos últimos anos dos ensinos fundamental e médio, com os seguintes resultados: 2 em cada 10 adolescentes relataram ter visto armas nas escolas e 5 de cada 10 adolescentes relataram ter sofrido algum tipo de agressão dentro do ambiente escolar. Quando perguntados sobre questões que os incomodavam dentro da escola, (7%) relataram a invasão da escola por pessoas externas; (7%) o cyberbullying; (12%) ameaças; (12%) outros estudantes; e finalmente (19%) relataram problemas com furtos e roubos (ABRAMOVAY, 2016, p. 48). A entrada de armas nas escolas é uma realidade, conforme retrata a pesquisa.

O atentado ocorrido em 13 de março de 2019, que vitimou dez pessoas e deixou 11 feridos na cidade de Suzano, na grande São Paulo (AVANCINI, 2019), mesmo não sendo a primeira ocorrência do gênero registrada no Brasil, traz à tona a questão da fragilidade no aspecto da segurança nas escolas, principalmente públicas, colocando em xeque a credibilidade e confiança de estudantes, funcionários, e familiares nestas. Para Brum e Da Silva (2021), a repercussão do “Massacre de Suzano” alerta para a necessidade inadiável do debate sobre as medidas preventivas e repressivas que vêm sendo (in)efetivadas em casos de violência envolvendo escolas. As escolas deveriam ser espaços seguros e com acesso restrito, porém eventos como este demonstram não ser esta uma realidade.

Neste caso ocorrido em Suzano, existe uma linha de investigação criminal que aponta o uso da internet pelos responsáveis do atentado para a compra de armas de fogo, o desenvolvimento de bombas de fabricação caseira, e até mesmo a divulgação antecipada da intenção de ataque em fóruns extremistas, como o *Dogolachan* (ALECRIM, 2019). Segundo Brum e Da Silva (2021), fóruns deste tipo agrupam internautas simpatizantes através do uso de discursos de ódio baseados em várias temáticas, com ênfase em racismo e misoginia, quase sempre fazendo uso do anonimato através do uso de *chans* (tipos de *imageboards*), nos espaços conhecidos como *Dark Web* (uma subdivisão ainda mais sombria da *Deep Web*). Embora não exista uma solução “mágica” que resolva o problema da segurança nos ambientes escolares, faz-se necessária a busca por alternativas que minimizem os problemas, principalmente os relacionados à entrada de armas nas escolas.

O uso de portais detectores de metais em ambientes escolares pode representar uma alternativa na repressão à entrada de armamentos (RODRIGUES, 2012; SALLES, 2018), uma vez que possibilita a detecção rápida de metais, mesmo que ocultos sobre vestimentas ou partes do corpo, abrangendo toda a sua extensão, dos pés à cabeça. Diferentemente dos detectores de metais portáteis, também conhecidos como detectores de mão, que exigem uma busca por aproximação em todas as áreas do corpo, os portais detectores de metais abrangem todas as áreas do corpo simultaneamente. Com isso, agiliza-se o processo de entrada de estudantes ou servidores ao estabelecimento, evitando que longas filas venham a se formar. Porém, o uso conjunto de detectores de mão aos portais detectores de metal pode ser um recurso auxiliar na busca detalhada, caso o portal emita um alerta da detecção de metais.

Existem vários tipos de detectores de metais, porém os mais comuns são os baseados em circuitos do tipo *Very Low Frequency (VLF)*, *Pulse Induction (PI)* e *Beat Frequency Oscillator (BFO)* (AWANG; MANSOR; SHARIFUDDIN, 2020). Detectores de metais em geral apresentam o mesmo princípio de funcionamento: i) a emissão de um sinal magnético (eletromagnético) em uma determinada direção e frequência, ii) a modificação do sinal emitido, caso o metal seja detectado, e por fim, iii) a captura e seleção do sinal de retorno, modificado ou não. A geração e a captura do sinal são normalmente efetuadas através do uso de indutores, constituídos por enrolamentos de cobre, alumínio ou outro material condutor. Estes circuitos são frequentemente utilizados para a detecção de metais no solo.

Um circuito do tipo *BFO* opera com base na detecção da mudança de frequência gerada pela proximidade de um metal, captada por uma bobina detectora; na sequência, ocorre a combinação da frequência detectada com a frequência gerada por um oscilador de referência para comparação (JENSEN; JENSEN; NIELSEN, 2003). Para Awang, Mansor e Sharifuddin (2020), o circuito detector de metais tipo *BFO* é de fácil confecção, não demandando componentes de custo mais elevado como circuitos integrados (CI), porém constitui um projeto antigo e ultrapassado. O ajuste do alcance da detecção pode ser feito através da mudança no número de espiras da bobina de recepção. Como são utilizadas duas bobinas neste tipo de detector: transmissão (*TX*) e recepção (*RX*), a bobina de *TX*, alimentada pelo oscilador de referência, pode ter sua frequência alterada para detectar diferentes tipos de

metais e o resultado da detecção ocorre através de um alto-falante (EASYTREASURE, 2022).

Um detector do tipo *VLf*, assim como os do tipo *BFO*, faz uso de dois indutores sintonizados, *TX* e *RX*, enviando um sinal de corrente elétrica contínua perpendicular ao sentido do enrolamento da bobina emissora, para verificar se materiais condutores ou resistivos à corrente elétrica estão presentes (AWANG; MANSOR; SHARIFUDDIN, 2020). Detectores *VLf* operam em faixas de frequência baixas (3-30kHz), apresentando boa seletividade na busca por objetos metálicos em solo. Um objeto que conduz eletricidade facilmente (ou seja, condutor) é lento para reagir a mudanças na corrente e os diferentes tipos de metais são capazes de criar mudanças no ângulo da fase entre o sinal emitido e recebido. Já um objeto que não conduz eletricidade facilmente (ou seja, resistivo) é rápido para reagir a mudanças na corrente. (HAECKER; SCOTT; SEVERTS, 2019; TYSON, 2001).

Um outro modelo de circuito para a detecção de metais é o detector por Indução de Pulso (*PI*) (POTEKAEV ET AL., 2018); algumas versões mais recentes deste modelo como o *PI* Polonês, *Surf Master PI* e o *PIRat* podem utilizar apenas uma bobina tanto para o envio (*TX*) quanto para a detecção (*RX*) do sinal refletido. O princípio de funcionamento do circuito *PI* também difere dos outros detectores, pois ocorre pelo envio de um forte e rápido pulso magnético através da bobina, passando então ao estado de escuta através da comutação do circuito (AWANG; MANSOR; SHARIFUDDIN, 2020). Caso um objeto metálico perpassa a área de detecção da bobina indutora, ocorre uma perturbação na duração do pulso refletido e o consequente decaimento tardio deste, permitindo sua detecção. A etapa de detecção amplifica sinais distintos e os transforma em uma tensão persistente e estável, que cria uma batida gradual, ouvida em um alto-falante (MAURYA; DAGAR; SHARMA, 2015; BREKELMANS; ANTONIUS, 2003).

Para Tyson (2001), um detector do tipo *PI*, quando emite um pulso, gera um campo magnético com curta duração de tempo, na ordem de microssegundos, que ao inverter sua polaridade de forma abrupta, emite um pulso agudo (POTEKAEV ET AL., 2018). A detecção ocorre através da recepção de um sinal também magnético, mas com polaridade invertida, chamado pulso refletido. A duração do pulso refletido leva aproximadamente 30 microssegundos e o ciclo novamente se repete. Detectores do tipo *PI* emitem em média 100 pulsos por segundo, podendo, contudo, chegar a mais de 1000 pulsos por segundo, dependendo do modelo e do fabricante (TYSON, 2001).

Quando ocorre o colapso do pulso do campo magnético emitido, o campo magnético criado em algum objeto metálico fará com que o pulso refletido demore mais tempo para desaparecer completamente. A detecção ocorre através da comparação feita pelo circuito de amostragem em variações no tempo do pulso refletido, na ordem de microssegundos. Os sinais são então enviados ao circuito integrador, que os converte para corrente contínua, amplificando-os, para em seguida encaminhar ao circuito de áudio (TYSON, 2001).

Para Harmer (2022), os fundamentos utilizados na detecção dos metais têm por base o aproveitamento das próprias características inerentes aos metais, como sua capacidade de condutividade elétrica em maior ou menor grau, capacidade de magnetização, sua permeabilidade ou não a linhas de força magnética, ao passarem por sua estrutura molecular e sua capacidade de gerar ou não as correntes de *Foucault (Eddy)* quando na presença de um campo magnético. Estas características possibilitam não apenas a detecção da presença de metais, assim como a possibilidade da discriminação do tipo de metal presente nas proximidades do detector de metais. Segundo Tyson (2001), detectores do tipo *PI*, tem maior alcance quando em comparação a outros modelos, sendo uma opção interessante quando a discriminação do tipo do metal não seja uma questão mandatória. No caso de portais detectores de metais, circuitos do tipo *PI* podem ser opções interessantes, principalmente pelo alcance, baixo custo e fácil disponibilidade no mercado.

Circuitos detectores de metais cumprem seu propósito, porém não foram planejados nativamente para geração de dados online e conexão com a Internet, mas Batista e Oliveira (2017) sugerem que a chegada da *IoT* e da Indústria 4.0 criou um terreno fértil para a integração de sistemas legados, compreendendo que estes podem ser caracterizados como sistemas que não atendem os requisitos mínimos para integração à Indústria 4.0 de forma direta. Como alternativa, os autores propõem a utilização de tecnologias como o *Node14.0*, porém microcontroladores mais simples como o *Arduino*, *NodeMCU* ou *ESP8266* podem cumprir este papel. Estes microcontroladores possibilitam a conversão analógico-digital (A/D) permitindo a geração, armazenamento, análise e descarte dos dados gerados. A utilização de microcontroladores possibilita a conexão de circuitos analógicos como o *PI* Polonês à Internet. Para tanto, faz-se necessário compreender melhor as características e protocolos utilizados pela *IoT* e a Indústria 4.0.

É possível encontrar na literatura diversas propostas de arquiteturas *IoT* focadas na camada de serviço, coleta e armazenamento dos dados, dentre outras, que incluem a criação de camadas como a de *front-end* com o usuário, compatíveis com a proposta deste trabalho. Trabalhos como o de Mehmood, Culmone e Mostarda (2017) mostram uma aplicação com foco na camada de serviço, buscando a captura e armazenamento de dados relativos à saúde do paciente, como frequência cardíaca e temperatura. A pesquisa também apresenta uma estrutura básica de armazenamento e consultas em banco de dados. Já Tun *et al.* (2020) propôs um esquema de banco de dados para armazenar dados de temperatura e umidade ambiente, utilizando um serviço em nuvem do próprio desenvolvedor; em adição ao banco de dados estar disponível de forma online, os autores fizeram uso de recursos de consulta aos dados através de um gráfico disponível dentro da própria plataforma. Uma característica adotada nos dois trabalhos foi a possibilidade de persistência dos dados oriundos de sensores *IoT* sem fazer uso da camada de serviços, diretamente no banco de dados.

Já, trabalhos como os de Garg e Dave (2019) e Cruz *et al.* (2019) propõem a utilização de protocolos compatíveis com a *IoT* para acesso à internet, como *MQTT*, *HTTP* e *CoAP*, ampliando a capacidade de interoperabilidade e escalabilidade para ampliações futuras. A proposta utilizada nos dois trabalhos foca na utilização da *API REST* sobre o protocolo de comunicação *HTTP* e arquivos *JSON* como metadados para as solicitações e respostas. O trabalho proposto por Cruz *et al.* (2019) sugere adicionalmente a conversão de dados enviados através do protocolo *MQTT* para o formato *HTML*, compatibilizando-o com o protocolo padrão utilizado no tráfego de dados através da Internet.

Para o contexto de criação de um projeto que envolva a camada de *front-end*, os autores Amali, Guru e Sridevi (2020) desenvolveram um projeto automotivo que coleta dados, como o destino dos veículos, suas respectivas posições, sentido e velocidade em caso de pré-colisão. O projeto proposto faz uso de dois tipos de bancos de dados diferentes, separando os dados do proprietário dos dados relativos ao tráfego do veículo. É proposta pelos autores a utilização de armazenamento de dados em nuvem, integrada a uma camada de serviço, para o gerenciamento de requisições do tipo *HTTP* e um aplicativo do tipo *website* para o monitoramento *online* do *status* do veículo.

Um aspecto relativo à conversão A/D a ser considerado entre dispositivos legados e microcontroladores *IoT* refere-se à leitura de dados analógicos, que pode ser nativamente incompatível. Em determinadas situações, a variação de tensão gerada pelo dispositivo analógico pode ser maior que a variação suportada pela entrada do dispositivo *IoT*. Batista e Oliveira (2017) sugerem que a entrada analógica seja composta por um circuito de amplificação para atenuar a tensão analógica dos padrões industriais de 0 a 10V para níveis de 0-5V (ou 0-3.3V, no caso da família *ESP*) para que possam ser lidos pelo conversor A/D. Na metodologia adotada pelos autores, foi necessária a criação de uma camada de isolamento entre dispositivos; para tanto foi utilizado um conversor *MCP3201* de 12 *bits*, que desenvolve a comunicação através de uma *interface SPI*. Os autores optaram por não utilizar o conversor A/D do microcontrolador *PIC*, por não possibilitar uma isolação física entre os circuitos. O *MCP3201* utilizado permitiu um isolamento através de um barramento opto-isolado de alta frequência. Embora o isolamento entre circuitos seja interessante em determinados contextos, tende também a aumentar a complexidade do projeto.

1.3.1 Síntese de Estudos Correlatos Adicionais

A Tabela 1 sintetiza pesquisas correlatas, tanto ao contexto genérico de detecção de metais, quanto ao específico de portais detectores de metais.

Tabela 1 - Síntese de Trabalhos Correlatos Encontrados.

Área de Aplicação	Objetivo da Pesquisa	Breve Resumo	Autor(es)
Lazer, Arqueologia.	Apresentar um modelo de circuito básico baseado em <i>PI</i> .	Descreve o mecanismo básico de detecção por indução de pulso e apresenta um circuito eletrônico baseado neste princípio de detecção.	(CORBYN,1980)
Militar.	Apresentar as características de detecção usando desde simples detectores <i>VLF</i> até equipamentos mais avançados à época.	Aborda a detecção eletromagnética de baixa frequência de objetos metálicos, com especial incidência nos dispositivos de indução e sua aplicação à desminagem humanitária.	(BRUSCHINI, 1999)
Segurança.	Propor um modelo de avaliação de emissão de ondas em portais detectores de metais.	Este trabalho tem como proposta desenvolver um procedimento que possa ser usado para avaliações de segurança precisas para emissões de detectores de metais.	(WU, 2005)
Militar, Segurança, Lazer, Arqueologia.	Apresentar uma proposta de bobina de detecção diferenciada para o uso em detectores de metais de solo.	O projeto propõe uma bobina de formato quadrado, com duas camadas separadas por ar para utilização em detectores de metais de busca em solo.	(JUNG; CHANG; HAN, 2015)

Militar, Lazer, Arqueologia.	Apresentar um novo circuito de detecção baseado em <i>PI</i> , com maior capacidade de detecção em profundidade.	Este projeto apresenta um novo circuito para a detecção de metais cujo receptor usa circuito <i>bucking</i> no domínio do tempo, permitindo um maior tempo de elevação da tensão antes da sua respectiva saturação, possibilitando uma maior penetração do sinal magnético.	(KIM <i>et al.</i> , 2015)
Militar.	Propor um veículo capaz de monitorar a presença de minas terrestres em movimento.	O trabalho descreve uma estrutura capaz de comportar várias bobinas de detecção de metais para serem adaptadas em um veículo para o rastreamento <i>on the fly</i> de minas terrestres pelo caminho.	(JUNG <i>et al.</i> , 2016)
Segurança.	Apresentar um estudo sobre o uso de portais detectores de metais em estádios com grande fluxo de pessoas.	Os autores realizaram vários experimentos nesses portais para entender seu desempenho em ambientes reais de estádios, a fim de informar os diretores de segurança sobre áreas de possíveis vulnerabilidades.	(NELSON <i>et al.</i> , 2016)
Saúde.	Avaliar o impacto dos sinais emitidos por detectores de metais em dispositivos médicos como marca-passos e outros.	O estudo verificou pequenas alterações em alguns dispositivos médicos implantados em pacientes que passaram por detectores de metais, mas que logo em seguida voltaram ao funcionamento normal.	(GUAG; ADDISSIE; WITTERS, 2017)
Lazer, Economia, Comércio.	Descrever um mecanismo diferenciado de detecção seletiva de moedas baseado em tensor absoluto.	Apresenta um novo método de caracterização de moedas baseado na resposta espectroscópica do tensor absoluto.	(DAVIDSON, 2018)
Segurança, Militar.	Revisão técnica e otimização de processos em portais detectores de metais.	Descreve o desenvolvimento de um processo de teste técnico para validar a eficácia das práticas e políticas de segurança para grandes instalações esportivas.	(HUSTEDT; CRAIG, 2018)
Saúde, Segurança.	Descrever um estudo para esclarecer dúvidas sobre a detecção de implantes metálicos em detectores de metais.	Apresenta fundamentos sobre quais metais podem ou não ser detectados em portais detectores de metais em aeroportos e outros, com base nas características dos próprios metais utilizados em implantes.	(KUCZMARSKI; 2018)
Segurança, Militar.	Propor testes de portais detectores de metais e a necessidade de emular o movimento natural do corpo.	Este trabalho busca relatar os efeitos de trajetórias não retilíneas no desempenho de detecção de portais detectores de metais.	(LARSON; PAULTER; TROJE, 2018)
Militar, Lazer, Arqueologia.	Propor um detector de metais manual de busca em superfície utilizando a tecnologia de Indução por Pulso (<i>PI</i>) seletivo.	Através da técnica de detecção de metais utilizando a Indução por Pulso, propor o uso de circuito microcontrolado para permitir a identificação seletiva de metais.	(POTEKAEV <i>et al.</i> , 2018)
Militar, Lazer, Arqueologia.	Apresentar um algoritmo para processamento de sinais oriundos de detector tipo <i>PI</i> .	Propõe um algoritmo para processamento de sinal que é usado em detectores de minas de metal por indução de pulso.	(SHIN; YANG; JUNG, 2018)

Segurança.	Propor uma metodologia para testes em portais detectores de metais.	O trabalho propõe métodos de teste, objetos de teste e seus fundamentos que podem ser usados para medir com precisão e reprodutibilidade o desempenho de detecção de um Portal Detector de Metais, enquanto exerce rigorosamente sua capacidade de detecção.	(PAULTER, 2019)
Segurança.	Questionar a efetividade do uso de portais detectores de metais na prevenção de ataques.	Apresenta dados questionando a real capacidade que um portal detector de metais tem de evitar a entrada de armas em escolas.	(SCHILDKRAUT; GROGAN, 2019).
Educação.	Abordar a questão da violência, comportamento, relacionamentos e a entrada de armas nas escolas.	O trabalho propõe uma pesquisa para avaliar a qualidade da convivência na perspectiva de estudantes, docentes e equipe gestora de Ensino Médio de escolas públicas e privadas.	(MISSORI, 2021)
Educação.	Avaliar a realidade de administradores de instituições de ensino que utilizam detectores de metais e máquinas de raio-x.	O trabalho descreve as experiências e percepções de administradores do ensino médio urbano sobre o uso diário de detectores de metais e máquinas de raio-x como condições para o ingresso de alunos no prédio escolar.	(PALMERIN, 2022)

Fonte: O autor (2022).

Na busca por trabalhos correlacionados à proposta da presente pesquisa, foi possível perceber a ausência de trabalhos que propusessem o desenvolvimento de um portal detector de metais completo, partindo do zero. Todos os trabalhos encontrados e avaliados relacionados a detectores de metais possuíam o enfoque em aplicações recreativas, arqueológicas ou militares, como detectores de solo (circuito ou bobinas de detecção), abordando aspectos da saúde, ou aspectos sociológicos, sem, contudo, apresentar uma proposta replicável do desenvolvimento de um portal detector de metais para utilização na segurança. Objetivando preencher este *gap* literário, é proposto, através deste trabalho, o desenvolvimento de um portal detector de metais com foco na simplicidade e custo acessível.

1.4 ESTRUTURA DA TESE

Este trabalho foi subdividido nos seguintes capítulos:

Capítulo 1 - Introdução: são abordados respectivamente o tema, a problemática da pesquisa, os objetivos: geral e específicos e, por fim, a justificativa da realização do estudo, abordando trabalhos correlatos para a percepção de lacunas na literatura.

Capítulo 2 - Referencial Teórico: apresenta literatura pertinente ao embasamento deste trabalho, partindo da temática da violência escolar, atentados ocorridos, utilização de detectores de metais na segurança, tecnologias disponíveis e *IoT*. Segue-se então pelas seções de integração de dispositivos legados, etapas de desenvolvimento de um projeto, seguindo para o desenvolvimento de aplicações para gestão de projetos.

Capítulo 3 - Metodologia: neste capítulo é descrita a delimitação da pesquisa e seleção dos atores, as etapas de mapeamento de necessidades e prioridades, descrição dos materiais e tecnologias, e na sequência, as etapas de desenvolvimento, avaliação e validação da arquitetura proposta.

Capítulo 4 - Testes e Considerações: a seção apresenta um resumo dos testes efetuados no portal detector de metais, e apresenta em seguida as considerações baseadas nos resultados obtidos.

Capítulo 5 – Considerações Finais: nesse capítulo são apresentadas considerações finais sobre a arquitetura proposta, bem como suas limitações e trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão apresentados os conteúdos que fundamentam este trabalho, iniciando com violência escolar, atentados ocorridos, utilização de detectores de metais, tecnologias disponíveis e *IoT*; segue-se então pelas seções de integração de dispositivos legados, princípios e tecnologias para desenvolvimento, ciclo de desenvolvimento de uma aplicação e a experiência com o usuário (*UX*), também chamada de interface gráfica ou camada *view*.

2.1 VIOLÊNCIA NAS ESCOLAS

Para Pereira (2022) a crescente incidência e agravamento das situações de violência no contexto escolar justifica a realização de ações com o intuito de prevenir e combater os danos físicos e psicológicos acarretados aos estudantes, professores e gestores que dela são vítimas, como também, por sua repercussão no processo de ensino e aprendizagem; segundo citação, não obstante existam situações nas quais a presença policial na escola é inevitável, tais como: atuação do narcotráfico, troca de tiros no entorno escolar e os arrombamentos seguidos de roubos ou furtos (RUOTTI; ALVES; CUBAS, 2006, p. 59), podem existir situações internas mais graves que devem demandar medidas mais drásticas.

O Sindicato dos Professores do Ensino Oficial do Estado de São Paulo (APEOESP, 2019) realizou uma pesquisa sobre violência nas escolas; de acordo com os dados apresentados, ao serem interrogados sobre a existência de situações de violência nas escolas que frequentam, 90% dos professores informaram que sim (percentuais que eram de 85% em 2017 e de 84% em 2014), e 81% dos estudantes afirmaram ter conhecimento de episódios de violência em suas escolas no último ano (dados que eram de 80% em 2017 e 77% em 2014); os tipos de violência com maior incidência na rede pública paulista foram o bullying (70% dos professores e 62% dos estudantes relataram casos em suas escolas) e a discriminação (35% dos estudantes e 54% dos professores souberam de casos em suas escolas) (PEREIRA, 2022).

Segundo Silva, Lima e Caruso (2022), sobre a escola, diversas pesquisas têm buscado, desde os anos 1980, compreender a função estruturante da violência nas experiências escolares (GIORDANI; SEFFNER; DELL'AGLIO, 2017; GUIMARÃES, 1984, 1990), bem como o papel desempenhado pelas periferias na relação com o

conhecimento científico (GARCIASILVA; LIMA JUNIOR, 2020). Diversos autores têm investigado a percepção e a representação social da violência escolar de jovens da periferia (ABRAMOVAY *ET AL.*, 1999; GIORDANI; SEFFNER; DELL'AGLIO, 2017), como também seu diagnóstico e sua prevenção (ABRAMOVAY, 2015; ABRAMOVAY *ET AL.*, 2016; ABRAMOVAY; CUNHA; CALAF, 2009). De fato, experiências de violência escolar tendem a marcar as memórias de estudantes e professores (WATANABE; GURGEL, 2017), principalmente quando são banalizadas pelos demais atores da comunidade (GARCIA-SILVA; LIMA JUNIOR, 2022).

Conforme Carolino (2022), convém a todos da escola e da comunidade pedagógica criar meios de intervir sobre os danos e impactos psicológicos causados nas crianças e adolescentes que lidam diariamente com as facetas da violência. Elias e Veras (2008) apresentam como importante desenvolver a técnica da escuta, criando canais para os alunos falarem e expressarem suas emoções e sentimentos. Os autores apontam que não serem escutados em suas angústias e em suas dificuldades emocionais e de relacionamentos, aumenta os impactos psicológicos causados pela violência, isso pela ausência de um espaço de expressão que não lhes possibilita ter um desenvolvimento intrapessoal e interpessoal (CAROLINO, 2022).

Segundo a compreensão de Silva, Lima e Caruso (2022), como resposta à dificuldade de delimitar os contornos da violência escolar frente à polissemia conceitual e aos modelos analíticos existentes (GARCÍA; MADRIAZA, 2006), Charlot e Émin (1997) recomendam distingui-la em três tipos; o primeiro diz respeito à violência tipificada como crime e corresponde a qualquer ato violento que justifique a ação policial, por estar registrado no ordenamento jurídico, por exemplo, lesão corporal, homicídios; violência sexual, furtos, roubos e dano. O segundo tipo é composto pela violência como incivilidade, caracterizada por atos cuja tipificação criminal não existe ou é duvidosa, mas que constituem desrespeito às normas morais e de convivência, como humilhações, insinuações, palavras grosseiras e gestos obscenos (ABRAMOVAY, 2015; DEBARBIEUX; BLAYA, 2002). Por último, a violência simbólica é qualquer ato de imposição praticado em uma ação pedagógica por um agente pedagógico. Ela é um poder que impõe significações, e as impõe como legítimas, dissimulando as relações de força que estão em sua base (BOURDIEU; PASSERON, 2009) e fazendo parte de qualquer trabalho pedagógico, legítimo ou não.

Vasconcelos (2019) aponta que as manifestações violentas em escolas ainda crescem com o tempo, quando comparadas às situações do passado. Dentre os

modos de violência mais comuns, desenvolvidos em ambientes escolares, o *bullying* se destaca. Esta forma de agressão é caracterizada por repetição de agressões, prejuízo e desigualdade ocorridas entre pares (agressor-vítima), gerada por uma série de maus tratos. Ainda, destaca-se o fato de as vítimas serem, frequentemente, física ou mentalmente mais vulneráveis que os seus agressores. Em alguns casos, grupos podem praticar *bullying* contra uma única pessoa, despertando na vítima sentimentos considerados negativos como: medo, sensação de solidão e diminuição da autoestima. Tais sentimentos costumam desencadear problemas ainda mais graves, por exemplo, ansiedade e a depressão. Tais situações têm sido consideradas gatilhos para ideação suicida, comportamentos agressivos, práticas de homicídio contra pares, envolvimento com atividades ilícitas (porte de arma e a utilização de drogas) (HIRSCH; DARSIE, 2022).

Para Hirsch e Darsie (2022) para além do *bullying*, contudo, outras manifestações de violência podem ser identificadas dentro de escolas: insultos e agressões físicas. Elas são praticadas, geralmente, por alunos que são física ou mentalmente mais fortes e, aproveitando-se disto, provocam outros estudantes de maneira aleatória. Os insultos tornam-se comuns dentro das escolas, pois, frequentemente, xingamentos e outras manifestações violentas precisam ser manejadas por profissionais da educação. Ainda, ocorrem agressões físicas, caracterizadas por socos, chutes, arranhões, puxões de cabelos e, em alguns casos, por ataques com canivetes, facas e outras armas (ZALUAR, s/a). Diante disso, vale destacar que Carrillo (2015) explica que na escola ocorre a construção dos sujeitos, por meio das experiências que acontecem fora do ambiente de ensino, ou seja, para a autora, os jovens relacionam-se conforme as situações vividas externamente.

Para Ferreira e Da Silva (2022), o estudo, desenvolvido por Melo, Santos e Silva (2019), aborda o papel da gestão escolar na promoção da paz, uma vez que, ao gestor escolar cabe o dever de administrar as problemáticas resultantes da violência instalada na escola, visto que o clima de violência influencia a qualidade do ensino, o desempenho dos alunos e dos profissionais da educação. Para tanto, os autores afirmam que é necessário que a gestão, em conjunto com equipes de trabalho, crie estratégias de observação, envolvendo todos do corpo escolar, a família e a comunidade, tomando iniciativas com ações no sentido de organizar projetos, valorizar a participação dos profissionais da educação e desencadear uma série de transformações nos comportamentos dos alunos (FERREIRA; DA SILVA, 2022).

Embora não existam soluções simples e únicas para o problema da violência escolar, o uso de recursos tecnológicos pode potencializar as ações mencionadas e auxiliar na construção de um ambiente mais pacífico e seguro.

2.1.1 Ataques a Escolas do Brasil

O tema “ataques armados a escolas” ou “atentados ocorridos em universidades” pode remeter a casos emblemáticos ocorridos no subcontinente norte-americano, como o de *Columbine*, *Sandy Hook*, dentre outros; porém o Brasil também foi alvo de ocorrências trágicas envolvendo estudantes, ex-estudantes, professores e terceiros, conforme apresenta a Tabela 2.

Tabela 2 - Principais Ocorrências em Instituições de Ensino no Brasil (2002-2023).

Ano	Local	Descrição	Vítimas	Referência
2002	Salvador (BA).	Um jovem de 17 anos atirou contra duas colegas no Colégio Sigma (um estabelecimento particular), em Salvador (BA), após controvérsias em uma competição escolar.	Mortos: 2 Feridos: 0	(DIAS; LAUS-GOMES; DA CUNHA, 2020; CORREIO BRAZILIENSE, 2021)
2003	Taiúva (SP).	Armado com um revólver calibre 38, o estudante Edmar Aparecido de Freitas atirou 15 vezes e feriu cinco alunos, um zelador e a vice-diretora. Ele se matou em seguida com um tiro na cabeça. Um dos adolescentes ficou tetraplégico.	Mortos: 1 Feridos: 7	(DIAS; LAUS-GOMES; DA CUNHA, 2020; CORREIO BRAZILIENSE, 2021)
2011	Corrente (PI).	Em abril de 2011, um garoto de 14 anos matou um colega com golpes de faca em Corrente, interior do Piauí. A vítima tinha 15 anos. O fato ocorreu no pátio da escola, enquanto os outros colegas esperavam pelo ônibus. Após ser provocado com palavras, o garoto desferiu golpes com a faca.	Mortos: 1 Feridos: 0	(CORREIO BRAZILIENSE, 2021)
2011	São Caetano do Sul (SP).	Um estudante de apenas dez anos atirou na professora e se matou em seguida na Escola Municipal Alcina Dantas Feijão, em São Caetano do Sul, no ABC paulista.	Mortos: 1 Feridos: 1	(DIAS; LAUS-GOMES; DA CUNHA, 2020; CORREIO BRAZILIENSE, 2021)
2011	Realengo (RJ).	A tragédia em Realengo, zona oeste do Rio de Janeiro, deixou 12 crianças mortas. O crime foi cometido por um ex-aluno de 23 anos que levou dois revólveres à Escola Municipal Tasso da Silveira e disparou contra os alunos, todos de 13 a 15 anos.	Mortos: 13 Feridos: 22	(DIAS; LAUS-GOMES; DA CUNHA, 2020; STRICKLAND; OLIVEIRA, 2021)

2012	João Pessoa (PB).	Dois jovens chegaram à Escola Estadual Enéas Carvalho, em Santa Rita (Região Metropolitana de João Pessoa), em uma moto e invadiram o pátio. Eles usavam uniforme da escola. Um deles atirou contra um adolescente de 15 anos. O atirador disparou outras cinco vezes, atingindo duas garotas. Segundo a polícia, o crime foi passional.	Mortos: 0 Feridos: 3	(DIAS; LAUS-GOMES; DA CUNHA, 2020; STRICKLAND; OLIVEIRA, 2021)
2017	Janaúba (MG).	Na manhã de 5 de outubro de 2017, o vigia Damião Soares dos Santos, de 50 anos, portador de transtorno mental, invadiu o centro de ensino infantil e ateou fogo na sala onde estavam as crianças, provocando a morte de 10 alunos, três adultos e deixando mais de 40 feridos. O autor também morreu.	Mortos: 14 Feridos: 40	(RIBEIRO, 2021)
2017	Goiânia (GO).	Um adolescente de 14 anos matou a tiros dois colegas e feriu outros quatro em uma sala de aula do Colégio Goyases, em Goiânia, em 20 de outubro de 2017. Filho de policiais militares, ele usou a arma da mãe, que havia levado à escola particular escondida na mochila. Segundo a Polícia Civil, o rapaz sofria bullying e o crime foi premeditado.	Mortos: 2 Feridos: 4	(DIAS; LAUS-GOMES; DA CUNHA, 2020; STRICKLAND; OLIVEIRA, 2021)
2017	Alexânia (GO).	O suspeito, de 19 anos, portando um revólver calibre 32 efetuou 11 disparos contra a vítima após adentrar na sala de aula da aluna, fugindo logo em seguida. Investigações posteriores revelaram que o crime teve motivações passionais.	Mortos: 1 Feridos: 0	(TÚLIO, 2017)
2018	Medianeira (PR).	Um estudante de 15 anos do ensino médio pegou uma arma e atirou nos colegas em uma escola estadual da pacata cidade de Medianeira, a 60 quilômetros de Foz do Iguaçu, no oeste do Paraná. Tinha uma lista para livrar os amigos - no fim, dois acabaram baleados. O atentado aconteceu no Colégio Estadual João Manoel Mondrone. Segundo a polícia, o autor do ataque seria alvo de bullying na escola.	Mortos: 0 Feridos: 2	(DIAS; LAUS-GOMES; DA CUNHA, 2020; STRICKLAND; OLIVEIRA, 2021)
2019	Suzano (SP).	Um ataque na Escola Estadual Raul Brasil, em Suzano, na Grande São Paulo, deixou dez mortos, incluindo os dois atiradores, e 11 feridos. Os autores do massacre, Luiz Henrique de Castro, de 25 anos, e G.T.M., de 17, eram ex-alunos da instituição. Um dos atiradores acabou matando o comparsa e depois cometeu suicídio.	Mortos: 10 Feridos: 11	(DIAS; LAUS-GOMES; DA CUNHA, 2020; STRICKLAND; OLIVEIRA, 2021)

2021	Saudades (SC).	O autor do crime foi Fabiano Kipper Mai, de 18 anos. Ele entrou no local e, sem que ninguém percebesse, começou a atingir pessoas com um facão. Três crianças e duas funcionárias morreram. Depois desferiu golpes contra o próprio corpo, numa tentativa de suicídio, porém não obteve êxito.	Mortos: 5 Feridos: 1	(STRICKLAND; OLIVEIRA, 2021)
2022	Barreiras (BA).	Um ataque a tiros em uma escola de Barreiras, no oeste da Bahia, terminou com a morte de uma aluna cadeirante. A vítima foi identificada como Geane da Silva Brito, de 19 anos. Um adolescente de 14 anos invadiu a escola armado e atirou contra os alunos.	Mortos: 1 Feridos: 1	(TV OESTE; G1 BA, 2022)
2022	Morro do Chapéu (BA).	Um adolescente de 13 anos tentou atacar colegas em uma Escola Municipal que fica na região da Chapada Diamantina. A coordenadora da unidade ficou ferida.	Mortos: 0 Feridos: 1	(G1 BA; TV SUBAÉ, 2022)
2022	Sobral (CE).	Um estudante de 15 anos, com uma arma, atirou em três estudantes de uma escola estadual em Sobral, no Ceará. Ao menos três pessoas foram feridas. O fato ocorreu no Bairro Sumaré, em Sobral.	Mortos: 0 Feridos: 3	(G1-CE, 2022)
2022	Aracruz (ES).	Um indivíduo adentrou a uma escola estadual portando uma pistola. Ao acessar o local, efetuou disparos, deslocando-se então para a sala de professores, aonde voltou a efetuar disparos, atingindo fatalmente duas professoras. Em seguida, deslocou-se para uma escola particular, levando a óbito uma estudante.	Mortos: 3 Feridos: 13	(OLIVEIRA; NOBRES; LOPES, 2022)
2022	Ipaussu (SP).	Um homem de 22 anos foi preso após invadir uma escola e esfaquear duas professoras no município de Ipaussu, a 350 km de São Paulo. Segundo a Polícia Civil, o caso foi registrado na Escola Estadual Professor Júlio Mastrodomênico durante a noite, quando o jovem invadiu o local com duas facas e um simulacro de arma de fogo	Mortos: 0 Feridos: 2	(UOL, 2022)
2023	São Caetano do Sul (SP).	O adolescente de 13 anos entrou armado com uma faca na escola, que fica no bairro de Vila Sônia, numa manhã de segunda-feira. A professora de ciências Elisabete Tenreiro, de 71 anos, foi a principal vítima dele. Mas outras três docentes também foram feridas — Ana Célia Rosa (história), Rita de Cássia (matemática) e Jane Gasperini. Um estudante também foi ferido na ação.	Mortos: 1 Feridos: 4	(R7, 2023)

2023	Blumenau (SC).	Um indivíduo de 25 anos de idade adentrou a uma creche particular chamada Cantinho Bom Pastor, portando uma machadinha, com a qual levou a óbito quatro crianças entre 4 e 7 anos e feriu outras cinco crianças. A polícia relatou que o indivíduo sofreu um “surto psicótico”.	Mortos: 4 Feridos: 5	(ALENCAR; FILHO; BORGES, 2023)
2023	Caxias (MA).	Um adolescente de 16 anos foi apreendido, na tarde de terça-feira (28), após invadir e efetuar vários disparos com uma espingarda em uma escola municipal no povoado Sítio, na zona rural de Caxias, a 360 km de São Luís. De acordo com a Polícia Militar do Maranhão (PM-MA), não houve feridos.	Mortos: 0 Feridos: 0	(G1 MA, 2023)
2023	Santa Tereza de Goiás (GO).	Três alunos ficaram feridos após um ataque, na manhã desta terça-feira (11), em um colégio estadual de Santa Tereza de Goiás, no norte do estado, conforme informou a Polícia Militar (PM). Segundo a Polícia Civil (PC), o suspeito de cometer o ataque é um aluno da unidade de 13 anos, que foi apreendido.	Mortos: 0 Feridos: 3	(CRUZ, 2023)
2023	Manaus (AM).	Um estudante armado feriu superficialmente uma professora e dois colegas com uma faca, em uma escola particular na Cachoeirinha, em Manaus. O autor do atentado, um adolescente de 12 anos, foi apreendido pela polícia. O aluno desferiu golpes de faca no braço de uma colega, que foi atendida pelo SAMU.	Mortos: 0 Feridos: 3	(ROCHA, 2023)
2023	Farias Brito (CE).	Duas estudantes de nove anos ficaram feridas após serem atacadas por um aluno da mesma escola, na zona rural de Farias Brito, no Cariri do Ceará. O suspeito da agressão é um adolescente de 14 anos do 9º ano do ensino fundamental da instituição. Ele foi apreendido pela polícia.	Mortos: 0 Feridos: 2	(G1-CE, 2023)
2023	Cambé (PR).	Uma aluna de 17 anos foi morta no Colégio Estadual Professora Helena Kolody, em Cambé, no norte do Paraná. Na ação, um aluno foi baleado na cabeça e socorrido. Este estudante veio a falecer posteriormente. Segundo a Polícia Militar, o assassino foi preso.	Mortos: 2 Feridos: 0	(BUKALOWSKI; TANAN, 2023)
2023	São Paulo (SP)	Um indivíduo armado deixou uma estudante morta e três feridos na Escola Estadual Sapopemba, na zona leste da capital paulista.	Mortos: 1 Feridos: 3	(JP-SP, 2023)

Fonte: o autor (2023).

O somatório dos casos descritos na Tabela 2, perfaz um total de 62 mortes e 131 pessoas feridas, levando-se em consideração apenas estes casos que ganharam grande repercussão na mídia; porém, os números podem ser ainda maiores. A presença de armas de fogo e brancas dentro de escolas é uma realidade, potencializando o risco de novas ocorrências; torna-se, portanto, pertinente a busca por alternativas que venham a minimizar a ocorrência de novas tragédias.

2.2 DETECTORES DE METAIS

Segundo Makkonen (2016), os detectores de metais são usados há muito tempo na caça ao tesouro, triagem de segurança e localização de objetos enterrados, como minas terrestres ou munições não detonadas. A história nos conta que o primeiro detector de metais já foi usado em 1881 pelo Dr. Alexander Graham Bell. O então presidente dos Estados Unidos da América (EUA), James Garfield, havia sido baleado por um assassino. Uma bala ficou presa dentro do presidente e, na tentativa de salvar sua vida, o Dr. Bell desenvolveu um dispositivo que poderia detectar pequenos itens metálicos escondidos. No entanto, o dispositivo não funcionou no presidente e a bala não foi encontrada. Mais tarde foi descoberto que a cama metálica de molas helicoidais em que o presidente estava deitado causava tanto ruído de fundo que comprometeu o Dr. Bell (NATIONAL PARK SERVICE, 2021). Esta é uma lição importante sobre a importância da interferência de fundo e relação sinal-ruído (SNR) na detecção e classificação de objetos metálicos (MAKKONEN, 2016).

Os detectores de metais foram e continuam sendo aplicados também na arqueologia. Haecker, Scott e Severts (2019) descrevem que em 1947, Edwin Luce, superintendente do *Little Bighorn Battlefield National Monument*, experimentou um detector de minas da época da Segunda Guerra Mundial para encontrar artefatos relacionados a batalhas dentro do parque. O experimento de Luce falhou, provavelmente porque a complexidade em ajustar esse tipo primitivo de detector de metais o tornou inadequado para encontrar itens pequenos, como estojos de cartuchos e balas. A partir de 1956, o historiador do Serviço Nacional de Parques (NPS) Don G. Rickey, um dos principais especialistas nas guerras indígenas das planícies, juntou-se ao arqueólogo Jesse Vaughn para iniciar um programa de detecção de metais de vários anos em *Little Bighorn Battlefield*.

Haecker, Scott e Severts (2019) seguem descrevendo que através do uso de um detector de metais mais avançado do que o usado em 1947, Rickey e Vaughn identificaram um padrão de estojos de cartuchos depositados ao longo da linha do perímetro dos soldados, na posição defensiva de *Reno-Benteen*. Durante os anos seguintes, eles identificaram oito concentrações de cartuchos que refletiam as posições ocupadas por guerreiros Lakota e Sioux envolvidos no ataque à posição *Reno-Benteen* (GREENE, 1986, pg. 32). Esta pesquisa com detecção de metais dentro do parque continuou até 1964 e resultou em uma interpretação revisada dos eventos do campo de batalha.

Para Awang, Mansor e Sharifuddin (2020), por definição, um detector de metais é um dispositivo usado para detectar variedades de diferentes tipos de metais. Para os autores, o uso de detector de metais pode ser classificado em quatro tipos: segurança, *hobby*, busca industrial e marítima e tipo de recuperação. O tipo de detector de metais mais utilizado é o tipo de segurança, que pode ser visto em aeroportos e locais com probabilidade de contrabando de armas (NELSON, 2004). Os detectores de metais podem utilizar bobinas de indução por pulso, nas quais qualquer distúrbio no pulso causado pelo metal aumentará a tensão de pico e tornará o som da campainha mais alto. O maior alcance de detecção de metais é de equipamentos de *hobby*, onde a capacidade de detecção pode alcançar quase 3 metros de distância (GARRET, 2002). Dispositivos desse tipo são portáteis e requerem operação no local (AWANG; MANSOR; SHARIFUDDIN, 2020).

Potekaev *et al.* (2018) destaca que o princípio físico de funcionamento do detector proposto em seu trabalho, que faz uso da tecnologia de indução por pulso, baseia-se no método de processos transitórios. Sua essência consiste na excitação induzida por pulsos de correntes parasitas, também chamadas de correntes de Foucault, nos objetos e na medição das características amplitude-temporais da atenuação transitória do campo eletromagnético secundário entre os pulsos de sondagem, tendo como característica o maior alcance do pulso. Os autores concluem que os testes comparativos demonstraram que as características tático-técnicas e de desempenho do seu protótipo baseado em *PI* estão ao nível dos melhores homólogos mundiais, e alguns dos parâmetros são ainda melhores.

Tanto o trabalho proposto por Jung, Chang e Han (2015), que sugere uma forma diferenciada de construção da bobina de detecção de metais, quanto o trabalho de Jung *et al.* (2016), que propõe a construção de uma estrutura que pode ser

adaptada a um veículo, contendo os indutores propostos em seu trabalho anterior, também fazem uso da tecnologia de indução por pulso, principalmente por sua capacidade de penetração no solo, que acaba possibilitando um alcance mais profundo na detecção de minas terrestres e outros metais que possam representar algum risco à população que esteja a perambular pelo local que está sendo rastreado. Apesar da maior dificuldade na seleção e categorização do tipo do metal detectado, os detectores do tipo PI destacam-se pelo alcance.

Já Kim *et al.* (2015), propõem uma variação do circuito detector de metais (MD) por indução de pulso (PI) com o objetivo de diminuir o tempo de saturação da tensão de saída e aumentar a profundidade de detecção. O circuito proposto pelos autores utiliza um receptor com um circuito *bucking* no domínio do tempo. Segundo os autores, o circuito de *bucking* diminui significativamente a tensão de saída quando não existem metais próximos, de modo que a tensão de saída seja mais amplificada antes de entrar em saturação. No intuito de comprovar sua proposta, os autores criaram um protótipo e mediram seus resultados. Nos testes, a tensão de saída medida mostrou que o tempo de saturação foi reduzido e que a profundidade de detecção aumentou em comparação com um detector do tipo PI convencional.

Focando especificamente no uso de detectores de metais para segurança, através de portais detectores de metais, Paulter (2020) destaca que os detectores de metais de passagem (*Walk Through Metal Detectors (WTMDs)*), ou portais detectores de metais, são os sistemas do tipo portal que são encontrados nas estações de segurança dos postos de controle, para procurar objetos metálicos ocultos em pessoas. Embora os *WTMDs* não forneçam recursos de imagem, dependendo de seu design, eles podem fornecer informações de localização da ameaça. Além disso, os *WTMDs* podem encontrar objetos metálicos escondidos dentro das cavidades do corpo ou sob dobras cutâneas, o que as tecnologias avançadas de imagem normalmente não conseguem fazer (SHEEN; MCKIN; HALL, 2001; HALLOWELL, 2001; ELIAS, 2012).

Ainda para Makkonen (2016), os portais de detecção de metais são dispositivos capazes de detectar itens metálicos transportados através de seu espaço de detecção. Os portais são usados para garantir que itens metálicos proibidos ou ameaçadores, como objetos cortantes ou armas, não sejam transportados para áreas seguras. Segundo o autor, os aeroportos são talvez os exemplos óbvios de detecção de metais, mas esses dispositivos têm sido usados também em prédios

governamentais, como tribunais, embaixadas, prisões e outros. Historicamente, a razão para a adoção desta tecnologia, primeiramente em aeroportos, foi que entre 1968-1972, 364 sequestros de aviões foram relatados em todo o mundo. Conseqüentemente, uma lei foi introduzida em 1973, determinando que todos os passageiros e suas bagagens deveriam ser verificados quanto a armas escondidas (FAA, 2022; TSA, 2022). No Brasil, estes equipamentos são utilizados em aeroportos, bancos, repartições públicas, entre outros.

Existem, contudo, trabalhos que discordam da efetividade do uso de detectores de metais ao combate da violência escolar. Segundo Schildkraut e Grogan (2019), os distritos escolares nos Estados Unidos estão atualmente lutando com os mandatos estaduais para aumentar a segurança física após o tiroteio em Parkland. Nesse contexto, tem havido um interesse renovado em financiar abordagens de “*hardware*”, como o uso de detectores de metais, para melhorar a segurança escolar. Segundo os autores, embora os detectores de metais possam fornecer uma resposta visível às preocupações com a segurança escolar, há poucas evidências para apoiar sua eficácia na prevenção de tiroteios em escolas ou na detecção bem-sucedida de armas. Os detectores de metal também são caros para aquisição, manutenção e demandam mão de obra contínua. Os autores ainda descrevem que igualmente preocupantes são os potenciais aspectos negativos não intencionais associados ao uso de detectores de metal. Segundo os autores, alunos de escolas com detectores de metal, que normalmente são escolas com maior proporção de alunos de cor, são mais propensos a perceber violência e desordem e menos propensos a se sentirem seguros do que alunos de escolas sem detectores de metal. Os distritos escolares que estão considerando o uso de detectores de metal - especialmente aqueles que estão considerando usar detectores de metal em vez de financiar outros esforços de prevenção, como maior acesso a serviços de saúde mental e comportamental - devem considerar essa gama de evidências (SCHILDKRAUT; GROGAN, 2019).

Palmerin (2022), em uma pesquisa realizada nos Estados Unidos da América sobre o uso de portais detectores de metais e equipamentos de Raio X, por meio da entrevista à 15 administradores de escolas de ensino médio de um distrito escolar urbano do Kansas, concluiu que manter escolas seguras é a prioridade número um para estes administradores. Este estudo também revelou uma falta de preparo e treinamento desses administradores escolares relacionada à operação das máquinas de raio-x, juntamente com a falta de apoio do distrito quando se trata de maneiras

pelas quais a má conduta dos alunos deve ser investigada. Este estudo descobriu que, embora os administradores da escola tivessem uma compreensão geral da 4ª Emenda, garantir uma escola segura tinha prioridade sobre a defesa das proteções constitucionais dos alunos. Por fim, embora todos os administradores entendessem que o uso de detectores de metais e máquinas de raio-x não impedisse a violência escolar sem armas e que recuperar uma arma era uma raridade, houve relutância quase unânime à ideia de descontinuar o uso de máquinas de raio-x e detectores de metais como condições de entrada na escola (PALMERIN, 2022). Deste modo, mesmo não resolvendo o problema da violência nas escolas, estes equipamentos são considerados recursos adicionais em seu combate.

No Brasil, foi aprovado em 2021 na Câmara Federal dos Deputados, o Projeto de Lei número 2.100 de 2011 que aborda, entre outros, (como o uso de monitoramento eletrônico por câmeras de vigilância e a revista pessoal) a utilização de detectores de metais nas escolas em território nacional. A este projeto de lei foram apreendidos outros projetos de lei de cunho similar: PL nº 2.904/2011, PL nº 5.540/2013, PL nº 7.040/2014, PL nº 7.415/2014, PL nº 2.780/2015, PL nº 3.539/2015, PL nº 500/2015, PL nº 627/2019, PL nº 1.460/2019, PL nº 1.725/2019, PL nº 2.058/2019, PL nº 3.341/2019 e PL nº 3.569/2019. Entre outros aspectos descritos neste projeto, o parágrafo único descreve que: “Poderão ser utilizadas as seguintes medidas de segurança, entre outras, após consulta à comunidade escolar e a critério do gestor: I - câmeras de vídeo; II - detectores de metais; III - revista pessoal e dos pertences em caso de suspeita”. Já o artigo 4º estabelece que “Esta Lei entra em vigor na data de sua publicação” (Brasil, 2021).

Com base no contexto abordado neste referencial teórico, esta tese tem por objetivo propor um modelo de desenvolvimento de um equipamento que possa corresponder às características denotadas, enfatizando principalmente o custo acessível e a simplicidade do projeto, considerando que os valores praticados por equipamentos profissionais talvez representem um fator impeditivo ao seu uso, principalmente em escolas e estabelecimentos com baixo poder aquisitivo. Também será foco deste trabalho apresentar os circuitos básicos disponíveis e propor a utilização de um circuito de baixo custo adequado ao projeto, *open source* e funcional, como o *PI* Polonês.

2.3 INTERNET DAS COISAS (IOT)

Conforme Pires *et al.* (2015), o conceito de *IoT* pode ser definido como uma entidade de interesse individual, ou seja, um objeto, assim como um equipamento utilizado na indústria, um ciclomotor monitorado, câmeras de vigilância disparadas por detecção de movimento, lâmpadas dimerizáveis, fechaduras que podem ser abertas ao toque de um aplicativo de celular por *bluetooth*, e assim por diante. Porém, o que diferencia um objeto qualquer de um *IoT* é o fato deste objeto estar conectado à Internet. Para cada tipo de dispositivo *IoT*, diferentes recursos tecnológicos podem estar atrelados, sejam eles um sensor, um atuador ou até mesmo o microcontrolador que centraliza o recebimento e o envio de sinais destes.

Mas a *IoT* atualmente é constituída por um conjunto de bilhões de objetos interligados em rede, sendo estes identificados individualmente e endereçados para acesso online, com e sem fio, interligados a sensores, atuadores e controladores (ALBERTIN; ALBERTIN, 2017). Segundo Kafle, Fukushima e Harai (2016), sendo gerida pela União Internacional de Telecomunicações, a *IoT* é caracterizada como uma infraestrutura e arquitetura dinâmica global, podendo se autoconfigurar através dos protocolos e padrões interoperáveis, onde cada objeto *IoT*, seja ele virtual ou físico é identificado, possuindo características e perfis que, através do uso de interfaces inteligentes, pode ser perfeitamente integrado à rede mundial de computadores. Os autores Rajeswari, Suthendran e Rajakumar (2017) propõem a classificação das tecnologias da *IoT* em três grupos, apresentados na Tabela 3:

Tabela 3 - Classificação de Tecnologias para *IoT*.

CLASSIFICAÇÃO DA IOT

•TECNOLOGIAS DE DETECÇÃO E COLETA DE DADOS

- São responsáveis pela detecção e coleta de informações do ambiente físico (como, por exemplo, os sensores de temperatura, umidade e luminosidade) ou sobre objetos (identidade, estado, nível de energia).

•TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO DE DADOS

- Configuram a forma como a transmissão de dados ocorre em uma determinada aplicação. Elas podem ser classificadas em duas principais categorias: com ou sem fio. As tecnologias com fio demandam uma infraestrutura física adequada para a passagem de cabos, podendo ser dispendioso e inviável em alguns casos. As tecnologias sem fio exigem menos conexões de *hardware*, facilitando a implementação em locais de difícil acesso e escassez de recursos elétricos. Os meios de comunicação sem fio incluem *wi-fi*, *bluetooth* e comunicação via dados móveis.

•TECNOLOGIAS DE ARMAZENAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

- Englobam as aplicações *IoT*, a análise e o gerenciamento de dados e as plataformas de aplicativos. De forma geral, podemos dizer que as aplicações *IoT* são os *softwares* em execução que coordenam a interação entre pessoas, sistemas e dispositivos no contexto de um determinado propósito. Essas aplicações permitem a interação dispositivo-dispositivo e humano-dispositivo de forma confiável e robusta.

Fonte: o autor (2022), adaptado de Rajeswari, Suthendran e Rajakumar (2017).

A *IoT* pode compreender uma série de arquiteturas, porém as camadas mais importantes e que diferenciam as variadas arquiteturas são as camadas de segurança e comunicação. Com o intuito de explorar arquiteturas *IoT* e protocolos de comunicações, serão utilizadas as duas subseções seguintes, correlacionando-as com as descrições estabelecidas na Tabela 3.

2.3.1 Arquiteturas IoT

Conforme apresentado por Srinivasan *et al.* (2019), Al-Qaseemi *et al.* (2016) e Krčo, Pokrić e Carrez (2014), com o passar do tempo, projetos relacionados à *IoT* estabeleceram suas próprias arquiteturas, tomando por base os próprios requisitos e necessidades de cada projeto. Rafique *et al.* (2020) afirma que o foco das arquiteturas escolhidas, dependendo do projeto, escopo ou domínio do problema a ser abordado, concentrava-se em aspectos diferenciados ou até mesmo em um subdomínio da *IoT*, sem possuir uma arquitetura sólida, sempre adaptando-se às necessidades. De encontro a este pensamento, Tan *et al.* (2018) enfatiza que esta grande variedade de requisitos, gerados por diferentes domínios de aplicação, resultou em uma falta de padronização nas especificações de arquiteturas, envolvendo protocolos e componentes. Como resultado, a interoperabilidade entre os projetos e as discussões entre domínios acabavam sendo prejudicadas.

Existe, portanto, a necessidade de uma padronização dos modelos de referência, de modo a possibilitar que a interoperabilidade e a capacidade de expansão entre projetos tornem-se algo viável e plausível (SRUTHI; KAVITHA, 2016). Em um modelo de referência, os componentes que se destacam são os modelos de segurança da informação, os modelos de comunicação, os modelos de interação, assim como os padrões, a interface e a terminologia. Vindo de encontro a estas necessidades, estão a arquitetura *WSO2* e a arquitetura padrão em quatro camadas. A arquitetura *WSO2* pode ser definida como sendo uma arquitetura lógica que tem por base um modelo desagregado com base na aplicação em nuvem. Sua aplicação pode ocorrer em etapas incrementais, que criam uma base ágil para empresas do segmento digital, podendo ser implantada em ambientes de nuvem pública, privada ou híbrida, contemplando os requisitos de sistemas e tecnologias envolvendo *IoT*. Essa arquitetura possui três camadas, apresentadas na Tabela 4:

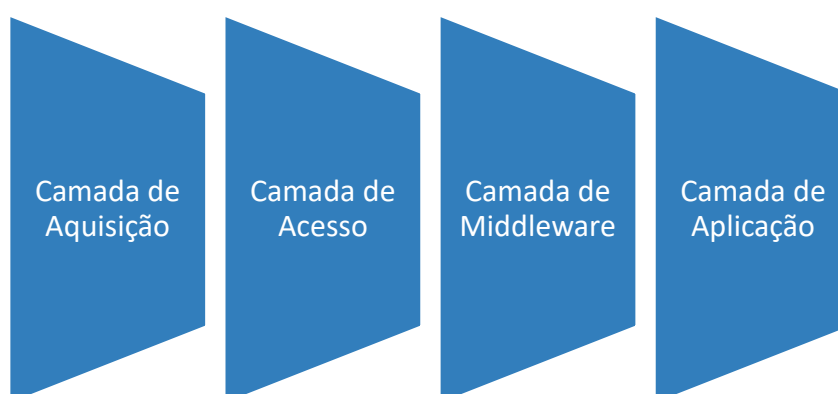
Tabela 4 - Camadas da Arquitetura WSO2.

CAMADA DE DISPOSITIVOS DE IOT	<ul style="list-style-type: none"> •Cada dispositivo precisa estar conectada à <i>Internet</i>. É necessário também que cada dispositivo possua uma identificação exclusiva na rede (<i>IP v4/v6</i>).
CAMADA DE COMUNICAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> •Esta camada permite a comunicação entre dispositivos através da rede; é responsável pela interação entre dispositivos <i>IoT</i> e <i>API's</i> ou portais <i>web</i>, fazendo uso dos protocolos <i>HTTP</i> e <i>MQTT</i>.
CAMADA DE PROCESSAMENTO	<ul style="list-style-type: none"> •Camada responsável pelo armazenamento de dados gerados pelo dispositivo em banco de dados e demais processamentos necessários.

Fonte: O autor (2022).

Já a Arquitetura *IoT* de Quatro Camadas, como o próprio nome sugere, propõe quatro camadas para o desenvolvimento da aplicação. São proponentes deste tipo de arquitetura autores como Touqeer *et al.* (2021), Ghade *et al.* (2020), Gokhale, Bhat e Bhat (2018), Torkaman e Seyyedi (2016), Chen. *et al.* (2014), Bassl e Lange (2013) e Bandyopadhyay e Sen (2011). A Figura 1 apresenta as camadas propostas por esta arquitetura:

Figura 1 - Arquitetura IoT em Quatro Camadas.



Fonte: O autor (2021), adaptado de Udoh e Kotonya (2018).

A primeira camada é a Camada de Aquisição. Seu objetivo é receber os dados gerados por sensores, enviar sinais aos atuadores e também interagir com outros sistemas embarcados. Segundo Touqeer *et al.* (2021), Bassi e Lange (2013) e Bandyopadhyay e Sem (2011), os dispositivos pertencentes a esta camada são os

responsáveis por prover identificação, coletar informações físicas do meio em que se encontram (sensores), atuar mecanicamente no meio (atuadores) e permitir o envio/recebimento de informações.

A segunda camada é a Camada de Acesso. Esta camada tem por objetivo efetuar o pré-processamento dos dados recebidos pela Camada de Aquisição. Touqeer *et al.* (2021) sugere que esta camada executa a comunicação de dados com a Internet, seja através de rede cabeada, por *bluetooth*, *WIFI*, ou até mesmo dados móveis.

A terceira camada é chamada de camada de *Middleware*. Esta camada recebe como funcionalidades a). interfacear a Camada de Acesso através dos seus protocolos, definindo os protocolos de troca de informação com a camada inferior, b). abstrair os dispositivos, atuando sobre o contexto dos dados, coletando os dados gerados pelos dispositivos, selecionando os dados que impactarão sobre o processamento, e finalmente, c). atuar no contexto dos dados e também oferecer a abstração necessária para a Camada de Aplicação, através de uma interface *REST* para facilitar o diálogo entre solicitante e dispositivos. Em resumo, esta camada interage com as respectivas camadas adjacentes (TOUQEER *ET AL.*, 2021).

A quarta e última camada é a Camada de Aplicação. Esta camada tem por objetivo interagir com o usuário da aplicação, possibilitando que este envie comandos ao sistema e receba o retorno de suas solicitações sobre os dispositivos envolvidos. Segundo Gokhale, Bhat e Bhat (2018) e Torkaman e Seyyedi (2016), as formas de interação com o usuário poderão ser manifestadas através de aplicações *desktop*, aplicações *web* e *apps* de celular.

A arquitetura de Quatro Camadas foi escolhida como padrão para o protótipo desta tese, principalmente por sua compatibilidade com o modelo de servidor escolhido.

2.3.2 Protocolos de Comunicação IoT

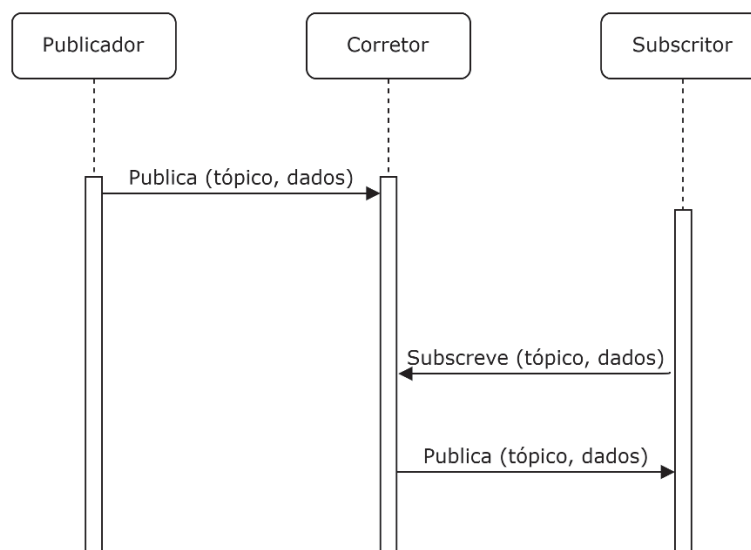
Protocolos representam padrões adotados, sendo no caso da *IoT*, os padrões estabelecidos para o diálogo entre dispositivos. Alguns protocolos não são de uso exclusivo da *IoT*, sendo compartilhados por outras aplicações e sistemas do mundo tecnológico. Nos trabalhos de Costanzo e Flores (2021), Rubí e Gondim (2021), Tightiz e Yang (2020), Sidna *et al.* (2020), também Farooq, Wheelock e Pesch (2019),

Çorak *et al.* (2018), Al-Sarawi *et al.* (2017), Marjani *et al.* (2017) e Krčo, Pokrić e Carrez (2014) são descritos alguns protocolos com maior incidência de utilização em aplicações do universo da *IoT*. A sequência da apresentação dos protocolos utilizada não representa necessariamente a incidência de utilização destes pelo mercado.

O primeiro protocolo a ser abordado é o *Constrained Application Protocol* (*CoAP*) que em uma tradução livre significaria “Protocolo de Aplicativo Restritivo”. Conforme relata Tightiz e Yang (2020), a identificação e acesso dos recursos controlados pelo servidor ocorre pelos chamados identificadores de recursos universais. Já Al-Sarawi *et al.* (2017) descreve que o protocolo *CoAP* tem por base a arquitetura web chamada *Representational State Transfer* (*REST*), tendo como foco o baixo custo operacional e a simplicidade no atendimento a tarefas específicas. Rubí e Gondim (2021) estabelecem que este protocolo propõem o uso de duas camadas lógicas, sendo uma camada responsável por trabalhar as requisições e suas respectivas respostas, de forma similar ao protocolo *HTTP*, e a outra camada capaz de lidar com mensagens do tipo *User Datagram Protocol* - *UDP* (ou protocolo de datagrama do usuário).

Outro protocolo que possui frequente aplicação na *IoT* é o *Message Queue Telemetry Transport* (*MQTT*). Este protocolo faz uso de uma técnica chamada publicação (*publish*) x subscrição (*subscribe*), sendo que as mensagens são transferidas através de um corretor (*broker*). Suas principais virtudes são a capacidade de aplicação em dispositivos que possuam hardware com poder restrito de processamento e sua baixa necessidade de largura de banda de dados para o envio de suas mensagens, o que é um fator positivo para dispositivos de baixo consumo. Os pacotes de dados *MQTT* não possuem um cabeçalho de tamanho único, podendo variar conforme a necessidade e, assim como o protocolo *TCP*, possui garantia de entrega da mensagem, fazendo inclusive uso dos protocolos *TCP/IP* em parte de suas camadas. A Figura 2 apresenta o princípio de funcionamento de um protocolo *MQTT*:

Figura 2 - Arquitetura MQTT.



Fonte: O autor, adaptado de Haripriya, *et al.* (2019).

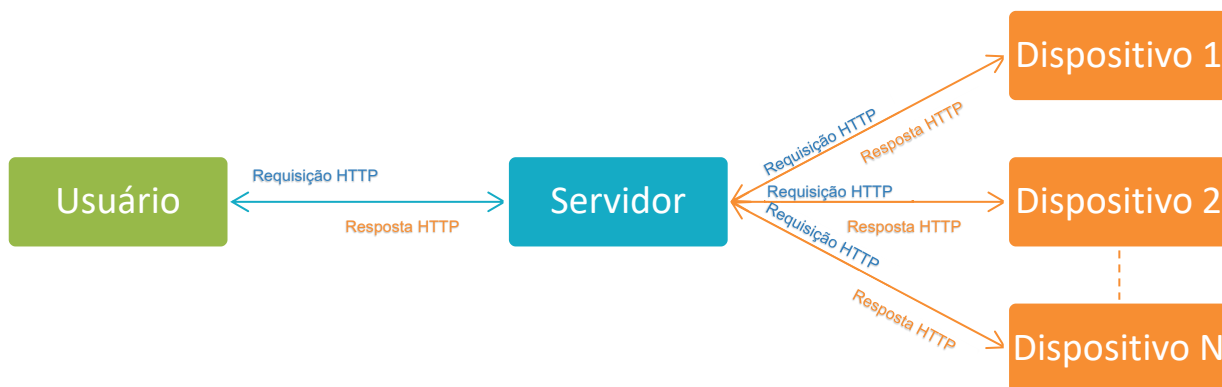
O terceiro protocolo de comunicação que merece destaque (**sendo o protocolo escolhido para este projeto**) é o protocolo *Hypertext Transfer Protocol (HTTP)*. É um protocolo muito comumente utilizado em navegadores e aplicações web, por trabalhar com hipermídia, servindo de protocolo base para comunicação através da Internet. O *HTTP* baseia-se no paradigma *cliente/server*, no qual requisições são efetuadas por um cliente (computador, dispositivo móvel, um veículo, etc.), sendo recebidas, processadas e respondidas por um servidor. Este protocolo foi projetado para trabalhar em conjunto com o protocolo *Transmission Control Protocol (TCP)*, sendo estes, provavelmente, os protocolos mais utilizados na Internet; porém, menos recomendados para dispositivos *IoT* com baixa capacidade de processamento.

No surgimento da *IoT*, os microcontroladores disponíveis possuíam limitado poder de processamento quando em comparação aos dispositivos disponíveis atualmente, o que representou um fator limitante ao uso do protocolo *HTTP* à época. Porém, com o passar do tempo, novos dispositivos foram inseridos no mercado, (como o *Arduino*, *PLCs*, *ESP8266*, *ESP32*), possuindo processadores mais potentes e maior capacidade de memória, tornando então viável a utilização do protocolo *HTTP* em aplicações de *IoT* (COSTANZO; FLORES, 2021). Rubí e Gondim (2021) ressaltam que um ponto negativo relacionado ao uso do protocolo *HTTP* em aplicações de *IoT* reside na necessidade que o *HTTP* possui de enviar vários pequenos pacotes de

dados, podendo sobrecarregar a rede e ocasionalmente gerar atraso na distribuição das requisições.

Contudo, Aliwarga, Satriatama e Pratama (2020) destacam que a utilização do protocolo *HTTP* em aplicações apresenta algumas vantagens. A primeira delas reside no fato de que a parceria com o protocolo *TCP/IP* possibilita a garantia da entrega dos pacotes de dados, resultando em confiabilidade. Os autores comentam que pode ocorrer a finalização da entrega de um pacote mesmo após o fechamento da conexão. Já Costanzo e Flores (2021) acrescentam que o protocolo *HTTP* possibilita a utilização de *WebSockets*, possibilitando a transmissão apenas dos dados relevantes em um determinado contexto em tempo real, reduzindo o grande volume de requisições simultâneas. Uma dificuldade inicial, principalmente no contexto industrial, dizia respeito à capacidade do protocolo *HTTP* de enviar dados, o que seguia na contramão do padrão industrial, porém este cenário tem mudado com o surgimento de *gateways* e CLPs para aplicação na Indústria 4.0, que possibilitam o envio de dados sobre *HTTP* através de suporte nativo. A Figura 3 apresenta o padrão de fluxo de dados através do *HTTP*:

Figura 3 - Arquitetura do Protocolo HTTP.



Fonte: O autor, adaptado de Aliwarga, Satriatama e Pratama (2020, p.3).

Quando do uso do protocolo *HTTP* em projetos de *IoT*, utilizar o recurso dos *WebSockets* pode ser uma alternativa interessante, pois possibilita a otimização e redução do volume de dados que trafegam pela rede, diminuindo o tempo de latência das requisições e respostas. O protocolo *HTTP* na *IoT* possibilita também a interoperabilidade com outras aplicações web, justamente pela não necessidade de

conversão entre protocolos, além de oferecer a garantia da entrega dos pacotes, através do protocolo *TCP/IP* (SILVA ET AL., 2018; RODRIGUEZ; JULCAPOMA, 2020). Existem ainda outros vários protocolos de comunicação na *IoT* e na *IIoT*, como o *OPC UA* e o *MODBUS*. Em seu trabalho, Costanzo e Flores (2021) ainda citam os protocolos *Universal Plug-and-Play (UPnP)*, *Data Distribution Service (DDS)*, *Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP)* e *Advanced Message Queuing Protocol (AMQP)*. Porém, como estes protocolos não fazem parte do escopo deste trabalho, não serão abordados.

2.3.3 Microcontroladores, Sensores e Atuadores

Com a chegada da *IoT*, bem como da *IIoT* e da Indústria 4.0, vários dispositivos de custo acessível e considerável capacidade de processamento, conhecidos como microcontroladores, foram lançados no mercado, tornando estas tecnologias mais acessíveis. Mamat *et al.* (2021) afirmam que os microcontroladores são plataformas de hardware acessíveis devido ao seu baixo custo, possibilitando uma forma rápida e simples de programar, habilitando a prototipação de dispositivos *IoT*. Microcontroladores são dispositivos normalmente de tamanho reduzido, que atuam como um computador em miniatura, contendo processador, memórias, portas lógicas de comunicação e outras funcionalidades, normalmente dedicadas para a automação de tarefas. Para Khalid *et al.* (2021), os principais pontos positivos dos microcontroladores são o baixo custo e o reduzido consumo de energia, e os pontos negativos são o pequeno poder de processamento e a reduzida quantidade de memória RAM disponível.

Os microcontroladores possuem portas de conexão com periféricos externos, conhecidos como *General Purpose Input/Output (GPIO)*, que permitem a conexão de atuadores, sensores, módulos de conexão de rede cabeada ou *wireless* e até mesmo outros microcontroladores, disponibilizando um amplo leque de opções para o desenvolvimento de projetos (MARQUES, 2021). Segundo Khalid *et al.* (2021), além dos recursos de entrada e saída de dados disponível através dos pinos *GPIO*, os microcontroladores normalmente disponibilizam uma interface de comunicação, nos padrões *RS-232 (Serial)*, *Universal Serial Bus (USB)* ou outro, que possibilite a sua programação através de microcomputadores.

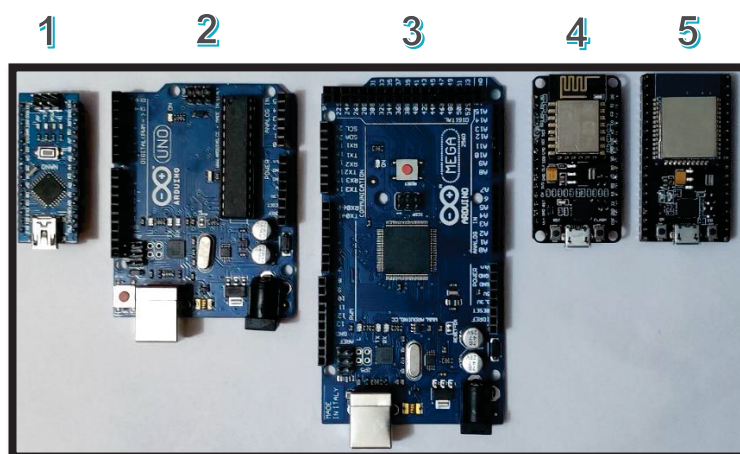
Dentre os dispositivos microcontroladores de *IoT* disponíveis no mercado, a linha *Arduino*, por sua simplicidade e suporte, vêm sendo adotada em projetos de automação disponíveis em escolas e na internet. Esta família de microcontroladores foi criada na Itália, e suas placas normalmente utilizam os microcontroladores da linha *ATMEGA*. A *IDE* de programação da *Arduino* faz uso da linguagem *C++* para a criação de projetos, ficando famosa pela simplicidade no desenvolvimento de pequenos projetos, podendo, contudo, suportar o desenvolvimento de projetos mais complexos. Estes microcontroladores são programados através de uma interface *USB*, ou através de pinos para programação *serial* (BANZI; SHILOH, 2022).

Mais recentemente, em 2014 surge a linha de microcontroladores *ESP*, produzidos pela *Espressif System*, como uma promissora alternativa aos microcontroladores de prototipação disponíveis no mercado, principalmente pelo custo acessível, medidas compactas e sua capacidade nativa de conexão a redes *WIFI*; em alguns modelos, suporte também a conexões *Bluetooth* (KHALID ET AL., 2021). Outra característica interessante dos microcontroladores *ESP* é a utilização de processadores *ESP8266* e, mais recentemente os *ESP32*, que suportam até mesmo a instalação de um sistema operacional básico como o *freeRTOS* (ESPRESSIF, 2022). Para Khalid et al. (2021), os processadores da linha *ESP* possuem desempenho superior, quando comparados aos processadores da *ATMEGA*, utilizados no *Arduino*. Os microcontroladores da linha *ESP* podem ser programados através de várias *IDEs* e diferentes linguagens de programação, como *C++*, *Lua*, *Python*, etc.

A linha *ESP8266*, também chamada *NodeMCU*, é a linha que antecedeu o *ESP32*, mas ainda está em produção. Esta linha faz uso de processadores *ESP8266*, e, assim como os *ESP32*, utilizam o padrão de tensão elétrica da *IoT* de 3,3 volts (V), diferentemente do padrão de 5 volts adotado pela plataforma *Arduino*. Embora possua um regulador de tensão interno que permite a alimentação do circuito com os 5 volts gerados por um cabo *USB*, os pinos de dados do *NodeMCU* suportam os sinais de alta (*high*) com no máximo 3,3V, e um sinal acima desta tensão elétrica pode ocasionar dano físico ao circuito. Outros recursos disponíveis são o conversor *Serial*, pinos *I2C*, *SPI*, suporte a sinais analógicos e digitais e *WIFI* interno (MAMAT ET AL., 2021). Ainda para Mamat et al. (2021), é possível o uso do *NodeMCU* para controle de portas *GPIO* através de páginas *web*, comunicação sem fio entre *MCUs* (*Micro controller Unit*), automação residencial, robótica, etc.

Porém, um dos microcontroladores com crescente demanda para projetos de *IoT* atualmente é o *ESP32*. Segundo a *Espressif* (2022), trata-se de um microcontrolador com processador *Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6*, com capacidade de *clock* variando entre 80MHz ~ 240MHz, possuindo 4MB de memória *FLASH*, 520KB de memória RAM, 448KB de memória ROM, 34 GPIOs de 3.3V e 12mA, 18 Conversores Analógico-Digital (*ADC*) com 12-bit de resolução (4096 bits), 2 Conversores Digital-Analógico (*DAC*) com 8-bit de resolução (256 bits), *WIFI* de 2,4 Ghz e *Bluetooth Low Energy v4.2 (BLE)*. De um modo simplista, o *ESP32* pode possuir o dobro de núcleos de processamento e um desempenho consideravelmente superior aos microcontroladores *Arduino* e *ESP8266*. A Figura 4 apresenta alguns dos modelos mais comuns de microcontroladores *IoT* identificados conforme numeração: 1- *Arduino Nano*; 2- *Arduino Uno*; 3- *Arduino Mega*; 4- *ESP8266*; 5- *ESP32*.

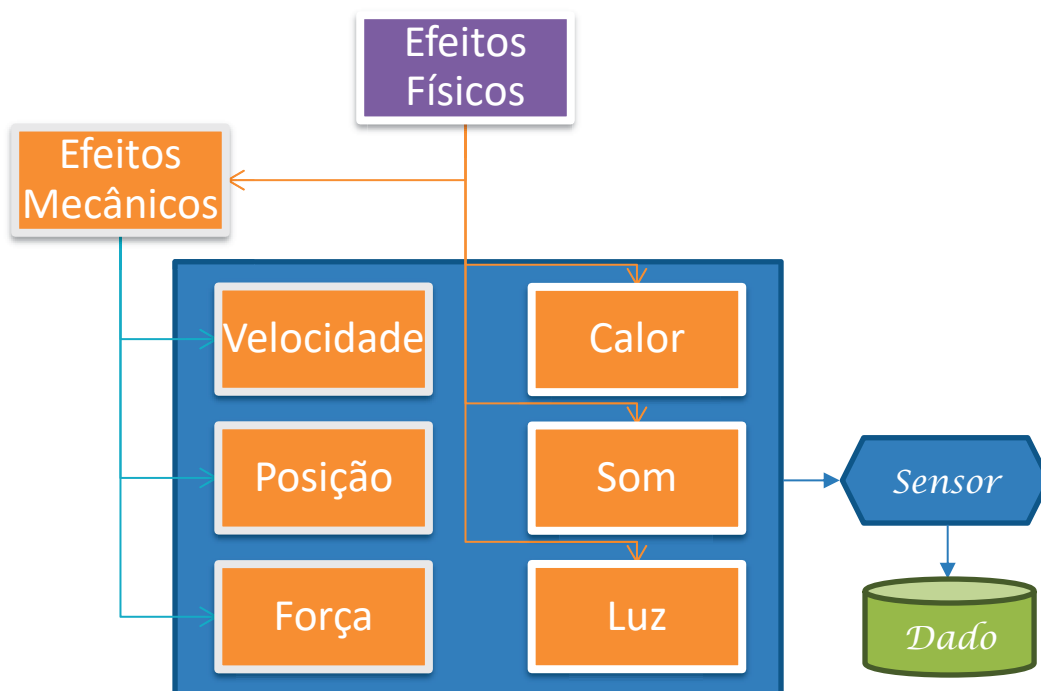
Figura 4 - Alguns Modelos de Microcontroladores *IoT*.



Fonte: O autor (2022).

No processo de automação de qualquer tarefa, fazendo uso de microcontroladores, torna-se frequentemente necessário o uso de sensores e atuadores, possibilitando tanto a verificação de um evento, quanto a atuação na mudança de algum *status*, conforme a codificação estabelecida no sistema que o gerencia (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2020; ZEYMER; SILVA; SCHNEIDER, 2021). A Figura 5 apresenta as etapas da atuação de um sensor:

Figura 5 - Captura de Dados Através de um Sensor.



Fonte: O autor (2022), adaptado de Thomazini e Albuquerque, 2020.

Os sensores podem ser classificados em basicamente dois grandes grupos: sensores analógicos e digitais. Esta divisão ocorre devido ao intervalo de valores lidos. Os sensores analógicos operam com base no princípio da variação da tensão elétrica (V), cujos valores resultantes podem oscilar entre os limites inferior e superior estabelecidos, resultando em n possíveis valores ao longo do tempo. A Equação 1 descreve a variação de valores gerada por um sensor analógico:

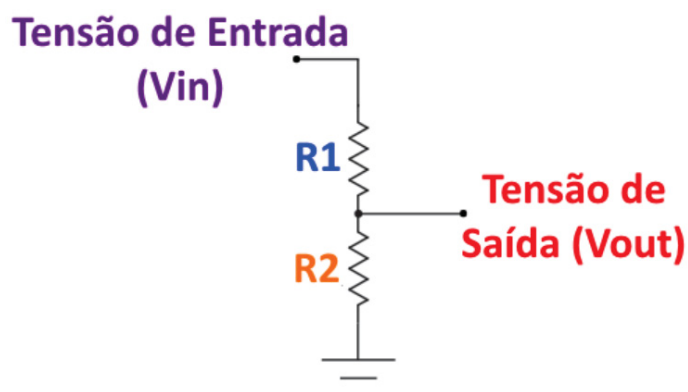
Equação 1 - Valores de um Sensor Analógico

$$[lim. inf. \leq n \leq lim. sup.]$$

Fonte: O autor (2022)

O fato de sensores analógicos poderem gerar intervalos de tensão superiores aos suportados pelo conversor A/D do microcontrolador, pode impedir a sua interconexão direta. Para situações como esta, torna-se necessário o uso de recursos da eletrônica, sendo um deles conhecido como divisor de tensão. O divisor de tensão é um circuito simples, constituído por dois resistores em série, de modo a limitar a tensão gerada pelo sensor a um intervalo suportado pelo microcontrolador. A Figura 6 apresenta o circuito divisor de tensão:

Figura 6 - Esquema Elétrico do Divisor de Tensão.



Fonte: Arduinoecia (2018).

Os sensores analógicos podem ser utilizados para medir várias grandezas, como luminosidade, torque, pressão, distância, temperatura, velocidade, umidade, vazão, força, ângulo, etc. Nos casos em que exista a incompatibilidade dos limites de tensão suportados pela entrada analógica do microcontrolador e o sensor analógico utilizado, faz-se necessário o uso de recursos como o divisor de tensão apresentado. Para calcular o valor dos resistores R1 e R2, basta fazer uso das fórmulas apresentadas na Equação 2, ou utilizar alguma calculadora online para a obtenção dos valores. A Equação 2 apresenta as fórmulas para o cálculo do valor da tensão de saída (Vout) e para o cálculo dos valores das resistências R1 e R2:

Equação 2 - Cálculo da Tensão de Saída (Vout) e dos Resistores R1 e R2.

$$V_{out} = V_{in} * \frac{R2}{(R1 + R2)}$$

$$R2 = V_{out} * \frac{R1}{(V_{in} - V_{out})}$$

Fonte: O autor (2022).

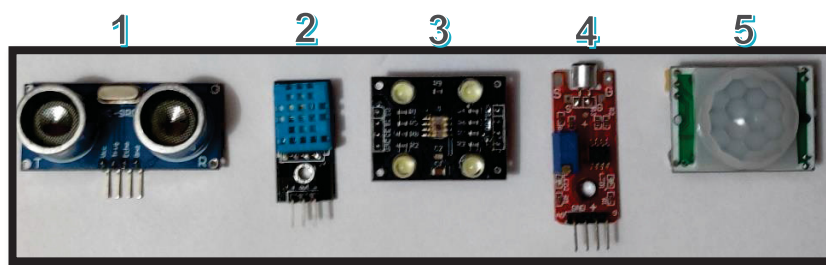
Já os sensores digitais operam com base no princípio da corrente elétrica (A), podendo assumir apenas duas possibilidades: presença ou ausência desta na saída do sensor. Valores como verdadeiro e falso, *true* e *false*, *on* e *off*, 0 e 1, ligado ou

desligado, *high* e *low* são exemplos de formas utilizadas para representar o status de um sensor digital. O funcionamento dos sensores digitais baseia-se na lógica booleana e as regras da tabela verdade e dos operadores lógicos *AND*, *OR* e *NOT* podem ser utilizados. Zeymer, Silva e Schneider (2021) descrevem que as grandezas físicas, por serem analógicas, não assumem naturalmente estes valores binários, mas podem ser interfaceadas com o sistema desta forma, após serem transformadas pelo circuito eletrônico de sensores (termostato, pressostato, chave de nível) ou transdutores (usados para determinação da velocidade ou posição), tendo sua saída apresentada no formato de pulsos ou códigos booleanos.

Embora os sinais analógicos e digitais sejam originalmente incompatíveis, é possível convertê-los ao formato oposto. Com este intuito, foram criados os conversores *Analog to Digital Converter (ADC)* e *Digital to Analog Converter (DAC)*, recursos úteis e normalmente disponíveis em microcontroladores e outros circuitos dedicados. Porém, Zeymer, Silva e Schneider (2021) alertam que este processo de conversão pode resultar em perda de parte do sinal, e que ruídos podem distorcer o valor medido. Para tanto, o valor em bits utilizado deve ser previamente estabelecido e medido pelo desenvolvedor, para que não ocorram medidas incorretas na análise do sinal gerado, ou que o processo de conversão se torne demasiado lento.

Os sensores são periféricos que fazem parte de um conjunto, não sendo normalmente utilizados de forma isolada; a este conjunto é dado o nome de transdutor. Os transdutores, dos quais os sensores fazem parte, podem converter um tipo de grandeza em outra, sendo normalmente utilizados nos dispositivos de controle (BICA ET AL., 2021). Os transdutores podem converter sinais analógicos como pressão e temperatura em sinais elétricos analógicos (V) ou digitais (A), podendo ser então enviados ao microcontrolador, responsável pela coleta dos sinais. Neste sentido, pode-se dizer que o transdutor opera como uma interface entre o mundo real e o sistema de controle, podendo estes sinais resultarem em uma ação de um atuador. Desta forma, o transdutor torna-se um instrumento completo, podendo ser aplicado em contexto industrial ou comercial (BICA ET AL., 2021). A Figura 7 apresenta alguns modelos mais comuns de sensores *IoT* identificados conforme numeração: 1- Sensor Ultrasônico (HC-SR04); 2- Sensor de Temperatura e Humidade (DHT-11); 3- Sensor de Cores (TCS-3200); 4- Sensor de Som (KY-037); 5- Sensor *Pir* - Movimento (HC-SR505).

Figura 7 - Alguns Modelos de Sensores IoT.



Fonte: O autor (2022).

Alguns aspectos relativos aos sensores precisam ser levados em consideração no momento da escolha, pois definirão a sua correta aplicação, dependendo do contexto; a primeira característica é i) Velocidade de Resposta, e trata do tempo que um sensor leva para obter um valor correto; em sistemas realimentados, o ideal é que o tempo de resposta seja praticamente instantâneo, para que não haja prejuízo ao correto funcionamento do sistema; o segundo aspecto relevante é ii) Estabilidade, estando relacionada à confiabilidade de uma leitura em um dado momento (oscilações nas medidas apresentadas não são bem vindas); o terceiro aspecto apresentado diz respeito ao iii) Alcance, ou amplitude de valores suportados pelo sensor, representando os limites mínimo e máximo de valores gerados por este.

Thomazini e Albuquerque (2020) continuam elencando a característica iv) Precisão, que representa a fidelidade com que um sensor apresenta um valor medido; fatores como as condições de trabalho de um sensor, estado de conservação do mesmo e a sua qualidade podem influenciar diretamente a precisão da leitura. Alguns sensores apresentam valores de tolerância, medidos em percentual: quanto menor a tolerância do sensor, mais preciso será seu valor; outro aspecto a ser considerado é a v) Exatidão, trata-se da comparação dos valores gerados em um dado momento com valores gerados por medidor de referência aferido; quanto mais próximo o valor gerado pelo sensor ao valor de referência, maior será considerada a exatidão de um sensor; o sexto aspecto é a vi) Sensibilidade, que representa a correlação existente entre o aspecto a ser medido e o valor do sinal gerado pelo sensor; quando um sensor analógico está efetuando uma leitura, sua sensibilidade está relacionada à detecção de pequenas variações na grandeza medida e a respectiva geração do sinal esperado. Outras características secundárias relacionadas a sensores são destacadas pelos

autores, como sua vida útil, calibração, custo e manutenção, que também devem ser levadas em conta no momento de escolha de um determinado sensor.

Existe uma grande variedade de sensores e aplicações para estes, porém é possível categorizá-los em alguns subgrupos. O primeiro subgrupo é o de i) sensores de umidade, gases e ph; o segundo subgrupo é dos ii) sensores de tensão, corrente e potência, do qual fazem parte os transdutores de potência, sensor de tensão de ca e cc, sensor de efeito *hall* e sensor de corrente; o terceiro subgrupo são dos iii) sensores de vazão, do qual fazem parte o medidor de vazão em válvulas, os ultrassônicos, o magnético indutivo, o sensor óptico e o magnético; na sequência estão os iv) sensores de nível, do qual fazem parte o sensor de nível por espectroscopia de impedância, o medidor de nível por onda guiada, o medidor de nível por borbulhamento, o sensor fotoelétrico, o sensor alfassônico, o sensor de nível vibratório (piezoelétrico), o sensor ultrassônico, o sensor laser e o sensor célula de carga; o grupo cinco é o subgrupo dos v) sensores de pressão, do qual fazem parte o sensor de pressão capacitivo, o sensor de pressão integrado e os sensores óticos de pressão.

Já no subgrupo seis estão os vi) sensores de temperatura, do qual fazem parte os sensores termistores, os pirômetros, o sensor termopar e o sensor de termo resistência; estão no subgrupo sete os vii) Sensores de aceleração, do qual fazem parte os acelerômetros a balanço de força, os acelerômetros de deformação, os acelerômetros de deslocamento e o acelerômetro integrado do tipo capacitivo; estão no subgrupo viii) os sensores de velocidade, o acoplador óptico, o sensor dínamo taquimétrico e o sensor de bobina; no subgrupo nove encontram-se os ix) sensores óticos, contendo o sensor de cor, o sensor ultravioleta, o sensor fotorresistor, o sensor de cor, e o sensor fotovoltaico; o próximo subgrupo é o x) sensores de posição, do qual fazem parte o sensor de proximidade magnético, o sensor de proximidade capacitivo e o sensor de proximidade indutivo; finalmente o subgrupo xi) sensores de presença contém os sensores óticos, o sensor a laser, o sensor ultrassônico e o sensor infravermelho (THOMAZINI; ALBUQUERQUE, 2020).

Enquanto em um lado do processo estão os sensores: que recebem, detectam e codificam um sinal, no lado oposto encontram-se os atuadores. Os atuadores podem ser utilizados de forma integrada ou não a sensores, tendo sob sua responsabilidade gerar uma ação conforme especificação definida em um sistema. No que tange a atuadores, são dispositivos que modificam uma variável controlada, recebendo um

sinal proveniente do controlador e agindo no sistema controlado. Estes dispositivos podem atuar em regimes tanto de baixa carga, quanto de elevada carga e potência, a depender do projeto utilizado e de sua finalidade específica. São exemplos de atuadores os: i) solenoides, ii) motores (step-motor, syncro-motor, servo motor), iii) cilindros (pneumáticos, hidráulicos), iv) módulos relés (estáticos, eletromecânicos) e v) válvulas (pneumáticas, hidráulicas).

2.4 PRINCÍPIOS E TECNOLOGIAS PARA DESENVOLVIMENTO

Nesta subseção serão abordados os conceitos da área e trabalhos correlacionados ao aspecto lógico proposto neste projeto, envolvendo linguagens de programação compatíveis com o desenvolvimento para *IoT* e para a camada servidora (*backend*) com persistência em banco. Também serão abordados trabalhos com enfoque em bancos de dados relacionais.

2.4.1 Sistemas de Informação

Para Bonetti *et al.* (2022), um sistema de informação baseado em computadores (*Computer Based Information System (CBIS)*) é constituído por um conjunto único de *hardware*, *software*, bancos de dados, telecomunicações, pessoas e procedimentos configurados para coletar, manipular, armazenar e processar dados em informações (STAIR; REYNOLDS, 2020). Deste modo, o desenvolvimento de um sistema computacional compreende a escolha da forma mais adequada para o armazenamento dessas informações. Convém ressaltar que usuários também poderão realizar operações sobre os dados coletados, como adicionar, recuperar e modificar ou atualizar a estrutura dos dados, eliminando dados desnecessários (SETZER; SILVA, 2005). Intrinsecamente correlacionado aos Sistemas de Informação está o Ciclo do Conhecimento, que pavimenta os passos adotados no desenvolvimento deste trabalho, e é apresentado na Figura 8:

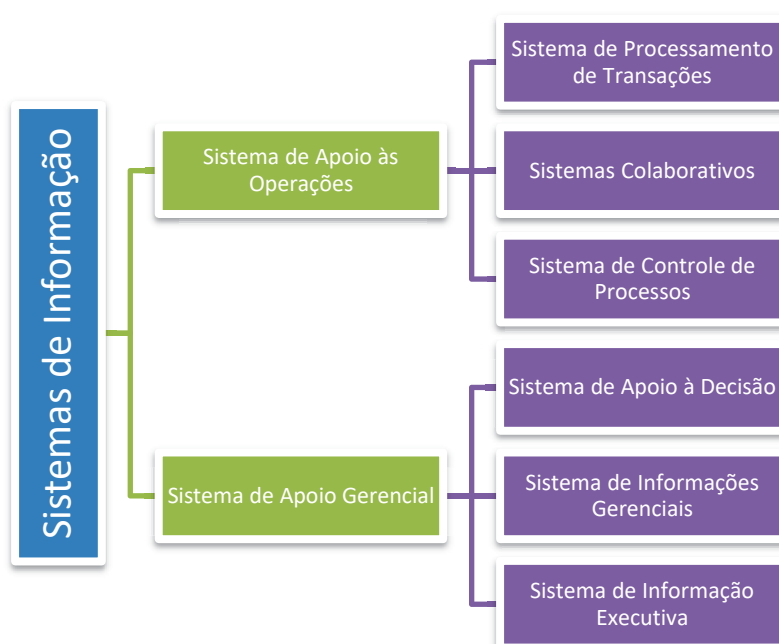
Figura 8 - Ciclo do Conhecimento.



Fonte: O autor (2022).

Os Sistemas de Informação são subdivididos em dois grandes grupos: i) sistemas de apoio às operações e ii) sistemas de apoio gerencial. No contexto deste projeto de tese, é possível dizer que a arquitetura *IoT* proposta enquadra-se nas duas categorias, uma vez que o aspecto operacional do portal detector de metais vai de encontro à descrição da primeira classificação, contudo o ciclo de vida da informação gerado pela coleta, armazenamento, processamento dos dados e transformação destes em informação, além do potencial de fornecer informações gerenciais e indicadores, enquadra-o também no segundo grupo. A Figura 9 classifica os tipos de Sistemas de Informação:

Figura 9 - Tipos de Sistemas de Informação.



Fonte: O autor (2022).

Além do aspecto tecnológico e inovador inerente a esta arquitetura, a viabilidade fomentada pelo custo acessível, a facilidade de implantação e o desenvolvimento de uma forma não opressora de monitoramento individual, esta proposta busca produzir nos estudantes uma **mudança de atitude, motivada pelo reconhecimento de ações que priorizem a valorização da vida.**

2.4.2 Linguagem de Programação para Microcontroladores Embarcados, Web e Mobile

Segundo definição especificada por Sebesta (2018) e Bertolini *et al.* (2019), as linguagens de programação correspondem a um conjunto de padrões e regras que definem como ocorrerá o envio de informações e comandos gerados por seres humanos para as máquinas. Em considerando que o princípio da abstração reside no desvencilhamento de detalhes irrelevantes a um determinado contexto, pode-se dizer que diferentes linguagens de programação podem possuir diferentes níveis de abstração, podendo variar de um nível mais baixo para um nível mais alto. Para linguagens que possuem um baixo nível de abstração, também chamadas de linguagem de máquina, a programação ocorre com foco na arquitetura do processador, fazendo uso de sintaxe em hexadecimal e linguagem binária, a exemplo da linguagem *Assembly*.

Denardin e Barriquello (2019) afirmam que é chamada linguagem de programação de embarcados a área da programação para o controle de circuitos externos e periféricos, através de microcontroladores e microprocessadores. Segundo Almeida, Moraes e Seraphim (2017), neste tipo de programação, diferentemente da programação para a *web*, dispositivos móveis ou *desktop*, a linguagem precisa lidar com recursos limitados de hardware: seja pelo baixo *clock* do processador, pela baixa quantidade de memória, a ausência de um sistema operativo completo, a comunicação restrita com os sistemas exteriores e a baixa velocidade de execução de tarefas.

Por terem características de baixo ou médio nível de programação, linguagens como *Assembly*, *C* e *C++* são linguagens mais recomendadas na programação de microcontroladores e circuitos embarcados, pois ocupam menos memória e possibilitam um maior desempenho na execução, quando comparadas a linguagens de alto nível como *Java*, *Python* e *JavaScript*; embora estas possuam framework para

sua execução, não são nativas para a escrita em microcontroladores, apresentando performance inferior na execução de códigos.

No caso das linguagens com um nível maior de abstração, ocorre uma aproximação ao nível humano de compreensão da realidade, tornando o processo de codificação muito mais intuitivo. O código escrito é passado por um interpretador ou compilador, que por sua vez transforma-o em linguagem de máquina, podendo ou não passar por um código intermediário, conhecido como *bytecode*. Neste tipo de codificação, não existe a necessidade do pré-conhecimento de códigos binários por parte do programador (BERTOLINI *ET AL.*, 2019). Ao longo da história, várias linguagens de programação foram desenvolvidas, com diferentes propósitos e aplicações, sendo as mais comuns as comerciais, militares, científicas, sistemas embarcados, dispositivos móveis, etc. (SEBESTA, 2018). Com o surgimento da Internet, várias linguagens de programação foram criadas e adaptadas ao seu contexto, para o desenvolvimento de páginas tanto estáticas quanto dinâmicas, podendo ou não persistir dados em bancos de dados (SILVA, 2018; DUCKETT, 2016).

No contexto específico de aplicações *web*, algumas linguagens tiveram destaque, como o *Java*, *PHP*, *Python* e *C#* no lado servidor e *HTML*, *CSS*, *JavaScript* e variantes no lado cliente. Para Silva (2018) o *JavaScript* é uma das mais importantes tecnologias da *World Wide Web (WWW)* juntamente com *HTML* e *CSS*, sendo o *JavaScript* responsável pela execução de procedimentos e ações e *HTML* e *CSS* responsáveis pela interface gráfica. Para Moraes (2021), o *JavaScript* possibilita tanto a comunicação assíncrona com servidores, quanto a interação dinâmica com usuários através de páginas web. Um dos navegadores mais populares atualmente é o *Google Chrome*, e este oferece suporte ao ambiente de execução conhecido como *Node.js*, possibilitando o desenvolvimento de aplicações de alto desempenho e escaláveis; permitindo inclusive a execução de códigos *JavaScript* sem a necessidade de um navegador, sendo autossuficientes na manutenção e criação de micro serviços e *APIs* independentes (MORAES, 2021).

Segundo Novick (2017), o *JavaScript*, que foi originalmente criado para utilização no lado cliente de uma *interface web*, passou a ser utilizado em outros contextos, como aplicações para o lado servidor e *apps* para dispositivos móveis, através de *frameworks* híbridos como o *VueJS* e o *Xamarin*, criados a partir de 2011. Apesar da sua flexibilidade de uso em diferentes plataformas de dispositivos móveis, os *frameworks* híbridos eram prejudicados no desempenho da execução de seus

códigos, justamente por não possuírem código nativo nos dispositivos móveis utilizados, em especial *iOS* e *Android*. Conforme Luckenbaugh (2020), até então, o desenvolvimento de aplicações nativas para as plataformas *iOS* e *Android* demandava a criação de *apps* nas linguagens *Kotlin* ou *Java* para *Android* e *Swift* (ou *Objective-C*) para *iOS*. Neste contexto, desenvolver uma aplicação multiplataforma demandava a criação independente de dois *apps*, sendo um para cada plataforma.

Luckenbaugh (2020) destaca que objetivando resolver esta limitação, o grupo *Facebook* (atual *Meta*), desenvolveu um *framework* chamado *React Native*, que permite a conversão de programas *JavaScript* em código nativo tanto para a plataforma *iOS* quanto para a plataforma *Android*. Com o rompimento das limitações do uso de código *JavaScript* em dispositivos móveis, foi possível obter melhor utilização de periféricos do celular como bússola, câmera, giroscópio, etc., maior desempenho na inicialização de *apps*, maior fluidez na utilização de *apps*, assim como módulos de segurança mais confiáveis (LUCKENBAUGH, 2020). Porém, o desenvolvimento de aplicativos em linguagens nativas continua tendo a sua importância, devido a ampla disponibilidade de bibliotecas, principalmente para a criação de aplicativos que façam uso de recursos mais complexos do dispositivo.

2.4.3 Banco de Dados

Bancos de dados são estruturas de armazenamento de dados muito utilizadas em sistemas computacionais. É possível definir um banco de dados como uma coleção de dados utilizada pelo sistema de informação de uma determinada organização (SILBERSCHATZ; SUNDARSHAN; KORTH, 2020). Outra definição de banco de dados retrata-o como uma coleção de fatos registrados que refletem o estado de certos aspectos de interesse do mundo real. O conteúdo de um banco de dados representa uma visão instantânea do mundo real. Cada mudança em algum item reflete uma mudança ocorrida na realidade que se está representando (ELMASRI ET AL., 2019).

Meier e Kaufmann (2019) estabelecem que os bancos de dados podem ser classificados em duas categorias: bancos de dados relacionais e bancos de dados não relacionais, sendo os relacionais sucessores dos bancos hierárquicos e em rede e os mais utilizados no universo dos negócios. Elmasri *et al.* (2019) destaca que antes de se adicionar dados em um banco de dados relacional, faz-se necessário primeiro

modelar a estrutura que irá conter os dados (esquema de dados), definir quais serão as entidades, seus respectivos atributos e como as entidades (tabelas) vão se relacionar, de modo a garantir a integridade referencial dos dados armazenados. Os bancos de dados relacionais fazem uso de uma linguagem específica para manipulação de dados conhecida como *Structured Query Language (SQL)*, que facilita a criação da estrutura de dados, a manipulação dos dados e a construção de consultas, em suas mais variadas formas (ELMASRI ET AL., 2019). Bancos de dados relacionais prezam pelos princípios de Atomicidade, Consistência, Isolamento e Durabilidade (ACID), além de permitirem o uso de *joins* e chaves estrangeiras.

Como uma alternativa aos bancos de dados relacionais, estão os bancos de dados não relacionais, também chamados de *NoSQL*, justamente pelo fato de não utilizarem comandos *SQL* na interação com os dados. Os bancos do tipo *NoSQL* possuem esquemas dinâmicos, ou seja, é possível armazenar diferentes tipos de dados juntos, sem a necessidade de criação de estruturas de dados separadas para cada tipo (PERKINS; REDMOND; WILSON, 2018). Pela ausência de estrutura, os bancos de dados não relacionais possuem como ponto positivo o alto desempenho na inserção e leitura dos dados, porém o mesmo não se aplica a consultas mais complexas, que seriam facilmente executadas em um banco de dados relacional. Segundo Meier e Kaufmann (2019), os dados armazenados neste tipo de modelo são constituídos pelo princípio utilizado em arquivos do tipo *eXtended Markup Language (XML)*, que faz uso do princípio “chave-valor”. No *NoSQL*, o campo “*string*” representa a chave, e os dados a serem armazenados representam o valor.

2.5 GESTÃO DA INFORMAÇÃO

Segundo Davenport (1998) e McGee e Prusak (1994), identificar as necessidades e requisitos de informação, coletar, classificar, armazenar, tratar, exibir, distribuir e divulgar a informação são características inerentes à Gestão da Informação. O processo de Gestão da Informação pretende oferecer vantagem competitiva para as organizações, obtidas através do uso estratégico das informações. Porém, para servirem de real apoio à tomada de decisão, estas informações devem estar baseadas tanto na quantidade quanto na qualidade (ROSINI; PALMISANO, 2016).

Segundo Choo (2006), as fontes de informação organizacionais podem ser classificadas em quatro categorias: externas e pessoais, internas e pessoais, externas e impessoais, e internas e impessoais, estabelecendo que a informação é um componente inerente de quase tudo o que uma organização faz e sua obtenção depende de estratégias adequadas. Para Chaffey (2002), o conceito de estratégia pode ser definido como: o conjunto de planos e objetivos pelos quais os componentes eletrônicos da organização deverão contribuir para a estratégia organizacional. Já para Porter (1996), “estratégia é a criação de uma posição única e valiosa, envolvendo um conjunto diferente de atividades”.

Já o **Ciclo de Vida da Informação** (CHAFFEY; WOOD, 2005) neste projeto, representado pela Figura 10, seguirá os conceitos de Davenport (1998) e McGee e Prusak (1994), Choo (2006), e Chaffey (2002), ao seguir as seguintes etapas: i). **Capturar**, quando os dados serão obtidos através de: a). sensor de barreira infravermelho, detectando a passagem humana pelo portal e atuando como contador; b) sensor detector de metais; para casos positivos, sendo então os dados enviados para persistência em banco de dados na nuvem. As informações serão enviadas em formato de pulsos elétricos, pelos sensores e atuadores que convergem para o microcontrolador, responsável pela captura e decodificação dos dados.

Figura 10 - Ciclo de Vida da Informação.



Fonte: O autor (2022), adaptado de Chaffey e Wood (2005).

As etapas ii). **Organizar** e iii). **Processar** são representadas pelos pulsos elétricos gerados pelos sensores sendo detectados e interpretados pelo microcontrolador para posterior conversão em formato binário. Uma vez decodificados, os dados poderão ser convertidos em outros formatos compatíveis, como o padrão ASCII, para posterior submissão dos dados ao meio permanente de armazenamento. Todo o algoritmo responsável pelos procedimentos destas etapas foi codificado utilizando a linguagem de programação C++, sendo o respectivo *sketch* gravado no próprio microcontrolador.

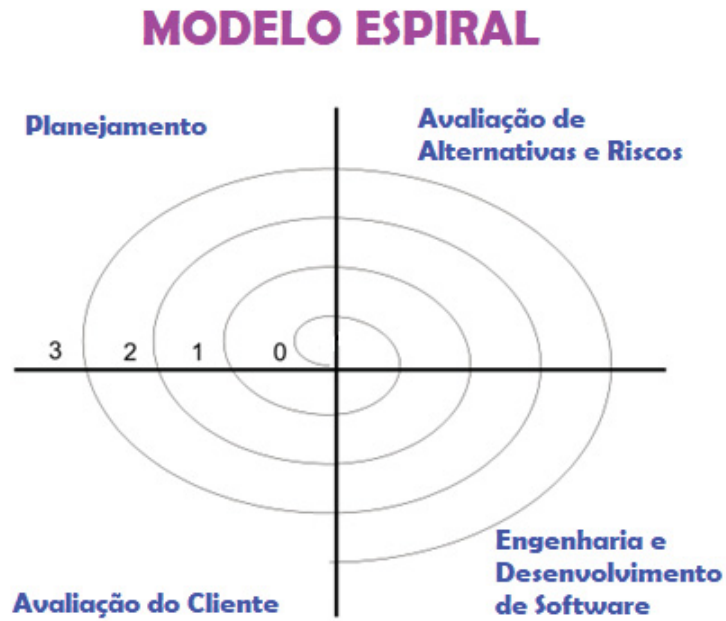
A etapa iv). **Manter** é representada pela submissão dos dados pela unidade de controle por rede sem fio (*WIFI*), sendo capturados por um servidor *web*, que será o responsável por persistir estas informações obtidas em um banco de dados *OpenSource MySQL*. As informações, por sua vez, serão armazenadas de forma organizada em tabelas, unindo em registros os dados obtidos dos sensores e atuadores utilizados, possibilitando que consultas e relatórios sejam gerados.

Já a etapa v). **Destruir**, será efetuada em conformidade com o período de validade dos dados, a ser definido pelo estabelecimento, conforme as diretrizes utilizadas, podendo ser realizada através do website do projeto ou do aplicativo criado.

2.6 CICLO DE DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO

Esta subseção tem por objetivo apresentar o Ciclo de Desenvolvimento Circular, adotado no desenvolvimento deste método e protótipo. Diferentemente do modelo de Análise Estruturada, este modelo prevê a passagem de forma elíptica e cíclica pelas etapas de Planejamento, Avaliação de Alternativas e Riscos, Engenharia e Desenvolvimento de Software e Avaliação do Cliente (*stakeholder*). A Figura 11 exemplifica de forma resumida a passagem cíclica por cada uma das etapas:

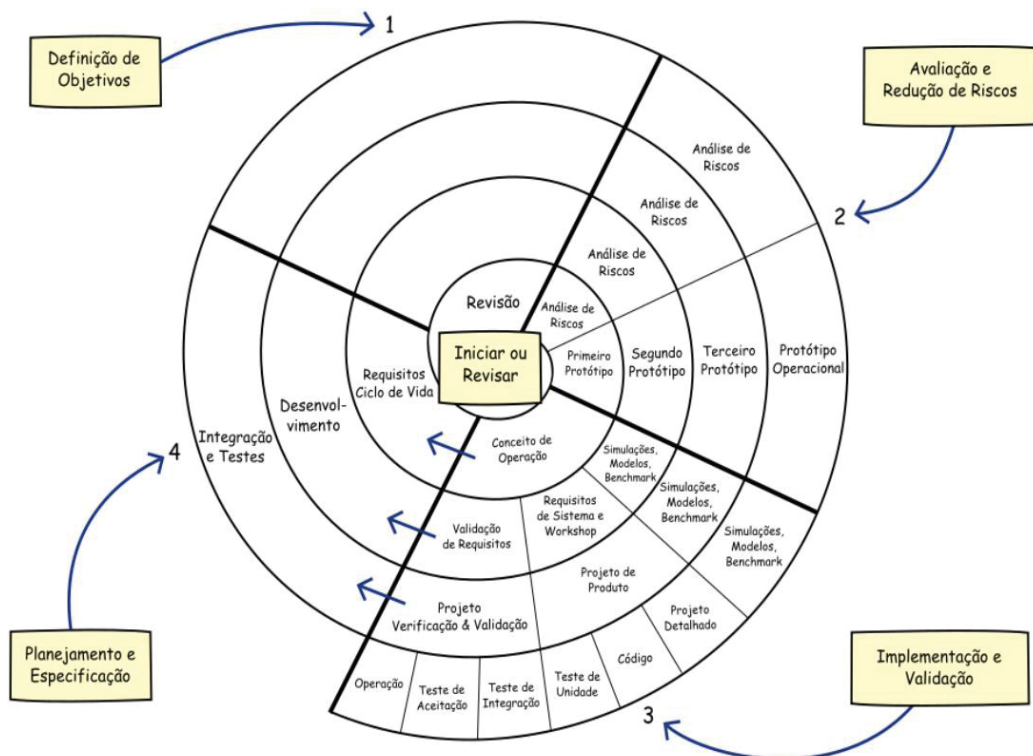
Figura 11 - Etapas do Modelo Espiral do Ciclo de Desenvolvimento de uma Aplicação.



Fonte: O autor (2022).

Já a Figura 12 apresenta um modelo equivalente, porém mais detalhado nos aspectos inerentes a cada etapa:

Figura 12 - Detalhamento do Modelo em Espiral.



Fonte: Pressman (2021).

As subseções seguintes descrevem etapas de desenvolvimento deste projeto, iniciando pelo ciclo de desenvolvimento do sistema embarcado, com o respectivo microcontrolador escolhido, seguindo para a camada de serviço, com as arquiteturas a serem utilizadas e a integração com a camada *view (UX)* para web/mobile.

2.6.1 Desenvolvimento de Embarcados

Com o surgimento da *IoT* e a disseminação de plataformas abertas como o *Arduino* (BANZI, SHILOH, 2022), também cresceu o interesse no aprendizado e utilização de circuito embarcados, estimulando fabricantes a desenvolver novos produtos para suprir a demanda deste novo e promissor mercado em expansão. Denardin e Barriuello (2019) definem os circuitos embarcados como sendo sistemas que controlam uma ou mais funções, com base em microprocessadores, mas possuindo objetivos e características diferentes dos computadores pessoais. Gama *et al.* (2021) descreve que estes dispositivos são utilizados em muitos circuitos eletrônicos existentes, como aeronaves (controle de voo, sistemas de controle inercial), veículos (freios *ABS*, controladores de tração e motor), eletrodomésticos (*smart tvs*, micro-ondas, máquinas de lavar), redes de computadores (*switches*, roteadores, *hubs*), videogames, equipamentos médicos, drives de armazenamento, centrais telefônicas, entre outros; o autor destaca ainda que muitas pessoas nem se dão conta disso.

O desenvolvimento de soluções para circuitos embarcados normalmente difere de uma programação para sistemas computacionais genéricos, uma vez que circuitos embarcados apresentam poder de processamento e armazenamento de memória consideravelmente inferiores aos disponíveis em um computador moderno. Diniz e Silva (2021) descrevem alguns aspectos inerentes aos circuitos embarcados que precisam ser levados em consideração no ato do desenvolvimento do código; o primeiro aspecto a ser considerado é a escolha de bibliotecas e componentes externos que otimizem a aplicação desenvolvida; aplicações de automação podem requerer certo grau de confiabilidade; microcontroladores podem dispor de pequenas fontes de energia e seu consumo precisa ser otimizado; capacidade de processamento e quantidade de memória disponível pequenos (DINIZ; SILVA, 2021).

Em muitos casos, um circuito embarcado é projetado para o funcionamento autônomo, desempenhando uma determinada tarefa sem a supervisão de um

humano, desconectado de uma rede de computadores, ou sem a possibilidade de atualização de *firmware*, o que pode demandar maior grau de confiabilidade e testes durante seu processo de desenvolvimento (DENARDIN; BARRIQUELLO, 2019).

2.6.1.1 Ambientes de Desenvolvimento para Sistemas Embarcados

Diferentes microcontroladores podem suportar diferentes linguagens de programação e cada uma dessas linguagens pode fazer uso de diferentes Ambientes de Desenvolvimento Integrado (do inglês *Integrated Development Environments (IDEs)*). Linguagens como *C*, *C++*, *Rust*, *Java*, *Python*, *Ada*, *Lua*, *B#* e *Verilog* são suportadas no desenvolvimento de aplicações embarcadas. Existem casos que tanto o hardware quanto o software são proprietários, a exemplo dos Programadores Lógicos Controláveis (PLCs). Porém, no caso de embarcados de *hardware* livre, como é o caso do *Arduino*, uma alternativa é a *Arduino IDE*, que é desenvolvida e suportada pela própria *Arduino*. Além de ser compatível com toda a gama de placas da própria marca, também oferece suporte a outros projetos, inclusive os da linha *ESP* e *NodeMCU*. A *Arduino IDE* dispõem de editor de código, compilador, monitor serial, ajuda, tutoriais, entre outros recursos, que a tornam uma *IDE* amigável para o desenvolvimento de códigos usando a linguagem *C++* (ARDUINO, 2021). Patel e Devaki (2019) mencionam outras *IDEs* para desenvolvimento em sistemas embarcados, como *Eclipse*, *Visual Studio Code* e *ZeroBrane Studio*, que possibilitam, entre outras, a programação na linguagem *Lua*. A linguagem *Lua* é otimizada para microcontroladores e circuitos embarcados, demandando baixo recurso de *hardware*, podendo representar uma alternativa interessante neste tipo de aplicação (PATEL; DEVAKI, 2019).

Criada com foco no desenvolvimento de soluções para *IoT*, como uma linguagem de programação específica para dispositivos embarcados, a *Node-RED* constitui outra opção na programação de microcontroladores (NODE-RED, 2021). Assim como o padrão utilizado no *App Inventor* da MIT, o *Node-RED* faz uso de blocos gráficos, também conhecidos como nós, que possuem funções pré-estabelecidas e que podem ser empilhadas de forma a construir uma sequência lógica de ação para o projeto embarcado. O uso de programação gráfica através de blocos, ou nós, possibilita a abstração de complexidades relacionadas a sintaxes específicas de uma determinada linguagem de programação, permitindo uma maior agilidade no

desenvolvimento de uma aplicação simples (NODE-RED, 2021). Contudo, para o desenvolvimento de aplicações com maior grau de complexidade, o uso de linguagens textuais permite maior capacidade de desenvolvimento.

Quando um dos principais objetivos de um projeto embarcado é a criação de um produto em um curto intervalo de tempo, que possua interação com um dispositivo móvel baseado no sistema operacional Android, o *MIT App Inventor* pode representar uma alternativa. Embora não tenha o foco na programação direta de microcontroladores, trata-se de uma plataforma *online* de desenvolvimento de aplicativos *Android*, que possui vários recursos de programação encapsulados no formato de componentes gráficos através de blocos, do tipo “arraste-e-solte”, permitindo o desenvolvimento de aplicativos *Android* que podem interagir com sistemas embarcados de uma forma mais simples que projetos escritos através de outra linguagem de programação tradicional não gráfica (MIT APP INVENTOR, 2021).

2.6.2 Desenvolvimento Backend

Em um contexto de aplicações *web*, o princípio *cliente-server* ou cliente-servidor é um dos padrões. Neste padrão, ocorre a centralização de serviços e dados no lado servidor, ficando o servidor responsável por ofertar serviços através de um par composto por um endereço do tipo *Internet Protocol (IP)* em conjunto a uma porta, de modo que um mesmo servidor pode oferecer variados serviços. De acordo com Bertolini (2019), a camada servidora ou camada de serviços, também chamada de *backend*, é o local onde as regras do negócio de um determinado programa, em conjunto com a conexão ao banco de dados, segurança e criptografia ficam armazenadas.

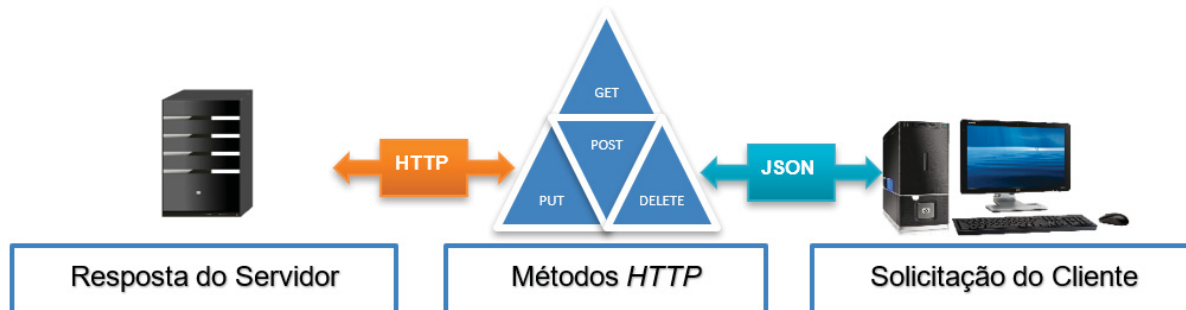
Diniz, Silva (2021) destacam que a implementação de serviços em uma aplicação *web* ocorre normalmente em uma de duas principais formas, sendo a primeira o padrão *REpresentational State Transfer (REST)*, seguido pelo padrão *Simple Object Access Protocol (SOAP)*. Segundo o autor, no padrão *REST* está contida uma coleção de restrições arquiteturais e princípios utilizados em aplicações para dispositivos móveis e *web*. Já no padrão *SOAP*, o pacote de dados é enviado através de um arquivo no formato *XML*, contendo a mensagem desejada.

No padrão *REST* ocorre a divisão em responsabilidades, separando a *interface* do armazenamento de dados, o que possibilita que tanto o servidor quanto

o cliente sejam desenvolvidos separadamente. Na arquitetura *REST*, o princípio *client-server* é adotado, no qual as solicitações enviadas pelo cliente são processadas e respondidas pelo servidor. Segundo Raemy (2020) o *REST* é desenvolvido em camadas e níveis de hierarquia, possibilitando maior interoperabilidade e simplicidade entre diferentes tipos de sistema. As comunicações entre servidor e cliente normalmente ocorrem de forma bilateral, porém no *REST* é possível tratar cada transação de forma independente.

Diniz e Silva (2021) apresentam o princípio de funcionamento do padrão *REST* da seguinte forma: i) através de uma resposta *HTTP* ao *browser*, o servidor responde ao interpretar requisições, caso ocorra o sucesso no processamento, a resposta é feita através do protocolo *HTTP*, senão é enviada uma mensagem de erro ao *browser* solicitante; ii) o processo descrito no item i ocorre repetidamente enquanto a conexão estiver aberta; iii) novas requisições serão enviadas ao servidor a cada formulário submetido ou a cada nova *URL* aberta. A Figura 13 apresenta o padrão *REST* no processo interativo entre cliente e servidor.

Figura 13 - Estrutura da Arquitetura REST.



Fonte: O autor (2022), adaptado de Raemy (2020).

Para Raemy (2020) um dos principais fatores do reconhecimento dado aos serviços do padrão *REST* para *web* é a simplicidade, principalmente por fazer uso de padrões como *HTTP*, *URI*, *XML* e outros estabelecidos pela *IETF* e *W3C*. No *REST* não ocorre nenhum empacotamento extra fora o próprio protocolo *HTTP*, pois ocorre o uso direto do *HTTP* como camada de aplicação. Já Modugu e Farhat (2020) destacam que os serviços no padrão *REST* têm como fator determinante a disponibilidade dos recursos e não solicitações de serviços efetuados. Portanto o objetivo das requisições é manipular as representações de recursos, realizando as operações de *Create*, *Read*, *Update* e *Delete* (*CRUD*).

Raemy (2020) complementa dizendo que o padrão *REST* é flexível, pois os *webservices* poderão ser desenvolvidos através de variadas linguagens de programação disponíveis, sem a obrigatoriedade de um determinado padrão, possibilitando sua utilização em projetos existentes ou novos sem maiores transtornos. Destaca ainda que o uso de formatos leves na transmissão de mensagens por parte do *REST*, como o *JSON* (MODUGU; FARHAT, 2020), possibilita que projetos com grande volume de dados e acessos simultâneos ocorra sem maiores dificuldades, oferecendo escalabilidade para grandes projetos. Como os dados em *REST* trafegam em ambos os sentidos e têm como base de comunicação o protocolo *HTTP*, torna-se relevante descrever os seus principais métodos, conforme apresenta a Tabela 5:

Tabela 5 - Principais Métodos HTTP em Ordem Alfabética e seus Objetivos.

<i>CONNECT</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelece um túnel para o servidor identificado pelo recurso de destino.
<i>DELETE</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Remove um recurso específico.
<i>GET</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Solicita a representação de um recurso específico. Requisições utilizando o método <i>GET</i> devem retornar apenas dados.
<i>HEAD</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Solicita uma resposta de forma idêntica ao método <i>GET</i>, porém sem conter o corpo da resposta.
<i>OPTIONS</i>	<ul style="list-style-type: none"> • É usado para descrever as opções de comunicação com o recurso de destino.
<i>PATCH</i>	<ul style="list-style-type: none"> • É utilizado para aplicar modificações parciais em um recurso.
<i>POST</i>	<ul style="list-style-type: none"> • É utilizado para submeter uma entidade a um recurso específico, frequentemente causando uma mudança no estado do recurso no servidor.
<i>PUT</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Substitui todas as atuais representações do recurso de destino pela carga de dados da requisição.
<i>TRACE</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Executa um teste de chamada <i>loop-back</i> junto com o caminho para o recurso de destino.

Fonte: o autor (2021), adaptado de Modugu e Farhat (2020).

Em uma comunicação cliente/servidor, normalmente o processo tem início através de uma solicitação efetuada pelo cliente ao servidor, estabelecendo então uma conexão entre ambos. A solicitação normalmente ocorre através do envio de textos de pequeno tamanho e o mesmo ocorre na resposta do servidor, porém o corpo

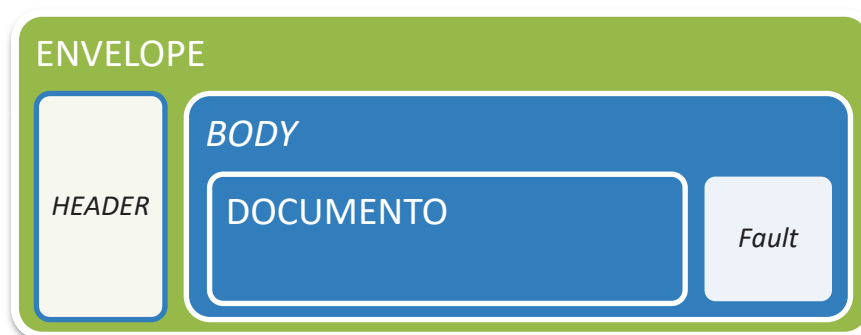
das mensagens pode conter arquivos de mídia com tamanhos maiores. Raemy (2020) descreve que os métodos descritos na Tabela 5 são os responsáveis pelo transporte de dados através da *web*. Já as mensagens submetidas através dos métodos HTTP possuem duas partes, um cabeçalho e um corpo. O cabeçalho ou *header*, possui informações para a conexão com o destinatário, já o corpo ou *body*, possui a mensagem propriamente dita. Porém, para que ocorra de fato a comunicação entre cliente e servidor, é necessário que os padrões estabelecidos para o uso do protocolo *HTTP* pelos navegadores atuais sejam respeitados, caso contrário não haverá o estabelecimento da conexão e o envio dos dados.

O protocolo *WebSockets* é outra opção para uso em arquiteturas do tipo *REST*, sendo uma alternativa interessante quando há a necessidade da comunicação em dois sentidos sobre um único soquete *TCP* (WANG; SALIM; MOSKOVITS, 2013). O princípio de funcionamento do *WebSockets* consiste em iniciar uma conexão envolvendo o servidor e o cliente através de um único *socket TCP* e, uma vez que a conexão seja estabelecida, ocorre a remoção e substituição do cabeçalho *HTTP* pelo cabeçalho do *WebSockets*, que possibilita uma conexão do tipo *full duplex* (bidirecional) sem a necessidade de ser iniciado um novo *socket TCP*. Este processo possibilita o estabelecimento de uma conexão dedicada e persistente, que otimiza o fluxo de dados pela rede e possibilita que o servidor também possa enviar mensagens ao cliente sem a necessidade de envio de uma requisição a este (MIU ET AL., 2020). Corroborando com a descrição apresentada, Wang, Salim e Moskovits (2013) afirmam que para o estabelecimento de uma conexão do tipo *WebSockets*, faz-se necessário que primeiramente ocorra o entrelaçamento entre cliente e servidor através do protocolo *HTTP*, para que então ocorra a migração para o protocolo *WebSockets*. Este processo é chamado de aperto de mãos ou *hand shake*.

A segunda possibilidade de desenvolvimento *backend* apresentada é o uso do padrão *SOAP*. Neste padrão, o tráfego de informações ocorre através do padrão *XML* entre o solicitante ou *Requester* e o provedor ou *Provider* através do protocolo *HTTP*. Os pacotes de dados enviados no padrão *SOAP* possuem basicamente três elementos, um Envelope, um cabeçalho e um corpo. O envelope é o elemento mais externo a ser exibido no topo do arquivo *XML*, sendo obrigatório no padrão *SOAP*. O *Header*, ou cabeçalho, é um elemento opcional, mas quando presente, deve ser o primeiro item abaixo do envelope. Por fim o *Body*, ou corpo, deve conter a informação a ser enviada ou destinatário. Opcionalmente, dentro de *Body*, pode ser utilizado o

item “*fault*”, que permite o carregamento de mensagens de erro ou status, caso algo inesperado ocorra. A Figura 14 - Estrutura Básica de uma Arquitetura SOAP, apresenta o padrão de uma mensagem do tipo SOAP.

Figura 14 - Estrutura Básica de uma Arquitetura SOAP.



Fonte: o autor (2022), adaptado de Soni e Ranga (2019).

Na próxima subseção será apresentado o *JSON*, um formato de dados que possui aplicação na comunicação entre os servidores e clientes *web*, dispositivos móveis e circuitos embarcados.

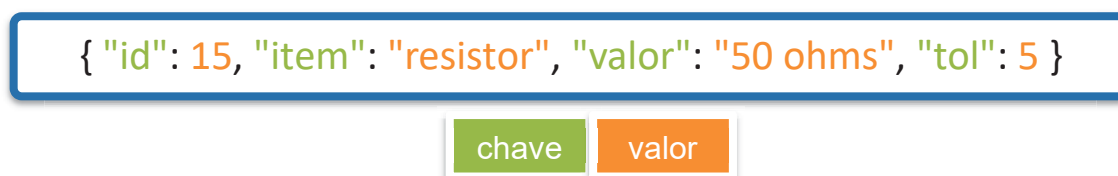
2.6.3 JavaScript Object Notation (JSON)

Segundo Breje *et al.* (2018) o *JavaScript Object Notation (JSON)* é um formato padrão, amplamente utilizado para a representação de dados semiestruturados, independente de uma linguagem de programação. O *JSON* é considerado um formato para intercâmbio de dados simples e leve, que faz uso de uma sintaxe semelhante à uma linguagem natural. Na notação utilizada pelo *JSON* não ocorre a repetição de *tags*, muito frequente no padrão *XML*, na composição de artefatos. Isso possibilita um menor volume de dados trafegando pela rede, assim como menor quantidade de memória requerida para o seu armazenamento.

Smith (2020) relata que por ser possível instanciar documentos menores, de fácil leitura e com estruturas simplificadas, o *JSON* é um dos padrões mais utilizados no fluxo de dados entre aplicações que são executadas na Internet. A sintaxe utilizada no *JSON* é composta por uma estrutura hierarquizada, baseada nos princípios utilizados na representação de objetos, vetores e matrizes, contendo elementos do tipo chave-valor; estes baseados nos elementos primários de cadeias de caracteres, números booleanos e valores nulos.

A proposta utilizada no *JSON*, de modo semelhante ao utilizado na linguagem *JavaScript*, é a de adotar uma representação simplificada de um determinado valor e seu identificador, porém, apesar das semelhanças, o *JSON* não apresenta nenhum tipo de vínculo exclusivo a uma determinada linguagem de programação, sendo sua estruturação formada hierarquicamente por uma sequência similar à representação de matrizes, vetores e objetos (TIWARY; STROULIA; SRIVASTAVA, 2021). Assim como no *XML*, ocorre a representação de um dado através do par chave e valor, porém utilizando uma sintaxe diferenciada, na qual o nome da chave é colocado entre aspas duplas (“) à esquerda dos dois pontos (:), e o valor à direita, utilizando ou não aspas a depender do tipo representado. A Figura 15 apresenta um exemplo de representação de dados em *JSON*:

Figura 15 - Representação de Dados no *JSON*.



Fonte: O autor (2022).

O *JSON* possibilita a representação dos principais tipos de dados utilizados em linguagens de programação, como *string*, *object*, *number*, *null*, *integer*, *boolean*, *array*, etc., sendo utilizados também em bancos não-relacionais. Smith (2020) relata que diferentemente do rigor estrutural exigido por um dado do tipo “.sql”, o *JSON* pode ser considerado mais flexível.

2.6.4 Desenvolvimento de Interfaces Gráficas Mobile e Web

Os dispositivos móveis, dos quais fazem parte os *smartphones*, *tablets*, *smartwatches* e outros, são objetos cada vez mais presentes no contexto diário das pessoas. Sua aplicação transcende a simples comunicação: tornaram-se quase minicomputadores portáteis para uso pessoal e profissional. O grande crescimento na procura deste tipo de dispositivo criou um cenário muito propício para o desenvolvimento de aplicações para este segmento. Segundo Paul e Nalwaya (2019) e Barua, Doshi e Hiran (2020), os dispositivos móveis passaram a ser popularizados

a partir de 2008, quando os primeiros *smartphones* surgiram no mercado, auxiliando no desenvolvimento de tarefas do dia a dia e oferecendo recursos para o aumento da produtividade.

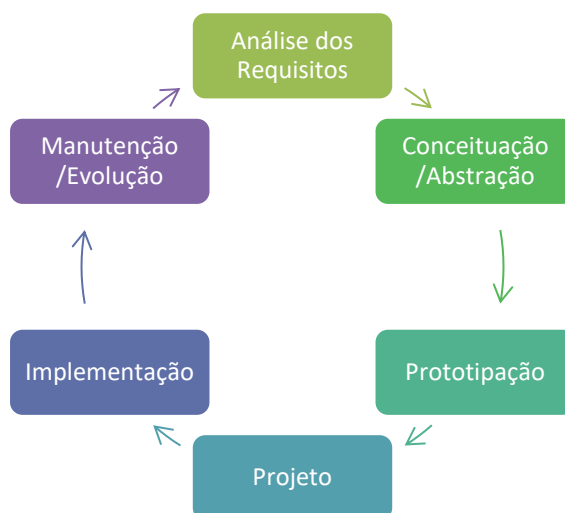
Após um período inicial em que surgiram vários sistemas operacionais destinados ao uso em dispositivos móveis, apenas dois consolidaram-se como sendo os maiores e mais utilizados globalmente, *iOS* e *Android* (LUCKENBAUGH, 2020). Mas, para ambas as plataformas, existe a necessidade de que aplicativos com finalidades específicas sejam desenvolvidos e dificilmente seria possível que todos os aplicativos necessários fossem criados e geridos pelo próprio desenvolvedor do sistema operacional em questão. Deste modo, surgiu um grande mercado para desenvolvedores externos de aplicativos em ambas as plataformas.

Paul e Nalwaya (2019) destacam que para o desenvolvimento de aplicativos para dispositivos móveis é necessária a utilização da linguagem de programação nativa do sistema operacional utilizado, porém, mais recentemente, surgiram plataformas e frameworks que possibilitam o desenvolvimento de um código único que pode ser compilado para diferentes sistemas operacionais de dispositivos móveis, facilitando o trabalho de desenvolvedores e empresas de *software*. De uma forma simplista, aplicativos para dispositivos móveis são programas compatíveis com o sistema operacional alvo. Uma vez que um sistema (*app*) esteja instalado no dispositivo, este poderá ser executado sem necessariamente requerer uma conexão à internet, a depender de sua finalidade.

Biørn-Hansen *et al.* (2020) afirmam que independentemente se um programa está sendo desenvolvido para um dispositivo móvel ou uma aplicação *web*, faz-se necessário estabelecer um processo bem definido, de modo a existir a integração entre as camadas: *backend*, passando pela *API* e chegando à camada de apresentação, ou interface visual com o usuário (*front-end*). Já Pinheiro *et al.* (2020) ressalta que existem dois atributos de grande relevância na criação de um *front-end*: a revisão contínua da informação e seu conteúdo a ser disponibilizado e o respeito aos requisitos definidos. Porém, nem sempre é possível ter uma visão macro de todos os aspectos relevantes a um aplicativo no início do seu desenvolvimento e, mesmo que exista esta compreensão inicial ampla, mudanças poderão ocorrer com o passar do tempo. Tanto no caso de aplicações para dispositivos móveis quanto *web*, ainda pode existir a correlação entre as camadas desenvolvidas e a camada servidora (BIØRN-HANSEN ET AL., 2020).

Deste modo, o desenvolvimento completo de uma aplicação (*full stack*) vai demandar conhecimento multidisciplinar do desenvolvedor e o desenvolvimento de uma interface gráfica para a aplicação requer equilíbrio entre desempenho, praticidade, funcionalidade e estética. Permeando estas características mencionadas está a gestão do ciclo de vida da aplicação, seja ela *mobile* ou *web*. Em linhas gerais, o ciclo de vida de uma aplicação deve ser incremental e evolutivo. Pinheiro *et al.* (2020) sugere algumas etapas genéricas ao desenvolvimento de uma aplicação, sendo: i) análise dos requisitos, ii) conceituação e/ou abstração, iii) prototipação, iv) projeto, v) implementação e, vi) manutenção ou evolução. A Figura 16 apresenta as etapas sugeridas ao ciclo de vida de uma aplicação:

Figura 16 - Ciclo de Vida de uma Aplicação.



Fonte: O autor (2022), adaptado de Pinheiro *et al.*, 2020.

Na etapa de Análise dos Requisitos ocorre o levantamento das necessidades relativas a acesso, estruturação, estética e conteúdo. Os Requisitos de Acesso estão relacionados à forma como a informação será obtida, quais dados serão exibidos, quais conteúdos deverão ser indexados, quais pesquisas e consultas serão necessárias e como deverá ocorrer o suporte. Já os Requisitos de Estruturação abordam a forma como ocorrerá a organização do conteúdo. Os Requisitos de Estética estabelecem como será a aparência da aplicação. Os Requisitos de Conteúdo elencam as informações de um domínio específico que necessitam estar disponíveis na aplicação (PINHEIRO ET AL., 2020).

Na etapa de Conceituação/Abstração, ocorre a representação do programa como uma coleção de modelos abstratos, direcionados aos elementos principais da

aplicação. O princípio de abstração na programação está relacionado ao foco em detalhes relevantes, deixando outros aspectos de lado. No desenvolvimento para aplicativos móveis, o foco está na interação do usuário com a tela de tamanho reduzido e o autoajuste para diferentes dispositivos. Já em uma aplicação web o principal aspecto é a detecção de objetos e seus relacionamentos relevantes, que serão apresentados ao utilizador do programa (PINHEIRO *ET AL.*, 2020).

Na etapa de Prototipação, ocorre o desenvolvimento e validação de um modelo inicial, ainda não funcional com o usuário. Nesta etapa a tela prototipada do aplicativo será apresentada ao usuário, para que este verifique se suas expectativas quanto a campos necessários, funcionalidades propostas e *layout* serão atendidas. Neste protótipo, dados estáticos poderão ser exibidos nos campos, para dar ao usuário uma sensação mais real sobre como o projeto final ficará. O protótipo também servirá para o desenvolvedor ter uma noção geral sobre a distribuição dos campos na tela e sua praticidade (PINHEIRO *ET AL.*, 2020).

A etapa de Projeto tem como objetivo elencar os aspectos mais relevantes de um *app* ou website, sem a preocupação com a codificação de nível mais baixo e funcionalidades que serão implementadas somente no futuro, possibilitando a identificação de estruturas repetidas e formas de acesso e navegação que estejam fora dos padrões recomendados (PINHEIRO *ET AL.*, 2020).

Na etapa de implementação, o aplicativo ou *website* será construído e validado com base em suas etapas anteriores. Nesta etapa ocorre a preocupação com detalhes mais superficiais relacionados ao hardware a ser utilizado, instalação e configuração do banco de dados, bibliotecas, e outros recursos adicionais necessários ao funcionamento do programa. Componentes conceituais agora encontrarão equivalência no software ou plataforma de desenvolvimento escolhidos (PINHEIRO *ET AL.*, 2020).

Em sua última etapa, ou seja, Manutenção e Evolução, a aplicação já foi desenvolvida e instalada e é possível que ocorra a necessidade de correções e até mesmo a detecção de requisitos não observados inicialmente. Caso seja necessário, etapas anteriores devem ser readequadas ao novo contexto, de modo a representar a realidade do produto entregue (PINHEIRO *ET AL.*, 2020).

Segundo Aquino e Gandee (2016), as aplicações online para dispositivos móveis e *web* tem por foco fornecer acesso simplificado e compartilhamento de informações, nos mais variados segmentos, como aplicações comerciais,

governamentais, científicas, etc. Existe uma variada gama de tipos de aplicações *web*, indo desde imensos portais eletrônicos até simples aplicações estáticas utilizando *hiperlinks*.

Objetivando categorizar os *websites*, Queirós e Portela (2020) selecionaram algumas características que permitem classificá-los em: i) Aplicação Web, ii) Sites com acesso a dados dinâmicos, iii) Sites estáticos com formulários de entrada e iv) Sites estáticos. Descrevendo em ordem decrescente, o primeiro grupo são os sites estáticos, que são páginas *web* simples, cuja navegação ocorre através do uso de *hiperlinks*. Neste tipo de página, são utilizados basicamente códigos *HTML* ou *HTML* e *CSS*.

O segundo grupo de páginas, segundo Queirós e Portela (2020) é o grupo de Sites estáticos com formulários de entrada. Este tipo de página possui as características descritas do primeiro grupo acima, com o acréscimo de um nível de interação mais básico pela adição de um formulário de entrada, possibilitando uma pequena interação com o usuário. Sites com formulários de cadastro, livros de visita, questionários, sugestões e comentários, são exemplos de páginas *web* enquadradas neste grupo.

Já o terceiro grupo é chamado de sites com acesso a dados dinâmicos. Sites deste grupo já oferecem acesso a operações utilizando bancos de dados para cadastro, busca, gravação, alteração e possivelmente exclusão de dados. Oferecendo respostas dinâmicas às consultas efetuadas, as respostas são apresentadas normalmente em formatos *XML*, *JSON*, *HTML* e outros. São exemplos deste grupo de páginas *web* os sites de cadastro em bancos de dados, sites de notícias ou os que possuem *feeds* de notícia (QUEIRÓS; PORTELA, 2020).

O último grupo descrito pelos autores é o grupo chamado Aplicação *Web*. Este grupo possui todas as características apresentadas pelos grupos anteriores, com a adição da lógica ou regra de negócios e operações, quando usuários interagem com as informações armazenadas no banco de dados. Como exemplo deste grupo estão portais de comércio eletrônico, redes internas (ou *intranets*) corporativas, sistemas de bancos financeiros, etc. (QUEIRÓS; PORTELA, 2020). A Figura 17 apresenta a classificação de *websites* segundo Queirós e Portela (2020):

Figura 17 - Classificação de *Websites*.

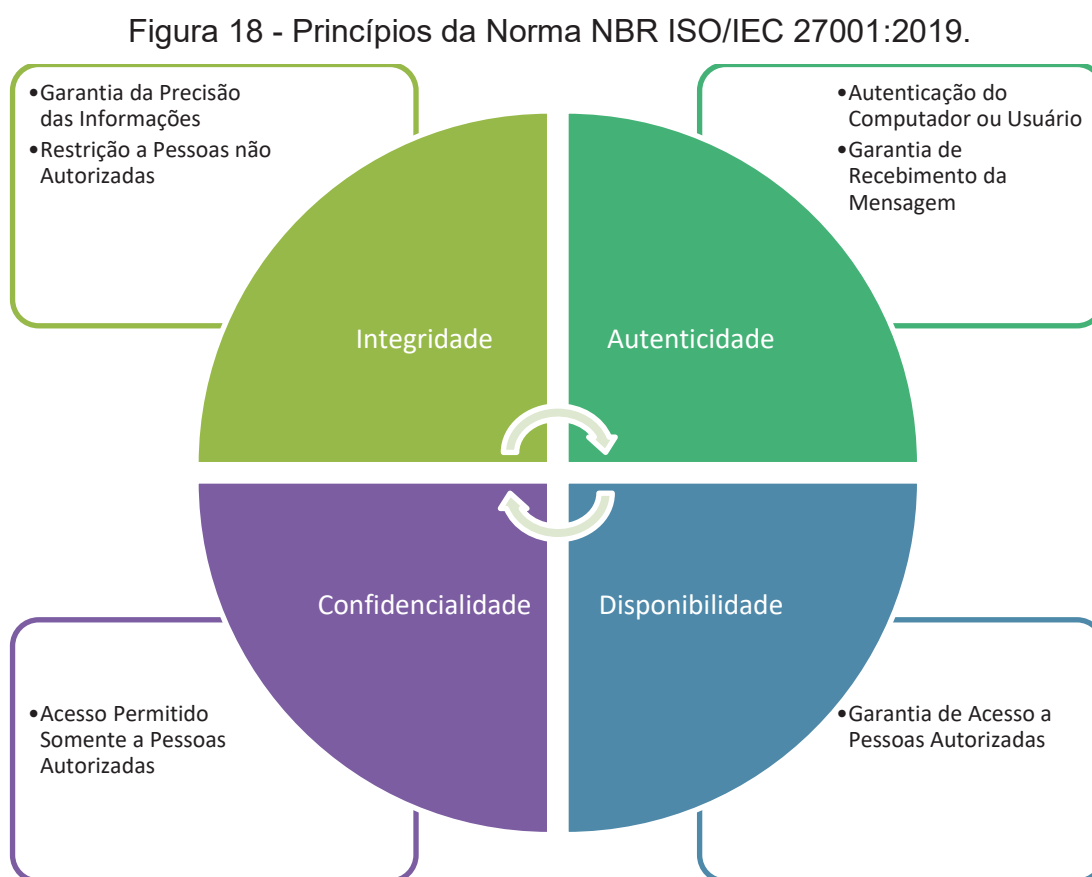
Fonte: O autor (2022), adaptado de Queirós e Portela (2020).

Uma aplicação *web* é constituída normalmente por um servidor, responsável pela disponibilização dos serviços, um cliente, interessado na utilização dos serviços propostos e uma rede de conexão, que permita o fluxo de informações entre cliente e servidor. Uma vez que o cliente esteja conectado ao servidor, será possível fazer uso dos serviços disponibilizados por este. De modo a melhorar a organização do código, aplicações *web* podem fazer uso de padrões de projeto como o *Model, View, Controller (MVC)*, que têm por objetivo separar os papéis de cada camada, permitindo a modularidade.

2.6.5 Segurança de Dados em Aplicações *Mobile*, Embarcados e *Web*

Com a expansão da Internet e a tecnologia de redes, cresce a necessidade da busca por mecanismos de proteção contra acessos indevidos. Ferreira (2021) apresenta que a segurança de dados tem por objetivo proteção contra acessos indesejados, ataques *online* e outras ameaças que buscam o furto ou alteração de informação. A NBR ISO/IEC 27001:2019, apresenta quatro fundamentos que estão diretamente relacionados com a segurança dos dados: i) Integridade é a garantia da precisão das informações e tem por objetivo garantir que pessoas não autorizadas acessem, modifiquem, adicionem ou destruam as informações (NBR ISO/IEC 27001:2019, 2019); ii) Autenticidade encontra-se relacionada à identificação de um computador ou usuário. Através da autenticação de um sistema, deve ser garantido a

quem recebe uma mensagem que esta é oriunda do emissor descrito em seu conteúdo (NBR ISO/IEC 27001:2019, 2019); iii) Disponibilidade é o princípio que garante que pessoas autorizadas tenham acesso a uma informação, sempre que solicitado (NBR ISO/IEC 27001:2019, 2019); por fim a iv) Confidencialidade é o princípio que assegura que somente pessoas autorizadas possam acessar determinada informação (NBR ISO/IEC 27001:2019, 2019). A Figura 18 apresenta os quatro princípios estabelecidos pela norma NBR ISO/IEC 27001:2019:

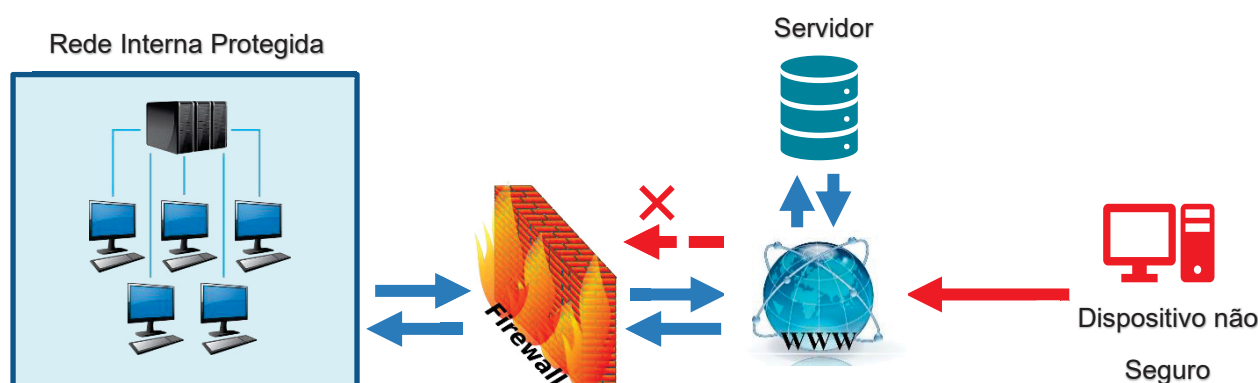


Fonte: O autor (2022), adaptado de NBR ISO/IEC 27001:2019 (2019).

Os *firewalls* são recursos diretamente relacionados à segurança de dados na web. Segundo Pauferro, Paiva e Lessa (2020) os *firewalls* são sistemas configuráveis que atuam como sistemas de controle de acessos em rede local e são utilizados em larga escala como recursos de segurança. Uma técnica mais básica, também relacionada à segurança é a utilização de senhas em conexões de acesso. Sistemas bem projetados possibilitam a utilização de senhas criptografadas com chaves de criptografia de 128 bits ou superiores, que possibilitam um nível de segurança. Para

Ferreira (2021), o princípio da criptografia reside na transformação controlada de uma informação em uma forma aparentemente incompreensível, de modo a ocultá-la de pessoas sem permissão de acesso. Tanto o princípio de criptografia quanto o processo de decifração dependem de um algoritmo computacional e o estabelecimento de uma chave criptográfica (FERREIRA, 2021). Outro recurso para garantir a identidade de um indivíduo na internet é a assinatura digital. Através dela é possível assegurar que uma determinada transação, ação ou ocorrência, foi feita de forma inequívoca pelo portador desta identidade, o que possibilita a confirmação e o reconhecimento como uma ação válida, pois conforme estabelece Pauffero, Paiva e Lessa (2020), a legitimidade dos documentos está intimamente ligada à sua originalidade e à garantia de que este não foi alterado ao chegar ao seu destinatário. A Figura 19 apresenta o mecanismo de funcionamento de um firewall:

Figura 19 - Segurança na Rede por Firewall.



Fonte: O autor (2022).

2.7 EXPERIÊNCIA DO USUÁRIO (UX)

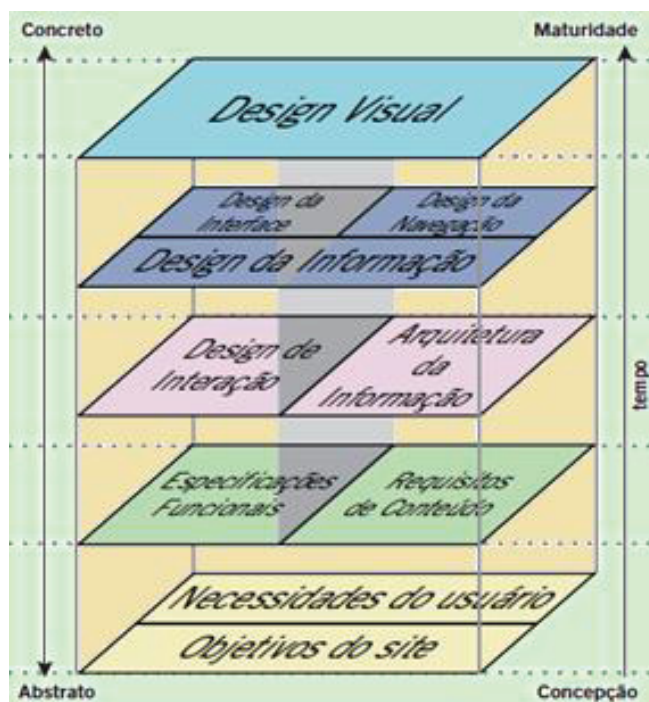
Este tópico aborda os fundamentos da Experiência do Usuário (UX - do acrônimo em inglês *User eXperience*), avaliando os principais aspectos relativos a este conceito, que está diretamente relacionado à interação com o usuário. Segundo Norman e Nielsen (2010) e Mendoza *et al.* (2020) este conceito, que tem origem nos estudos da Interação Humano Computador (IHC), é normalmente dependente do contexto em que está inserido, sendo, portanto, subjetivo. Já Marques *et al.* (2019) afirma que com a evolução tecnológica, os usuários passaram a buscar não apenas a realização de uma atividade, mas também uma forma de entretenimento. Em linhas

gerais, a *UX* é a experiência e respostas resultantes da utilização de um serviço, sistema ou produto (ISO 9241-210:2019, p.2, 2019).

Segundo Inal *et al.* (2020), um aplicativo pode ser tecnicamente funcional, porém inaceitável ou não agradável para boa parte dos utilizadores; neste contexto, Mendoza *et al.* (2020) complementa dizendo que a usabilidade sob a ótica do *design* da *interface* não é suficiente para caracterizar a qualidade apresentada por um aplicativo e nem conseguir que os usuários o aceitem. Já Bañuelos *et al.* (2021) descreve que o conceito de Experiência do Usuário tem foco neste contexto apresentado, observando aspectos relacionados à experiência que o usuário tem ao utilizar um aplicativo, identificando não apenas o cumprimento do objetivo proposto, mas suas expectativas e percepções em todas as etapas de uso. Mendoza *et al.* (2020) afirma que um dos principais objetivos da *UX* é enriquecer a qualidade do produto e criar uma interação holística.

No que tange a *UX*, Jesse James Garret é um dos autores citados através de seu livro *The Elements of User Experience* (GARRETT, 2011). Ferrari e Gonçalves (2017) afirmam que a metodologia proposta por Garret para o desenvolvimento de soluções tecnológicas é válida e útil, sendo uma importante referência ao desenvolvimento de novos produtos. A Figura 20 apresenta a proposta de Garret e suas etapas:

Figura 20 - Elementos de UX.



Fonte: O autor, adaptado de GARRETT (2011, p.161).

Na primeira camada proposta por Garret encontram-se os i) Objetivos do Produto e as Necessidades do Usuário, contendo objetivos de origem interna do produto, objetivos criativos e de negócio, em uma camada de estratégia, como um produto ainda abstrato. Na segunda camada, que é a camada de escopo, ainda com um produto abstrato, estão as ii) Especificações Funcionais e os Conteúdos Requeridos, que aborda quais elementos serão necessários para atender as demandas solicitadas para a aplicação. Na terceira camada está representada a iii) Estrutura, representada pela conjunção entre a adição de características do Design de Interação e a Arquitetura de Informação, no centro entre uma percepção abstrata e concreta do produto como informação. Na quarta camada está o design de informação, subdividido entre o iv) Design da Interface e o Design da Navegação, em uma aplicação mais próxima de um produto concreto. Na quinta e última camada está a chamada superfície, contendo um produto já funcional, apto ao v) Design Sensorial (GARRETT, 2011).

Conforme apresentado na ABNT (2018), nos casos em que um projeto com foco na interação com o ser humano é desenvolvido, recomenda-se uma avaliação com base em conceitos consolidados (ABNT NBR ISO 9241-171:2018, 2018). Rivero e Conte (2017) afirmam que testes de experiência do usuário devem ser realizados, com o objetivo de medir os processos de interação e as mensagens geradas pelos produtos aos usuários durante seu uso, utilizando métricas, dimensões e métodos específicos, objetivando avaliar e compreender melhor detalhes ocorridos durante o processo de interação.

Hinderks *et al.* (2020) introduz o método denominado *User Experience Questionnaire (UEQ)*, apresentando alguns termos qualitativos e seu oposto imediato, separados por uma graduação de sete pontos, que possibilitam ao usuário descrever qual a intensidade percebida de um determinado sentimento. Neste tipo de metodologia avaliativa são abordados adjetivos como novidade, estímulo, confiabilidade, eficiência e familiaridade.

Liao, *et al.* (2019) descreve um método chamado *SelfAssessment Manikin (SAM)*, que possibilita a avaliação das emoções relacionadas ao uso de uma determinada aplicação. São avaliados três grupos: domínio/controle, excitação e felicidade/tristeza. Através deste método será possível avaliar aspectos como emoções despertadas através do uso do sistema, graduação da aceitação do sistema avaliado e, valores atribuídos a itens como estímulo, identificação e beleza.

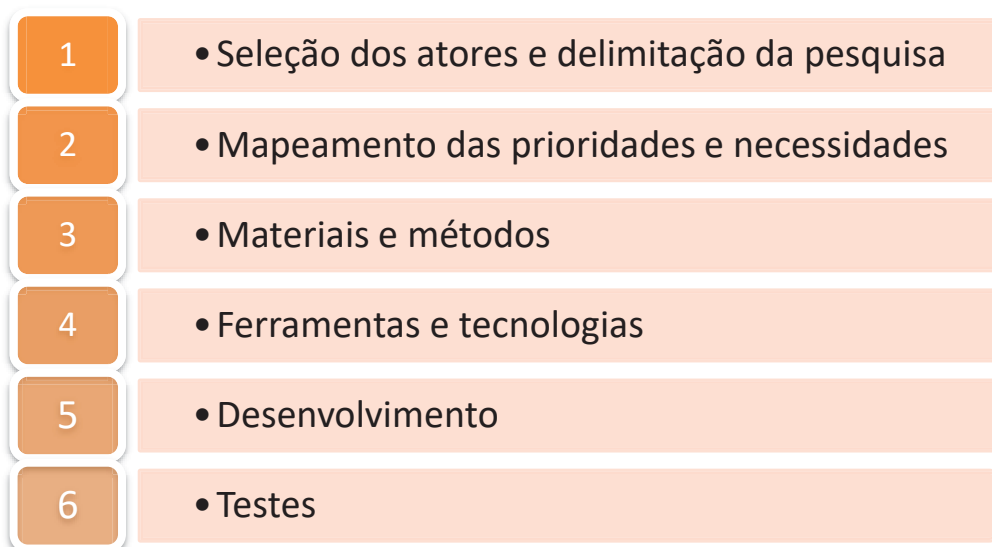
3 METODOLOGIA

Para que seja possível desenvolver uma plataforma que aplique recursos da *IoT* para auxílio na mitigação de ameaças na segurança do âmbito escolar, através do desenvolvimento de um portal detector de metais, serão seguidas as seguintes etapas:

1. Realizar pesquisas sobre as técnicas atuais disponíveis e utilizadas pela indústria, como ferramentas, métodos e estratégias aplicados no setor de segurança;
2. Identificar as fontes de dados e de informações dos processos de desenvolvimento, bem como identificar sensores e atuadores que possam ser utilizados;
3. Apresentar o mapeamento de possíveis falhas de segurança passíveis da aplicação da *IoT*, permitindo realizar a futura convergência digital dos dados;
4. Investigar os protocolos de comunicação de dados *IoT*, visando a segurança da coleta, transmissão e armazenamento de informações obtidas no processo;
5. Estudar e analisar métodos de integração de dados disponibilizados pelos sensores e posterior processamento analítico dos dados via computação em nuvem;
6. Desenvolver uma plataforma que permita a convergência dos resultados analisados (*Analytics*) para tomada de decisão em tempo real;
7. Desenvolver uma plataforma Android para visualização e manipulação de dados em tempo real;
8. Apresentar e discutir os impactos, pontos positivos e negativos em um capítulo específico de resultados e discussão.

Para o alcance dos objetivos propostos neste trabalho foram adotados os encaminhamentos metodológicos apresentados na Figura 21.

Figura 21 - Encaminhamentos Metodológicos Adotados.



Fonte: O autor (2022).

Etapa 1 - Compreende o recorte setorial, o universo pesquisado e também o local onde será implementada a arquitetura *IoT*.

Etapa 2 - Verifica as necessidades relacionadas à segurança no ambiente educacional, através da literatura.

Etapa 3 - Descreve os circuitos, componentes eletrônicos e demais materiais necessários para a montagem física do protótipo.

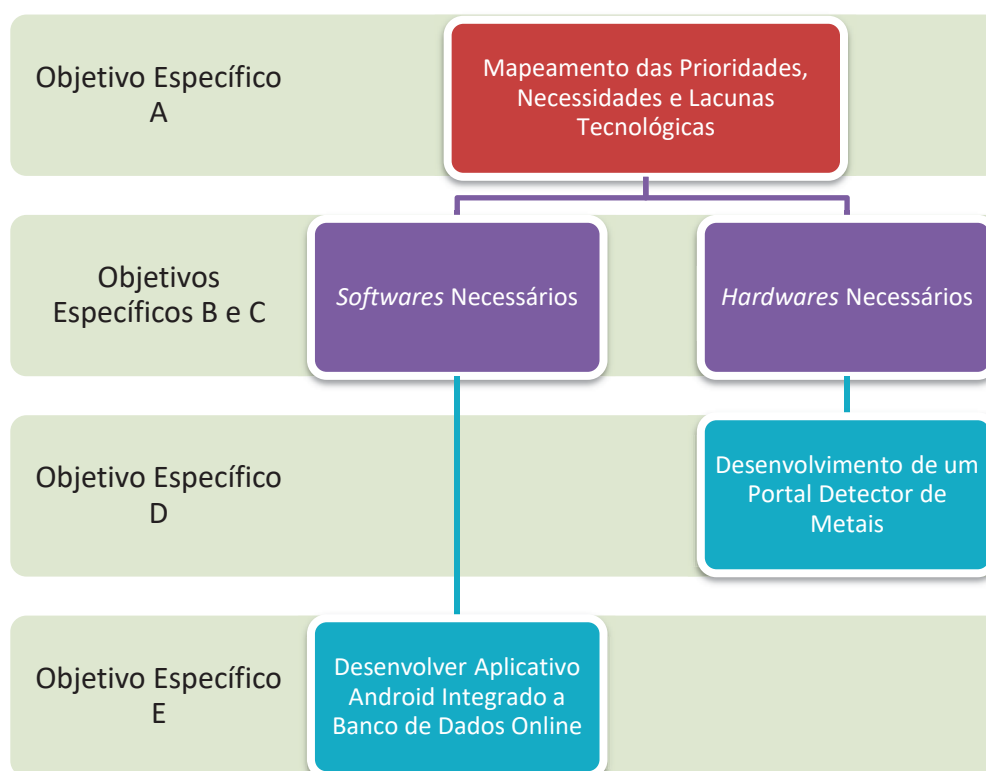
Etapa 4 - Lista as ferramentas, *softwares* e *frameworks* utilizados no desenvolvimento do projeto.

Etapa 5 - Detalha os procedimentos de obtenção, armazenamento e tratamento dos dados. Também contempla os procedimentos de desenvolvimento da plataforma *mobile*.

Etapa 6 - Descreve os testes de verificação do projeto.

A Figura 22 - Mapa Metodológico e Objetivos. resume a estrutura metodológica da tese, correlacionando etapas propostas aos objetivos específicos que cada etapa busca alcançar:

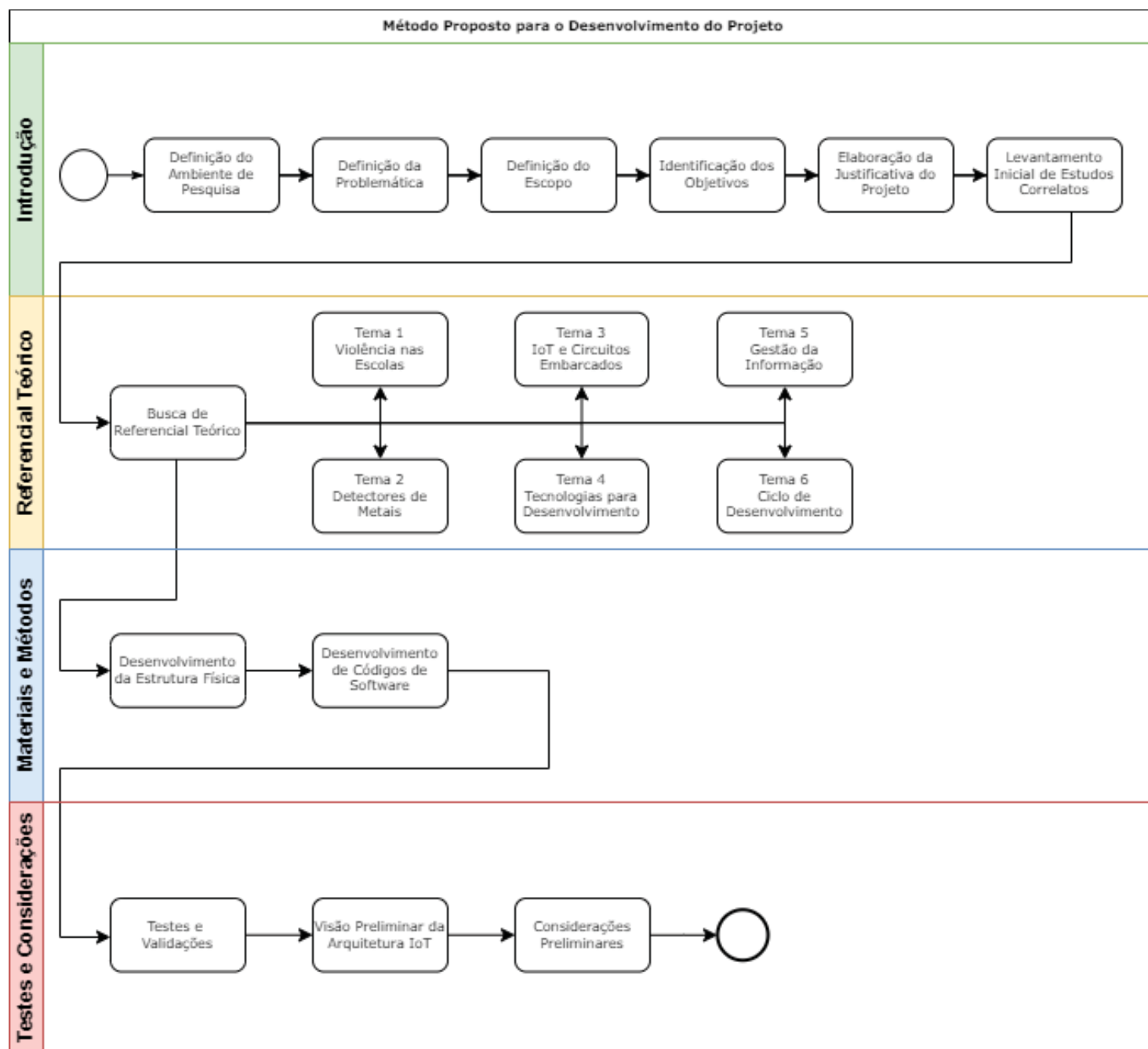
Figura 22 - Mapa Metodológico e Objetivos.



Fonte: O autor (2022).

A Figura 22 - Mapa Metodológico e Objetivos. propõem um método apresentado em um fluxograma, subdividido em uma sequência de passos para a obtenção dos resultados verificados neste trabalho, de acordo com os títulos e subtítulos:

Figura 23 - Fluxograma do Método Proposto para o Desenvolvimento do Projeto.



Fonte: O autor (2022).

A Figura 23 apresenta uma sequência lógica relacionando as principais etapas para a obtenção dos resultados: a Introdução denota ações iniciais que partem da Definição do Ambiente de Pesquisa, Problemática e Escopo, chegando ao Levantamento Inicial de Estudos Correlatos; na etapa de busca do Referencial Teórico estão os principais temas correlatos à proposta do projeto, que vão de dados sobre a Violência nas Escolas, fundamentos sobre a Gestão da Informação, chegando a

aspectos práticos como Tecnologias para Desenvolvimento; Materiais e Métodos foca em aspectos inerentes à construção da estrutura física e lógica do projeto; pôr fim, a etapa de Testes e Considerações descreve percepções obtidas em testes realizados.

3.1 MATERIAIS

O desenvolvimento deste projeto, que envolve a construção de um portal detector de metais, com capacidade de controle de fluxo em ambos os sentidos, em conjunto ao sistema de monitoramento desenvolvido para dispositivos móveis, possibilitando a concretização de todas as etapas do ciclo de vida da informação (Gestão da Informação), tem início na geração e coleta dos dados, passando pelo processamento, armazenamento, visualização e preservação (ou exclusão) destes. Esta subseção terá por objetivo abordar a camada física, contendo os circuitos e demais *hardwares* escolhidos, assim como a camada lógica (camada de *software*). Ao final, será apresentado um Quadro, que sintetiza os componentes físicos utilizados no desenvolvimento deste projeto, bem como uma estimativa de custos.

3.1.1 Dispositivo Embarcado

A escolha de um microcontrolador para um projeto deve ser feita com base nas características apresentadas pelo hardware e as necessidades específicas do projeto, levando em consideração aspectos como velocidade de processamento, quantidade de memória disponível, número de portas lógicas digitais e analógicas, capacidade de conectividade, tamanho físico, linguagem de programação suportada, etc. Diante das necessidades específicas deste projeto, como necessidade de conectividade *WIFI* com a Internet, suporte a processamento paralelo e desempenho otimizado, foi escolhido o microcontrolador *ESP32*, principalmente por sua capacidade de execução paralela de processos, velocidade de processamento e conexão *WIFI* nativa. A Tabela 6 apresenta as principais características do *ESP32*, que o levaram a ser escolhido para este projeto:

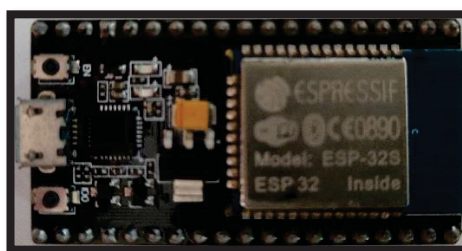
Tabela 6 - Principais Características do *ESP32*.

Elemento	Características
Processador	Xtensa® Dual-Core 32-bit LX6
Capacidade de Clock	Entre 80MHz ~ 240MHz
Memória FLASH	4MB
Memória RAM	520KB
Memória ROM	448KB
Portas Lógicas	34 GPIOs de 3.3V e 12mA
Conversores Analógico-Digital (ADC)	18 Conversores Analógico-Digital (ADC) com 12-bit de resolução (4096 bits)
Conversores Digital-Analógico (DAC)	2 Conversores Digital-Analógico (DAC) com 8-bit de resolução (256 bits)
WIFI	WIFI de 2,4 Ghz
Bluetooth	Bluetooth Low Energy v4.2 (BLE)

Fonte: O autor (2022), adaptado de Espressif (2022).

Na Figura 24 é possível visualizar o circuito *Espressif ESP32S*, adotado neste projeto:

Figura 24 - ESP32S.



Fonte: O autor (2022).

Uma das principais vantagens do *ESP32* em relação ao seu antecessor *ESP-8266* e outros microcontroladores é o processador *dual-core*, disponível em algumas de suas versões, que possibilita que duas tarefas sejam executadas simultaneamente em cada núcleo do processador; além de sua maior capacidade de processamento e memória, possibilitando que tarefas e rotinas sejam executadas mais rapidamente. Também está disponível a conexão *Bluetooth*, ampliando as possibilidades de conectividade. Assim como os modelos anteriores, possui um conversor *USB Serial* integrado, possibilitando o envio dos *sketchs* via USB; além de ser compatível com a *IDE*, sensores, módulos e atuadores utilizados nas placas *Arduino* (KHALID ET AL. 2021).

3.1.2 Sensores e Atuadores

Os sensores, como o próprio nome sugere, têm por objetivo sensorear, perceber, detectar variações de uma determinada grandeza física em um determinado momento, transformando essa variação em um formato compatível com o circuito eletrônico ou microcontrolador, de modo a gerar uma ação conforme a especificação do projeto utilizado. O primeiro sensor, que também opera alternadamente como atuador, é o indutor, também conhecido como bobina ou enrolamento:

- a) No projeto são utilizados dois sensores do tipo indutor, interligados em série, servindo tanto para a emissão do pulso magnético gerado pelo circuito *PI* Polonês, quanto para a captação de possíveis sinais que indiquem a presença de metais nas proximidades dos mesmos.

A Figura 25 apresenta os moldes criados para o enrolamento das bobinas utilizadas.

Figura 25 - Moldes para os Indutores.



Fonte: o autor (2022).

O próximo sensor utilizado é o sensor de barreira, que foi adotado com o objetivo de detectar passagens pelo portal, bem como o sentido em que o fluxo está ocorrendo:

- b) Sensor de Barreira Infravermelho Ativo - IVA 5015 Digital Intelbras (INTELBRAS, 2022). Este tipo de sensor é normalmente utilizado em portões de condomínios ou casas e seu principal objetivo em uma aplicação tradicional é detectar a passagem de veículos, buscando impedir o fechamento acidental dos portões. Para uma simples detecção é necessário um par emissor-receptor, de modo que um pulso será enviado caso um objeto se interponha entre este par. No caso do projeto proposto, serão necessários dois pares emissor-receptor para que seja possível verificar se o pedestre está entrando ou saindo. Existem várias marcas e modelos compatíveis, disponíveis no mercado e este modelo foi escolhido apenas pelas dimensões reduzidas e a confiabilidade da marca. A Figura 26 apresenta o sensor em seu par emissor-receptor:

Figura 26 - Sensor de Barreira Infravermelho Ativo.



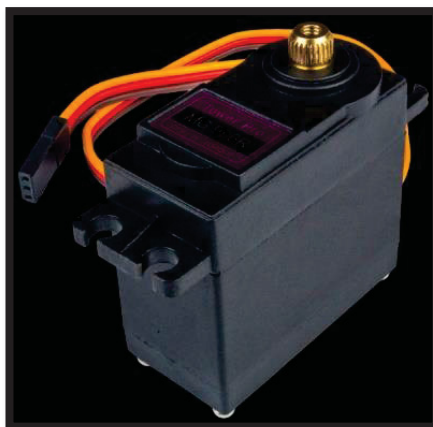
Fonte: o autor (2021).

O próximo item a ser descrito é um tipo de atuador conhecido como servomotor, cujo objetivo é o rotacionamento controlado de uma engrenagem em ambos os sentidos, de modo a simular uma barreira que, caso o portal detector de metais acuse a presença de um metal, impeça a passagem do pedestre, até ser liberada pelo vigilante:

- c) Servo TowerPro MG996R Metálico. Este modelo de servo motor utilizado no projeto tem apenas o objetivo de simular uma barreira, que

impeça a passagem do pedestre, caso algum metal seja detectado. Para uma aplicação real, recomenda-se o uso de um servomotor, motor de passo ou solenoide mais robusto, através do uso de relê ou ponte H. O servomotor, assim como o motor de passo, permite o rotacionamento controlado do motor, sendo possível gerenciar o ângulo de rotação do mesmo. A Figura 27 apresenta este atuador:

Figura 27 - Servo Motor MG996R.



Fonte: O autor (2022), adaptado de Robocore (2022).

É importante ressaltar que os sensores e atuadores *IoT* escolhidos são compatíveis com o microcontrolador *ESP32*, sendo possível utilizá-los através da linguagem de programação *C/C++*.

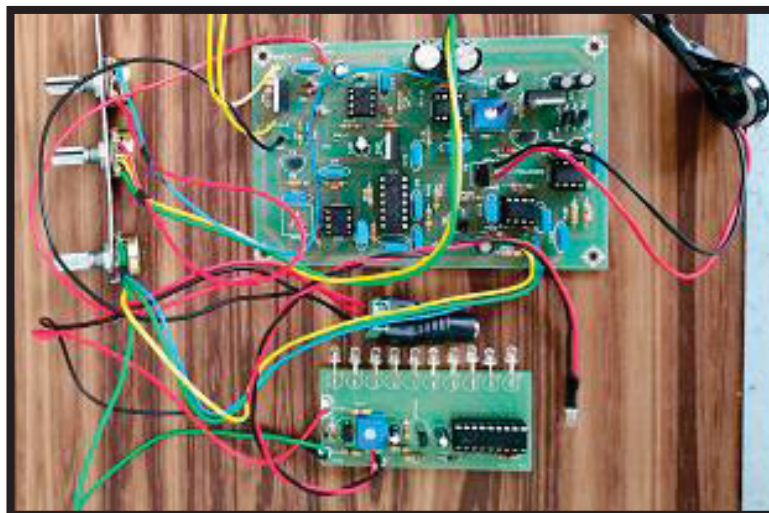
3.1.3 Demais Circuitos Eletrônicos

Dado o contexto deste projeto, um dos principais circuitos eletrônicos utilizados é o *PI Polonês* (HAMMOND, 2012), circuito responsável pela detecção de metais do portal. O *PI Polonês* é um circuito analógico, com projeto disponível através da Internet para construção completa, assim como disponível para a aquisição através de kits de desenvolvimento; é possível encontra-lo também montado e testado através de sites nacionais e internacionais, normalmente com custo acessível.

Neste projeto de tese, antes da escolha do *PI Polonês*, foram implementados dois projetos de circuitos detectores de metais para testes: o *Arduino Based Pulse Induction Detector - Flip Coil* by JorBi (INSTRUCTABLES, 2017) e o *Ultra High Sensitivity Metal Detector Circuit* (NEXT, 2017); também foram efetuados testes com

o circuito *Clone PI W*, uma variação do circuito *PI Polonês*. Estes projetos serão descritos com mais detalhes em subseções posteriores. Compreendendo que este trabalho tem por foco disponibilizar um projeto de baixa complexidade, optou-se pelo uso de um circuito conhecido e disponível no mercado. A Figura 28 apresenta o circuito *PI Polonês* utilizado neste projeto:

Figura 28 - Circuito *PI Polonês*.



Fonte: O autor (2022).

Para a montagem e integração dos circuitos e componentes eletrônicos, foi necessária a utilização de:

Fios: Para a construção dos indutores (bobinas), foi utilizado fio 2,5mm multifilar encapado e para os demais sensores e atuadores, fios e cabos variados.

Leds: Os leds utilizados tem por objetivo emitir avisos luminosos caso um objeto metálico seja encontrado. Estes leds poderão ser substituídos leds de alto brilho interligados ou até mesmo fitas de leds, desde que corretamente adaptados.

Display LCD 16x2 I2C.: O Display *lcd* tem por objetivo apresentar o número de passagens ocorridas nos dois sentidos (a partir dos pulsos enviados pelos sensores de barreira) ou configurações de modos de operação do portal.

Conectores e Interruptores: Utilizados para interligar ou acionar componentes como bobinas, circuito de detecção de metais, sensores e atuadores.

3.1.4 Materiais para a Montagem da Estrutura Física do Portal

A estrutura física deste projeto foi desenvolvida com base nos princípios de economia circular (BARBOZA *ET AL.*, 2022), que buscam o reaproveitamento de recursos, aplicando novas funcionalidades a estes. A estrutura que irá suportar o circuito detector de metais precisa necessariamente ser construída sem a utilização de componentes metálicos, uma vez que estes podem interferir no processo de detecção do portal. Tendo como foco a portabilidade da estrutura, os materiais devem ser leves, resistentes e não metálicos. Diante deste contexto, os seguintes materiais foram escolhidos:

- a) A **base da estrutura** necessitaria oferecer resistência, de modo a suportar o peso dos pedestres; sem, contudo, interferir na mobilidade desejada. Para tanto, esta foi confeccionada a partir de uma chapa de MDF com as medidas 2m x 0,60m x 0,015m. No intuito de melhorar a aparência desta base, foram utilizados recortes de papel de parede, fitas de demarcação e isolante.
- b) As **paredes laterais e o teto do portal** foram construídos utilizando peças de forro de PVC reciclados, assim como peças de moldura de PVC do tipo “meia-cana”, que serviram de colunas para as bordas das placas de forro de PVC. Os acabamentos foram feitos com recortes de cantoneiras de PVC curvadas. Molduras do tipo meia cana também foram utilizadas para o encaixe das laterais na base da estrutura. Para auxiliar na sustentação da estrutura, foram utilizados fios do tipo barbante.
- c) A **estrutura de contenção para as bobinas** foi feita utilizando canaletas de PVC de tamanho 20mm x 20mm para contenção das espiras de fio, sendo estas dobradas em formato retangular e afixadas com cola para vinil. No intuito de ocultar as bobinas, estas foram prensadas entre duas paredes de PVC e afixadas entre si com parafusos plásticos, normalmente utilizados em assentos sanitários.

A utilização de materiais reciclados possibilitou a redução do custo da construção do protótipo. Para a afixação das peças foi utilizada cola de PVC, bem como parafusos plásticos já mencionados. A Figura 29 apresenta imagens do desenvolvimento da estrutura do portal detector de metais:

Figura 29 - Etapas da Construção da Estrutura do Portal Detector de Metais.



Fonte: O autor (2022).

3.1.5 Estimativa de Custos

No intuito de apresentar valores mais próximos da realidade, serão utilizados valores de custo médio adotando $n = 3$, conforme fórmula para cálculo do desvio padrão apresentada na Equação 3:

Equação 3 - Desvio Padrão Adotado.

$$DP = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - M_a)^2}}{n}$$

Fonte: O autor (2022).

A Tabela 7 tem por objetivo apresentar o valor estimado dos principais materiais novos necessários para a confecção da **estrutura física** do portal:

Tabela 7 - Materiais Utilizados na Estrutura Física do Portal.

QTDE	ITEM	P. UNIT. 1	P. UNIT. 2	P. UNIT. 3	MÉDIA	D.P.	TOT. R\$	TOT. U\$
8	Forro Pvc Branco Frisado 20cm X 0,8cm Placa Com 4 Mts Junta Seca	R\$20,72	R\$19,12	R\$25,91	R\$21,92	3,5497	R\$175,33	\$34,51
2	Moldura em PVC Meia Cana	R\$41,00	R\$37,90	R\$40,89	R\$39,93	1,7589	R\$79,86	\$15,72
1	Acabamento Rodaforro Convencional 6m	R\$33,60	R\$35,00	R\$31,90	R\$33,50	1,5524	R\$33,50	\$6,59
7	Parafusos para Assento Sanitário	R\$22,00	R\$22,49	R\$27,60	R\$24,03	3,1014	R\$168,21	\$33,11
1	Chapa MDF 2m x 60cm x 1,5cm	R\$63,25	R\$96,00	R\$74,58	R\$77,94	16,6320	R\$77,94	\$15,34
1	Cola PVC 175gr.	R\$28,10	R\$28,90	R\$30,20	R\$29,07	1,0599	R\$29,07	\$5,72
1	Rolo Corda para Varal Polipropileno 15m x 4mm	R\$16,99	R\$23,90	R\$15,80	R\$18,90	4,3737	R\$18,90	\$3,72
1	Rolo Fita Adesiva Zebrada 200m	R\$19,75	R\$17,29	R\$15,15	R\$17,40	2,3019	R\$17,40	\$3,42
1	Kit Suporte Antena Tv Tripé + Tubo 2 Metros 3/4 (Cancela)	R\$49,99	R\$58,90	R\$78,90	R\$62,60	14,8053	R\$62,60	\$12,32
1	Rolo Fita Isolante	R\$8,00	R\$5,00	R\$7,50	R\$6,83	1,6073	R\$6,83	\$1,35
VALOR TOTAL:							R\$669,64	\$131,82

Fonte: O autor (2023).

A Tabela 8 apresenta o valor estimado dos principais itens eletrônicos novos para uso na confecção da **estrutura física** do portal:

Tabela 8 - Materiais Eletrônicos Utilizados no Portal.

QTDE	ITEM	P. UNIT. 1	P. UNIT. 2	P. UNIT. 3	MÉDIA	D.P.	TOT. R\$	TOT. U\$
1	Rolo de Fio 100m 2,5mm (Confecção das Bobinas Indutoras)	R\$147,00	R\$184,90	R\$190,45	R\$174,12	23,6471	R\$174,12	\$34,27
1	Microcontrolador Espressif ESP-32	R\$74,50	R\$69,67	R\$62,50	R\$68,89	6,0379	R\$68,89	\$13,56
1	Circuito PI Polônês Montado e Testado	R\$195,90	R\$150,00	R\$180,00	R\$175,30	23,3082	R\$175,30	\$34,51
2	Sensor de Barreira Infravermelho Ativo – IVA 5015 Digital Intelbras	R\$75,00	R\$77,00	R\$99,00	R\$83,67	13,3167	R\$167,33	\$32,94
1	Servo Motor Tower Pro Mg996r	R\$35,90	R\$38,00	R\$41,50	R\$38,47	2,8290	R\$38,47	\$7,57
VALOR TOTAL:							R\$624,11	\$122,86

Fonte: O autor (2023).

Os valores apresentados são referências, mas podem variar em função de fatores como localidade, valor de câmbio do dólar, inflação e taxa de envio. O valor utilizado para a cotação do dólar foi U\$ 1,00 = R\$ 5.08. Por fim a Tabela 9 apresenta o tempo aproximado gasto para a confecção e montagem dos itens físicos e o desenvolvimento do software:

Tabela 9 - Tempo Gasto na Montagem e Desenvolvimento dos Itens.

ATIVIDADE	TEMPO GASTO (H)
Confecção e Montagem da Estrutura Física do Portal e Cancela	30
Desenvolvimento do Software (Embarcado, Back-End, Mobile)	120
TOTAL:	150

Fonte: O autor (2023).

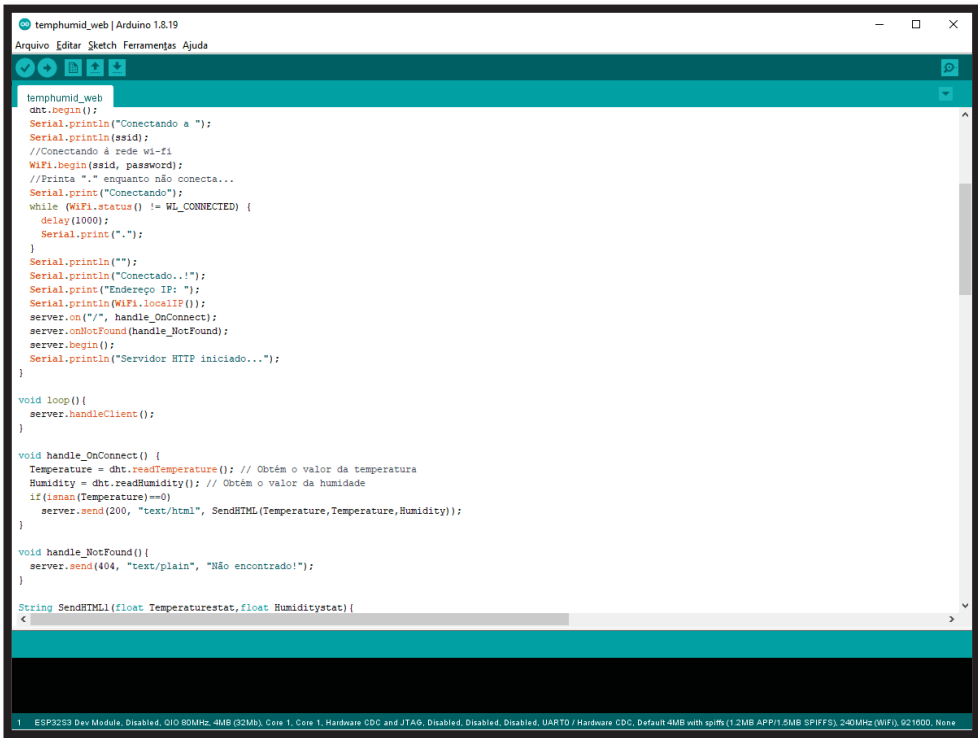
3.2 TECNOLOGIAS E FERRAMENTAS

Desenvolver aplicativos como os propostos neste trabalho envolve uma série de recursos, ferramentas e tecnologias. A primeira camada, mais próxima ao nível de hardware, é a programação do próprio microcontrolador. Nesta camada são criadas estruturas que serão executadas em *loop* de repetição, enquanto houver energia alimentando o circuito. Como já mencionado neste trabalho, existem várias *IDEs* de desenvolvimento aptas a escrever código em um microcontrolador e esta escolha dependerá de preferências pessoais como facilidade de uso, afinidade, recursos ou até mesmo a familiaridade do desenvolvedor.

Uma *IDE* que é gratuita, possui vários recursos e possibilita a gravação de dados no *ESP32* é a *Arduino IDE*. Embora tenha sido criada para a utilização com os microcontroladores da linha *Arduino*, esta *IDE* permite a programação de outras plataformas, incluindo os microcontroladores da *Espressif*, possibilitando a verificação de erros em tempo de desenvolvimento, o *upload* de *sketches* para o microcontrolador, o monitoramento de porta serial para interação com o programa em execução, *debugs*, etc.

A codificação na *Arduino IDE* ocorre através da linguagem *C/C++*, que possui uma série de bibliotecas próprias e uma variedade de bibliotecas de terceiros, desenvolvidas para facilitar a comunicação entre vários dispositivos de diferentes marcas e modelos, como sensores, atuadores, *displays* e até mesmo outros microcontroladores para a execução integrada. A Figura 30 apresenta a *IDE* de desenvolvimento *Arduino* adotada neste projeto:

Figura 30 - *IDE* de Desenvolvimento *Arduino* v1.8.19.



```
temp humid_web | Arduino 1.8.19
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

temp humid_web
int.begin();
Serial.println("Conectando a ");
Serial.println(ssid);
//Conectando à rede wi-fi
WiFi.begin(ssid, password);
//Printa "*" enquanto não conecta...
Serial.print("Conectando");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(1000);
  Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("Conectado...!");
Serial.print("Endereço IP: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
server.on("/", handle_OnConnect);
server.onNotFound(handle_NotFound);
server.begin();
Serial.println("Servidor HTTP iniciado...");
}

void loop(){
  server.handleClient();
}

void handle_OnConnect() {
  Temperature = dht.readTemperature(); // Obtém o valor da temperatura
  Humidity = dht.readHumidity(); // Obtém o valor da humidade
  if (isnan(Temperature)==0)
    server.send(200, "text/html", SendHTML(Temperature, Temperature, Humidity));
}

void handle_NotFound(){
  server.send(404, "text/plain", "Não encontrado!");
}

String SendHTML(float Temperaturestat, float Humiditystat){
```

Fonte: O autor (2022).

O microcontrolador *ESP32* possui nativamente suporte a redes *WIFI* e conectividade *Bluetooth*. No caso do projeto do portal detector de metais, o acesso *WIFI* é importante pois possibilita que os dados gerados pelo portal sejam enviados

pela rede a um servidor na nuvem sem a necessidade de cabos. A conexão *Bluetooth* possibilita a interação local com o *ESP32*, sem a necessidade prévia de acesso à Internet. Deste modo torna-se possível, por exemplo, utilizar o aplicativo *Android* para liberar a barreira, caso algum objeto metálico tenha sido detectado, verificado e liberado. Contudo, todas as interações com os sensores, atuadores e servidor deverá ser programada usando um dos núcleos de processamento. O envio dos dados gerados para a persistência em banco foi feito através das linguagens *HTML*, *JavaScript* e *AJAX*, nos formatos *JSON* e *XML*.

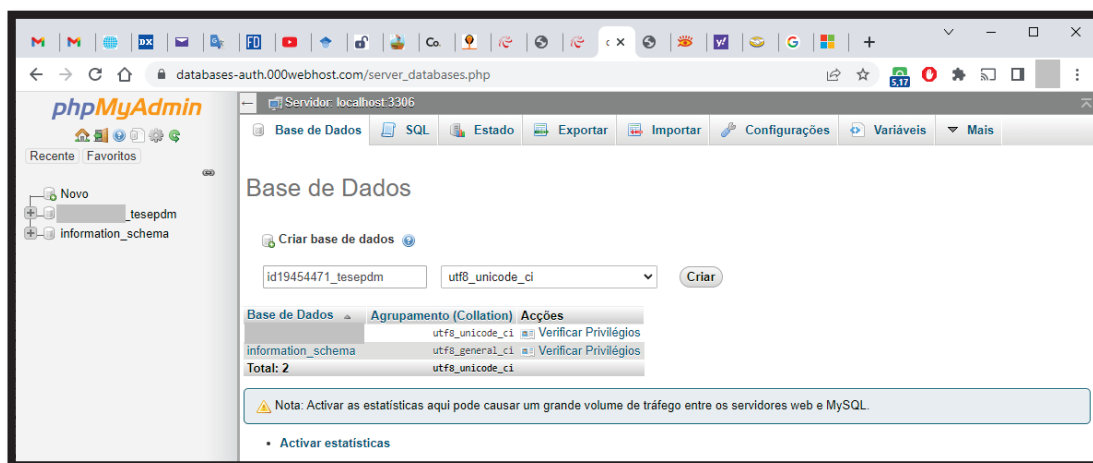
Uma vez que os dados tenham sido gerados pelos sensores de barreira e pelo detector de metais e capturados pelo microcontrolador, a próxima etapa lógica após o processamento dos dados é a sua persistência na nuvem, na chamada camada servidora (*backend*). Conforme observado nas subseções 2.4 e 2.5, existem várias possibilidades de tecnologias e ferramentas para o desenvolvimento da camada de *backend* e alguns fatores relacionados ao projeto podem auxiliar na escolha da tecnologia a ser utilizada. O primeiro aspecto é a disponibilidade de serviços oferecidos pelo *host* onde a camada servidora será hospedada. Provedores de serviços pagos tendem a ofertar uma maior gama de possibilidades, enquanto provedores gratuitos normalmente oferecem opções limitadas, portanto este aspecto afetará de forma direta a escolha das tecnologias do lado servidor a serem utilizadas.

Já a escolha entre serviços pagos ou gratuitos dependerá de fatores como a disponibilidade financeira do solicitante, de quão críticos são os dados, seu volume e taxa de amostragem. Serviços gratuitos podem ser uma opção interessante para aplicações com baixo volume de dados e reduzido número de acessos simultâneos. Apesar de serem gratuitos, provedores de serviço online como 000webhost.com (000WEBHOST, 2022) ou hostinger.com.br (HOSTINGER, 2022) oferecem *backup online* (manual), redundância de serviços, etc.; embora apresentem algumas limitações características de planos gratuitos. Este projeto fará uso de hospedagem gratuita inicialmente, porém, caso seja necessário um *upgrade* para um plano pago, este poderá ser feito no próprio provedor, sem a necessidade de migração de plataforma.

Após verificação, optou-se pela utilização do provedor 000webhost, por disponibilizar editor online tanto para a construção do Banco de Dados em *MYSQL* (MAESAROH, 2022), quanto para o desenvolvimento da camada servidora (*backend*), conforme descrito na subseção 2.6.2, através da linguagem *PHP* orientada a objetos

(PDO) (POWERS, 2022). O desenvolvimento da camada servidora tem como funcionalidades a persistência dos dados e as operações do acrônimo *CRUD* (*Create, Read, Update e Delete*), bem como consultas no formato *SQL*, que possibilitam a geração de indicadores por meio de gráficos/*dashboards* através do aplicativo *Android*. As demais interações, como desbloqueio de barreira, foram executadas diretamente no microcontrolador, sendo o banco de dados usado para fins estatísticos. A Figura 31 apresenta o editor online do provedor 000webhost para banco de dados MySQL:

Figura 31 - Editor Online do Provedor 000webhost para Banco de Dados.

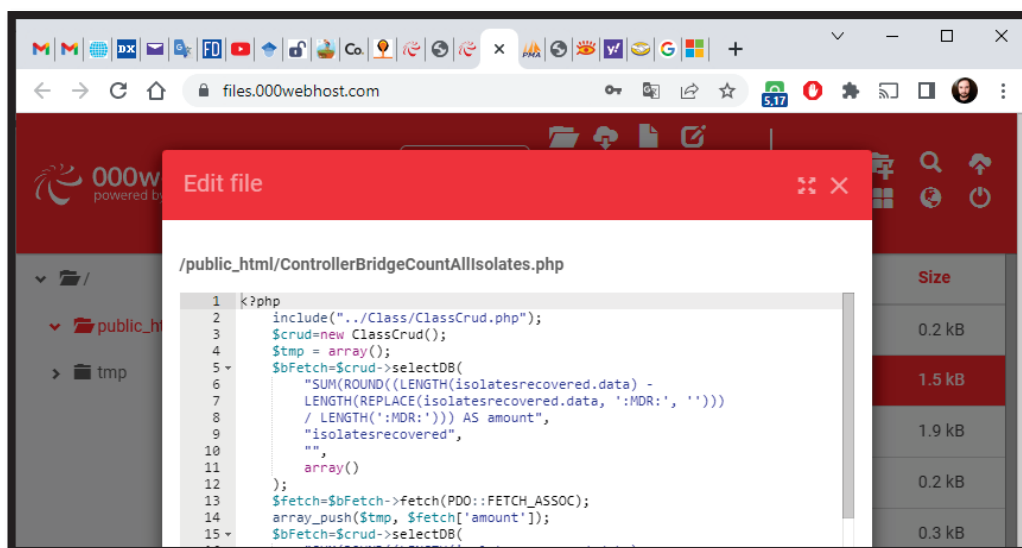


Fonte: O autor (2022).

Através do editor *online* disponível no *website*, apresentado na Figura 31 (que possui características similares ao editor *phpMyAdmin*) é possível criar bancos de dados, desenvolver e modificar tabelas, criar consultas, bem como inserir, alterar, visualizar e excluir dados das tabelas.

De modo semelhante ao editor de banco de dados apresentado, o provedor *000webhost* disponibiliza um editor *online* para o desenvolvimento da camada de *backend* em *PHP*, possibilitando que o código criado seja salvo na conta de seu desenvolvedor, permitindo tanto o salvamento *online* quanto *backup* local. A Figura 32 apresenta o editor *online* do provedor 000webhost para código *PHP PDO*:

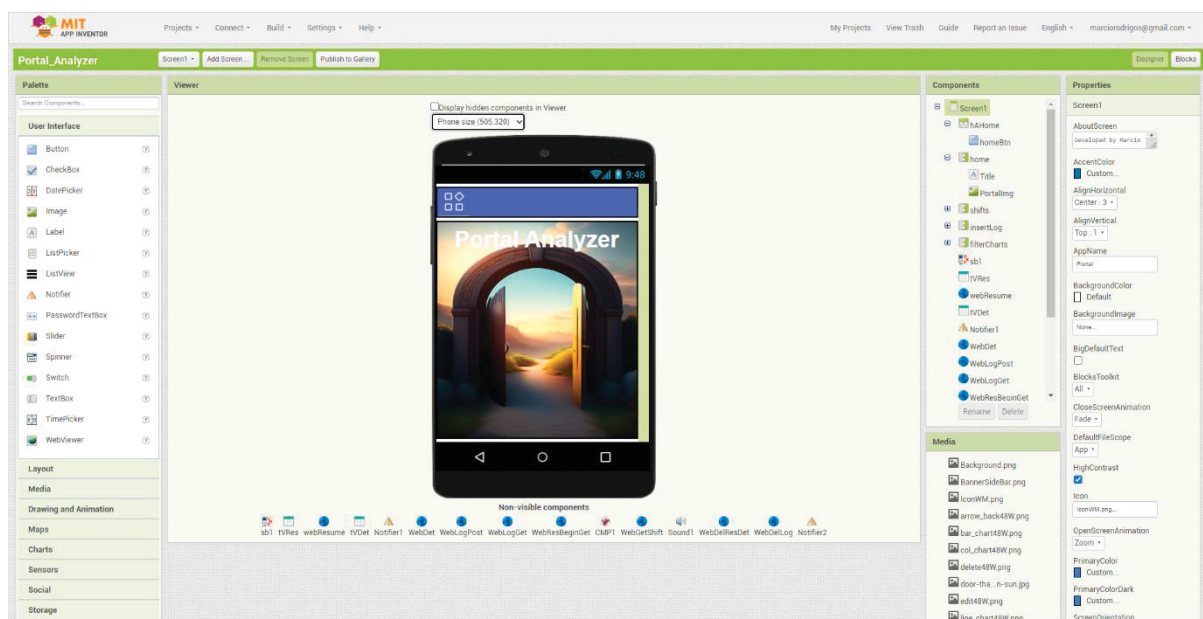
Figura 32 - Editor Online do Provedor 000webhost para *PHP PDO*.



Fonte: O autor (2022).

Para a camada de interação com o usuário (*UX*) (descrita na subseção 2.7), foi desenvolvido um aplicativo utilizando a plataforma *MIT App Inventor*, que permite o desenvolvimento de aplicações nativas para a plataforma *Android*. Kaczmarczyk, Zająć, Zabierowski (2022) descrevem as vantagens da utilização de código nativo (código compilado especificamente para a arquitetura de *hardware* desejada) como o gerado pelo *MIT App Inventor* para aplicações de dispositivos *Android* com integração à *IoT*. Por gerar código nativo ao sistema operacional *Android*, as aplicações resultantes apresentam melhor desempenho e menor tamanho de armazenamento, quando em comparação com plataformas híbridas. O *App Inventor* possibilita o uso de componentes e bibliotecas externas, que ampliam sua capacidade no desenvolvimento de aplicativos *Android*. Esta plataforma foi escolhida principalmente pela simplicidade na implementação de futuras alterações e para a adição de novas funcionalidades (pelo autor ou por terceiros). A Figura 33 apresenta o editor do *MIT App Inventor* para a criação de *apps Android*:

Figura 33 - App Inventor.



Fonte: O autor (2022).

3.2.1 Integração entre Tecnologias de Software

O desenvolvimento de uma solução tecnológica pode muitas vezes envolver múltiplos recursos tecnológicos, sejam estes físicos ou lógicos. Neste trabalho, os recursos físicos foram selecionados de diferentes fabricantes, marcas e modelos, sendo alguns confeccionados manualmente. No que tange ao *software*, foram escolhidas tecnologias consolidadas no mercado, portadoras de considerável grau de confiabilidade, recursos e capacidade de integração.

No nível mais básico de geração de dados do projeto, a linguagem *C++*, utilizada no microcontrolador *ESP32*, possibilita que sinais oriundos dos sensores sejam capturados, convertidos em formato digital e então processados, de modo a criar um fluxo de informação e validação física de ações, como fechamento e abertura da barreira, emissão de sinais sonoros e visuais, além do envio de informações para camadas superiores. Os sensores de barreira utilizados possuem tecnologia embarcada na transformação de sinais óticos em pulsos elétricos, porém serão tratados como tecnologia encapsulada, não sendo detalhada neste trabalho.

Através de recursos como *HTML* e *JavaScript*, os dados são então enviados para a camada servidora (*backend*), criada com a tecnologia *PHP PDO*, que faz uso do paradigma de programação orientado a objetos para a captura, processamento e

posterior envio dos dados recebidos através da Internet para persistência em banco de dados.

O banco de dados utilizado foi o *MySQL*, que se baseia no paradigma relacional e é atualmente suportado pela *Oracle*. Apesar de ser uma tecnologia proprietária, o *MySQL* continua tendo uma proposta de uso gratuito para aplicações não corporativas.

Por fim, na etapa de interação com o usuário, está a aplicação da tecnologia *Android*, que internamente faz uso de linguagens como o *Java* para o desenvolvimento das camadas *model* e *controller* através do *App Inventor* (gerencia tanto a regra do negócio do sistema quanto o interfaceamento com o banco de dados). Já para a camada *view* (*UX*), descrito na subseção 2.7 (do padrão *MVC* aplicado no desenvolvimento do aplicativo *mobile*), está o formato *eXtensible Markup Language* (*XML*), que possibilita o desenvolvimento das interfaces gráficas através do padrão chave-valor, também encapsulado pelo *MIT App Inventor*.

Outras tecnologias como *firewall*, protocolos de *WIFI* e programação *Assembly* de circuitos integrados também foram utilizadas, mas não serão abordadas em detalhe. A Tabela 10 sintetiza as principais tecnologias de software adotadas, bem como uma breve descrição de sua aplicação no contexto do projeto.

Tabela 10 - Principais Tecnologias Utilizadas no Projeto.

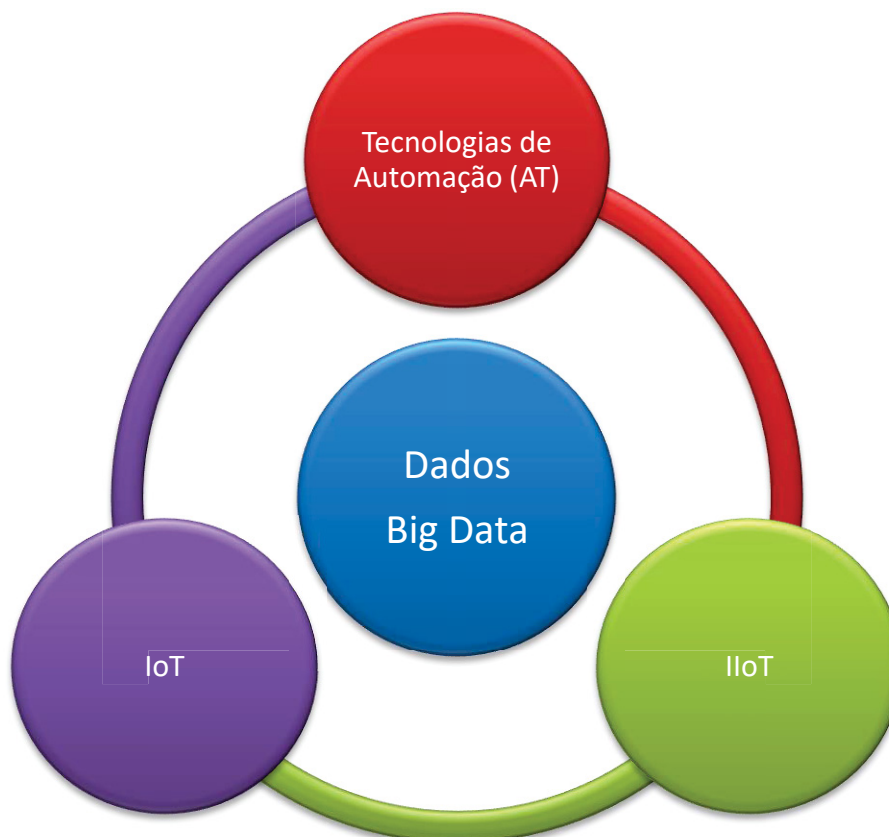
Tecnologia	Logomarca	Aplicação:	Referência Bibliográfica
AJAX		Asynchronous JavaScript And XML. Envio de alguns dados do portal	(DUCKETT, 2016)
C++		Monitoramento em loop para a leitura de sensores, envio de comandos para atuadores e envio dos dados obtidos para persistência em banco.	(PORKOLÁB; SZALAY, 2022; ISO. ISO/IEC 14882: C++, 2017).
CSS		Linguagem de Estilo a Códigos HTML.	(MARK, 2022).
HTML		Interagir com o ambiente web no envio de dados ao banco de dados.	(MARK, 2022).

Java		Linguagem Interna para Desenvolvimento Android	(FARREL, 2022)
JavaScript		Envio de dados online para persistência em Banco de Dados.	(DUCKETT, 2016)
MIT App Inventor		IDE de Desenvolvimento de Aplicativos para Android	(MIT APP INVENTOR, 2021)
MySQL		SGBD-Sistema Gerenciador de Banco de Dados	(BUTTLE, 2022)
PHP		Desenvolvimento da camada servidora, que interage diretamente com o Banco de Dados	(BUTTLE, 2022)

Fonte: o autor (2022).

3.2.2 Integração no Universo *IoT* e *IIoT*

O conceito de integração de *IoT* e *IIoT* (também presente no contexto das *smart cities*), está centrado no princípio da convergência de dados, de modo que dados oriundos das mais variadas fontes e localidades possam ser direcionados para bancos de dados centralizados (*bigdata*). Desta forma, ocorrerá uma unificação entre *IoT/IIoT*, tecnologias de automação e o armazenamento inteligente destes dados, gerando valor na produção, seja comercial ou industrial. O projeto gerado a partir desta tese faz uso deste contexto de integração, uma vez que poderá ocorrer o uso simultâneo e integrado de mais de um portal detector de metais enviando dados a um único servidor. A Figura 34 apresenta um resumo do conceito de convergência de dados para *IoT*:

Figura 34 - Convergência de Dados na *IoT*.

Fonte: O autor (2022).

A informação é um dos principais pilares no contexto da *IoT* e *IIoT*. Os desenvolvedores normalmente fazem uso da rede mundial de computadores para dar vazão a dados remotos, até que estes estejam centralizados e aptos a serem transformados em informação, através de processamento inteligente.

Deste modo a *IoT* e *IIoT* estão ancorados nos conceitos de “conexão a qualquer hora”, “conexão em qualquer lugar” e “conexão a qualquer coisa” (*Anytime, Anywhere, Anything*). Isso possibilita que seja adicionada uma camada de inteligência, de aprendizado de rotina para ações humanas e também aprendizado não rotineiro através de ações de automação, sendo possível gerar um prognóstico que poderá auxiliar nas futuras tomadas de decisão.

Porém, para que a construção da solução em *IoT* e *IIoT* seja bem formada, faz-se recomendável seguir as etapas do ciclo de vida de *IoT/IIoT*, conforme apresenta a Figura 35:

Figura 35 - Ciclo de Vida da Aplicação *IoT/IIoT*.

Fonte: O autor (2022).

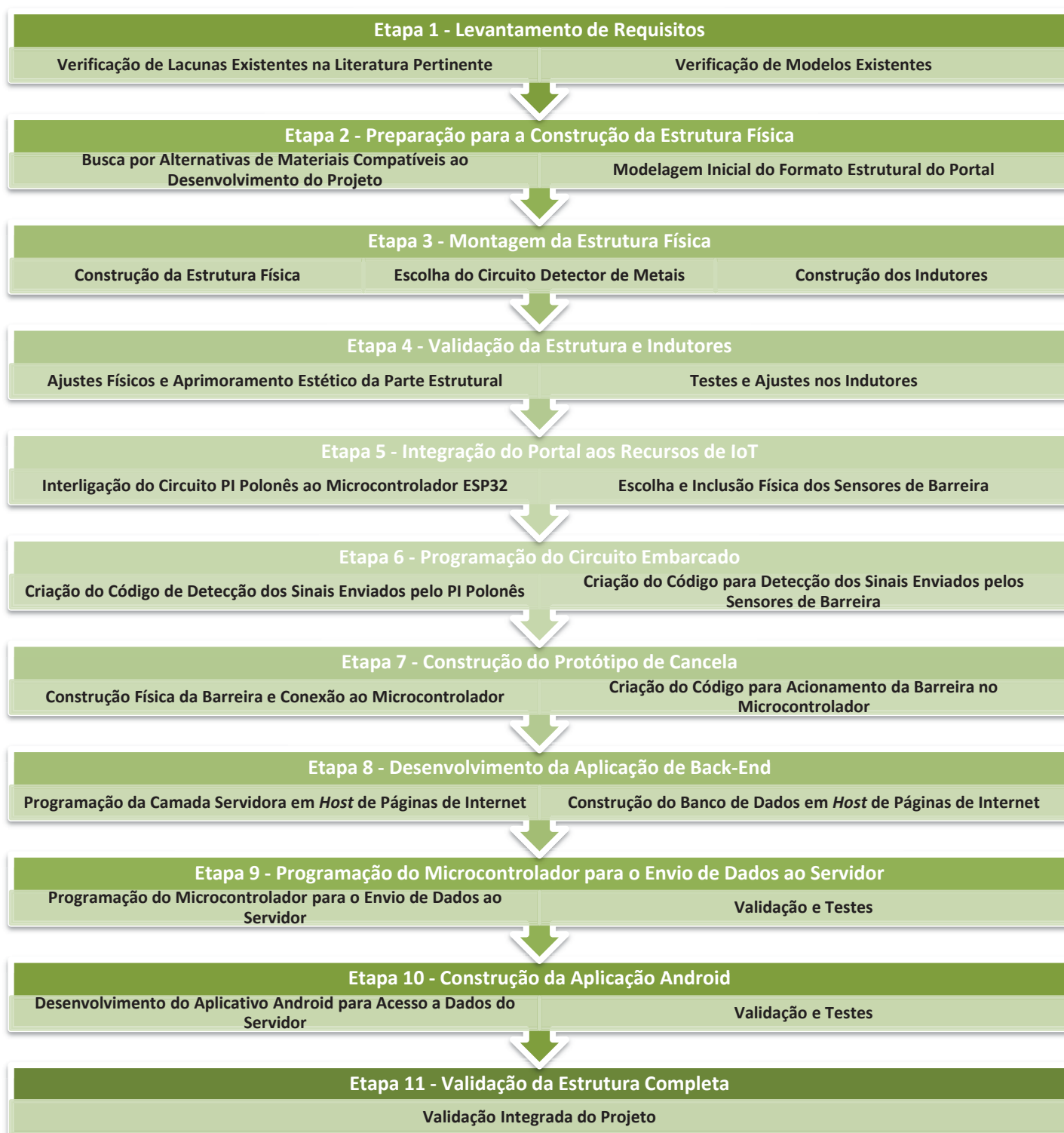
No contexto do ciclo de vida da aplicação *IoT*, a etapa de i) Diagnóstico corresponde a uma verificação do contexto da problemática apresentada, qual a sua amplitude, variáveis e participantes; a etapa de ii) Projeto corresponde ao planejamento de aspectos técnicos de hardware e softwares utilizados, bem como sua interconexão; a etapa de iii) Engenharia do Sistema corresponde à criação de modelos e diagramas, com ênfase no desenvolvimento de software; a etapa iv) Configuração e Construção relaciona-se ao desenvolvimento físico do protótipo ou produto; seguido pelas etapas de v) Verificação e Testes e vi) Instalação e Uso. Com base nas tecnologias e conceitos apresentados, a subseção 3.3 descreve os detalhes do desenvolvimento da estrutura física e lógica da arquitetura.

3.3 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste projeto foi dividido em etapas, iniciando pela etapa i), na qual ocorreu uma busca preliminar por literatura correlata e a verificação de modelos disponíveis no mercado; seguido pela etapa ii) com o levantamento de materiais compatíveis com a necessidade do projeto (a ausência de componentes metálicos em sua estrutura) e o desenvolvimento do primeiro modelo estrutural do portal; na etapa iii) teve início a construção da estrutura física, acompanhada pela escolha do circuito detector de metais e da construção das bobinas indutoras adequadas ao circuito; seguiram-se, na etapa iv), algumas adequações da estrutura física e ajustes nas bobinas indutoras, com o intuito da obtenção da maior sensibilidade de detecção do circuito; na etapa v) ocorreu a escolha do dispositivo embarcado *ESP32*, sua integração ao circuito *PI Polonês*, e a seleção e inclusão dos sensores de barreira ao projeto.

Na etapa vi) teve início o desenvolvimento do código para a captura dos dados enviados pelo detector de metais e pelos sensores de barreira; na etapa vii) teve início a construção física da barreira e sua codificação no *ESP32* e a construção do circuito eletrônico de interfaceamento entre o circuito analógico (*PI Polonês*) e o digital (*ESP32*); na etapa viii) iniciou-se o desenvolvimento da camada servidora (*backend*) e do banco de dados que irá armazenar os dados oriundos do portal; a etapa iv) é marcada pela codificação do microcontrolador, de modo a este poder enviar os dados do portal para o servidor *web*, acompanhada pelos respectivos testes e validações; na etapa x) inicia-se o desenvolvimento do aplicativo *Android* para geração de indicadores com base nos dados armazenados em banco de dados, seguido por testes e validações; por fim na etapa xi) ocorre o teste integrado das estruturas físicas do portal detector e barreira, da camada servidora, banco de dados e do aplicativo *Android*, de modo a validar e efetuar possíveis ajustes necessários. A Figura 36 apresenta uma síntese do fluxo adotado para o desenvolvimento deste projeto:

Figura 36 - Fluxograma de Desenvolvimento.



Fonte: O autor (2022).

3.3.1 Montagem da Estrutura Física

Uma das etapas iniciais no desenvolvimento deste projeto foi a modelagem e montagem da estrutura física do portal detector de metais. Um dos projetos que apresentou alguma fonte de referência foi o projeto desenvolvido por Easytreasure (2022). Trata-se de um site de venda de circuitos e projetos de detecção de metais, que inclui uma versão de um portal detector de metais, cujo circuito eletrônico pode ser adquirido por £160 (libras esterlinas), o equivalente a aproximadamente R\$1.000,00 mais as custas de frete e imposto (que atualmente pode chegar a 100% do valor do produto + frete no Brasil). A estrutura de sustentação proposta pelo projeto deste website foi toda construída em madeira compensada, aparentemente com uma construção fixa, não modular, o que poderia ocasionar alguma dificuldade no seu transporte em veículos pequenos.

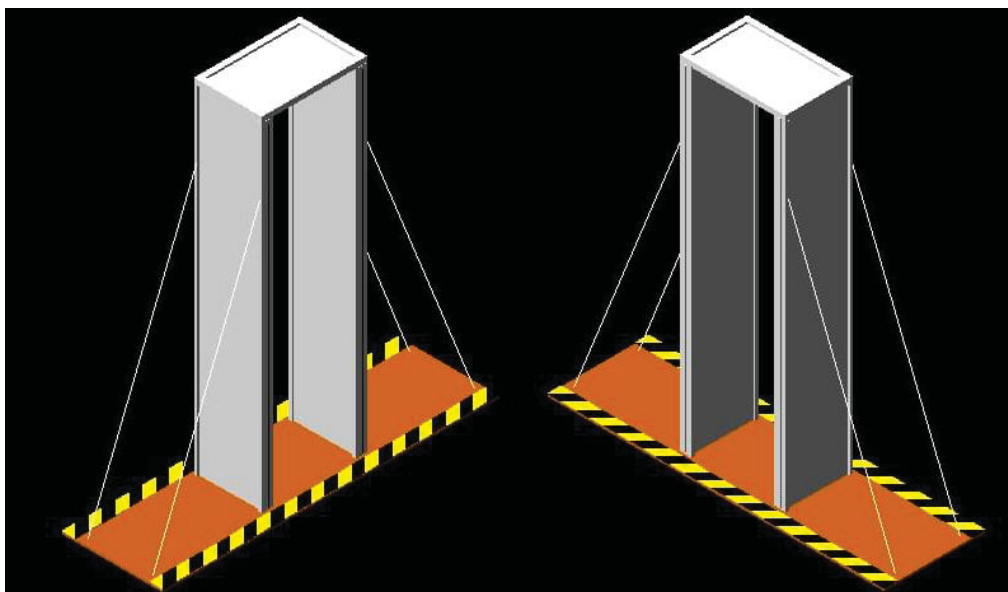
Já no contexto deste projeto de tese, uma das propostas foi a construção de uma estrutura modular, com peso reduzido, que possibilite o seu transporte até mesmo em um veículo comum. Apenas na base da estrutura, que possui um comprimento de 2 metros, uma largura de 60 centímetros e uma espessura de 1,5 centímetros, foi utilizado o MDF. Os demais componentes foram construídos com placas de forro de PVC (utilizadas normalmente em aplicações residenciais), o que reduziu significativamente o peso total da estrutura. Todos os materiais utilizados na montagem desta estrutura podem ser encontrados em lojas especializadas (como materiais de construção), podendo ser adquiridos com custo reduzido quando comparados a outros materiais especializados. Por serem materiais de uso frequente, talvez seja possível encontrá-los de segunda mão, com um custo ainda mais acessível.

Na base da estrutura foram feitos pequenos furos e trilhos para a passagem dos fios que interligam as bobinas, de modo a ocultá-los sob o MDF. As colunas laterais do portal foram construídas por duas placas de PVC afixadas umas às outras através de parafusos plásticos, possibilitando maior reforço na estrutura das mesmas. Os indutores foram ocultados em seu interior, apresentando um melhor acabamento (sem oferecer prejuízo à detecção dos metais). A tampa superior também foi confeccionada com placas de PVC, unidas através de barras de meia-cana nas laterais (para melhorar o reforço da estrutura). Tanto as paredes laterais, quanto o teto são modulares, facilitando o processo de transporte da estrutura. Como não foram

utilizadas mãos-francesas para a sustentação, cordões não metálicos foram afixados nos parafusos plásticos das paredes laterais e nos parafusos plásticos inseridos nas extremidades da base de MDF, de modo a auxiliar na sustentação da estrutura.

A etapa 2 apresentada na Figura 36 descreve o desenvolvimento de um modelo virtual e as Figuras 37, 38 e 39 apresentam esta modelagem 3D desenvolvida:

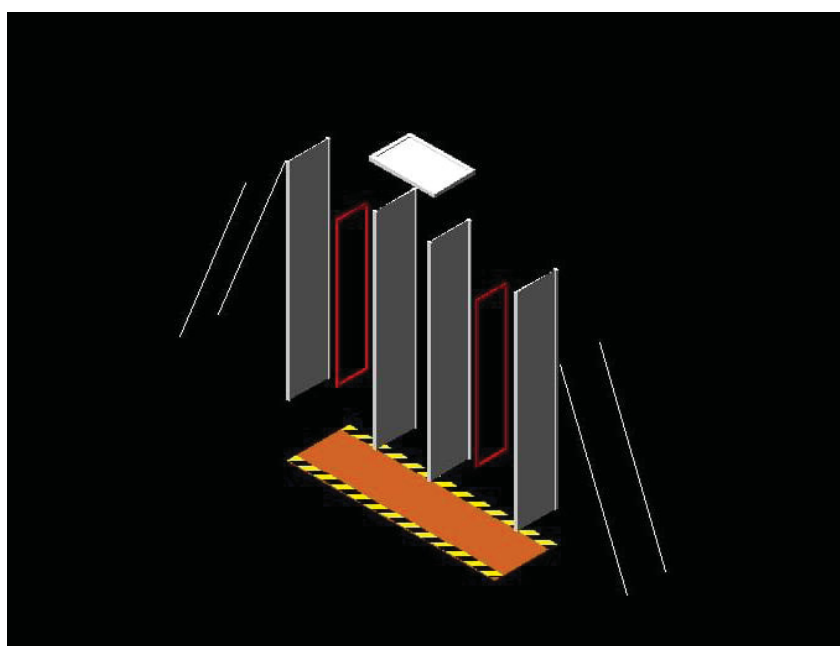
Figura 37 - Modelo 3D do Portal.



Fonte: O autor (2022).

A Figura 38 apresenta uma visão expandida do portal:

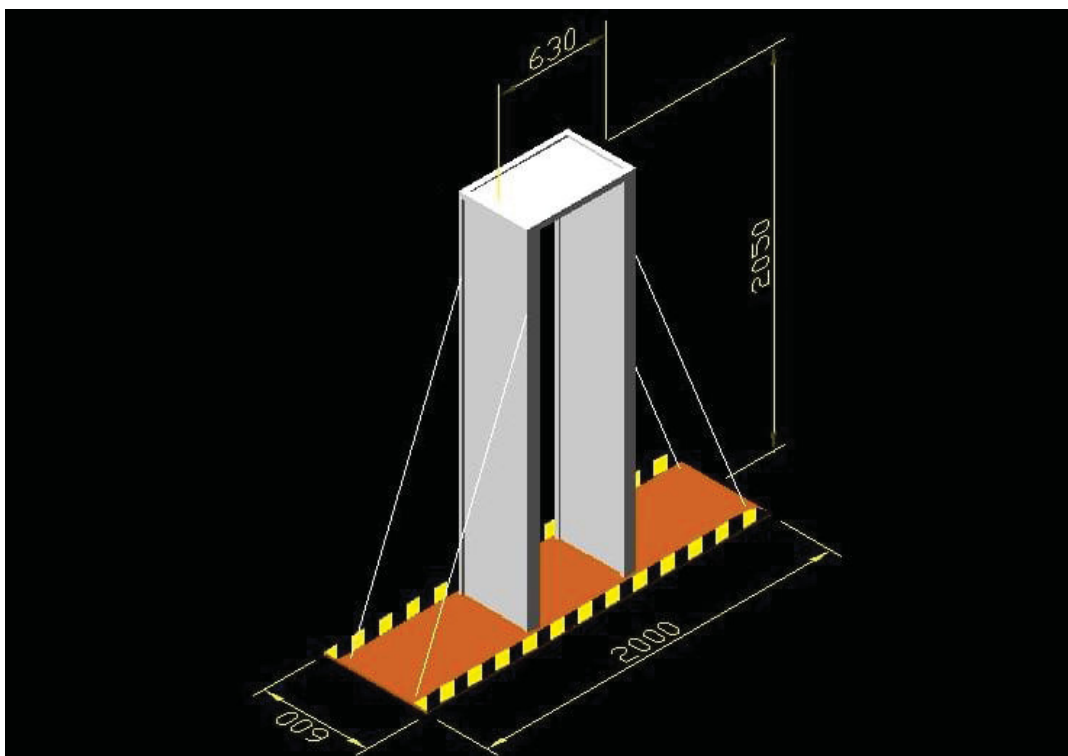
Figura 38 - Visão Expandida do Portal.



Fonte: O autor (2022).

A Figura 39 apresenta as medidas aproximadas do portal:

Figura 39 - Medidas do Portal.



Fonte: O autor (2022).

3.3.2 Desenvolvimento do Sistema Embarcado

Esta subseção contextualiza o desenvolvimento descrito na etapa 3 da Figura 36. Embora um circuito embarcado ou microcontrolador possua componentes semelhantes (porém em escala reduzida) a um computador, a proposta de funcionamento tende a ser diferente. Enquanto um computador executa uma tarefa com início, meio e fim, encerrando a execução após o término da mesma, um microcontrolador executa tarefas em repetição (*loop*), com frequência determinada pelo *clock* do processador. Outro aspecto característico de um microcontrolador é a disponibilidade de várias portas lógicas, que poderão ser interligadas a sensores, atuadores e outros circuitos, podendo operar com sinais analógicos ou digitais. Contudo, tanto em sinais analógicos quanto digitais, faz-se necessário respeitar o intervalo de variação dos sinais do microcontrolador em relação a sensores e atuadores, quanto às grandezas: tensão elétrica (V) e corrente elétrica (A); portanto é relevante verificar a faixa de operação de cada sensor e atuador, para analisar a necessidade de ajuste ou não na conexão com o microcontrolador.

A Tabela 11 descreve as características de cada sensor/atuador e sua faixa de operação.

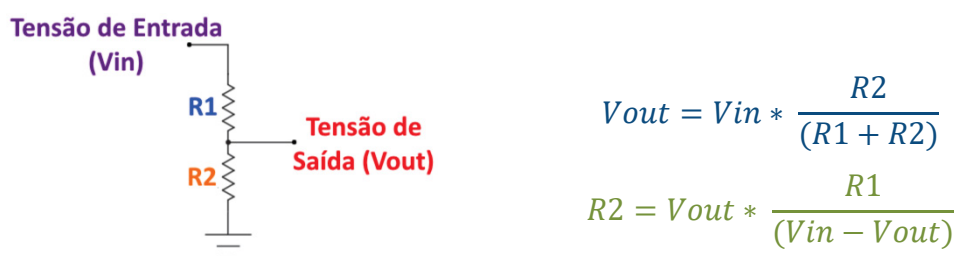
Tabela 11 - Descrição da Faixa de Operação de Sensores e Atuadores.

Dispositivo	Analogico/ Digital	Unidade de Medida	Símbolo	Faixa de Operação
Detector de Metais PI Polonês	Analogico	Volts	V	0-15,7V
Sensor de Barreira IVA5015 Digital	Digital	Ampere	A	0-3,3V
Servo Motor MG996R	Digital (PWM)	Ampere	A	0-3,3V

Fonte: O autor (2021).

Como é possível visualizar na Tabela 11, a faixa de operação do primeiro item é incompatível com o padrão de leitura adotado pelo *ESP32*, que suporta no máximo 3.3v, sendo necessária a adequação destes valores. Para efetuar essa adequação faz-se necessário o uso de artifícios eletrônicos, como o circuito divisor de tensão, que em uma tentativa inicial, foi constituído por dois resistores ligados em série, que possibilitaram a redução da faixa de operação aos valores desejados (conforme valores ôhmicos utilizados em cada resistor). A Figura 40 reapresenta o esquema de ligação dos resistores e a fórmula geral para o cálculo dos valores de cada resistor:

Figura 40 - Esquema Elétrico e Fórmulas do Divisor de Tensão.



Fonte: O autor, adaptado de Arduinoecia (2018).

Adotando-se um valor hipotético para $R_1 = 5K$ Ohms, definindo a tensão de entrada $V_{in} = 12V$ e a tensão de saída necessária em aproximadamente $V_{out} = 3V$, chega-se a um valor aproximado para $R_2 = 1.7K$ Ohms. Utilizando este circuito divisor de tensão, quando o sinal gerado pelo detector de metais for de 12V, a tensão máxima de entrada será 3V, podendo variar a um mínimo de até 0V, ou seja, não irá extrapolar os limites suportados pelo *ESP32*. Toda a tensão excedente é desviada para o aterramento do circuito. A tensão máxima suportada pelo *ESP32* é de 3,6V, porém a

faixa recomendada é de no máximo 3,3V em seus pinos GPIO. Porém um efeito colateral indesejado surgiu com o uso desta técnica: embora o sinal tenha ficado no intervalo esperado entre 0 e 3,3v, a largura de amostragem ficou tão estreita (menos de 0,10v) nas variações de tensão que inviabilizou o seu uso.

A busca por alternativas viáveis para o problema da redução de intervalo de tensão aos valores desejados demandou considerável tempo e aprofundamento em conhecimentos relacionados à eletrônica analógica (uma vez que esta área não fazia parte do conhecimento nativo do autor deste projeto). Como resultado da pesquisa foi possível chegar à conclusão que uma alternativa viável seria o uso de uma classe de circuitos integrados (CIs) conhecida como amplificadores operacionais (*Opamps*). Trata-se de uma classe de CIs versáteis, capazes de efetuar várias operações e validações sobre tensões e correntes elétricas.

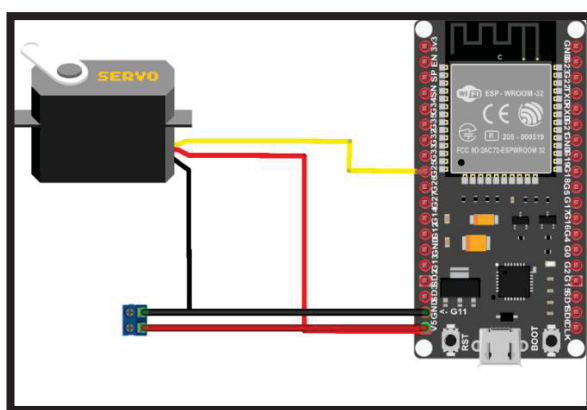
Embora o nome sugira que amplificadores operacionais sejam utilizados apenas para amplificar um sinal de tensão elétrica, eles também permitem reduzi-la, através do uso de alguns amplificadores operacionais específicos, aliado a algumas técnicas de configuração. A característica desejada no contexto deste projeto seria que o CI escolhido pudesse lidar com tensões próximas a 0v, porém nem todos os *opamps* têm esta capacidade. Amplificadores operacionais conhecidos como *rail-to-rail* possuem esta característica, porém são mais caros. Como uma das premissas adotadas neste projeto seria o baixo custo, optou-se pelo uso do CI LM358, que, embora não seja *rail-to-rail*, permite um valor mais próximo a 0v, quando comparado a outros *opamps* de baixo custo. Este circuito será descrito na subseção 3.3.5.

Para a conexão dos Sensores de Barreira IVA5015 Digital ao *ESP32*, foi utilizada a técnica chamada *INPUT_PULLUP*, frequentemente utilizada para a detecção de pressionamento de botões e outros dispositivos. Neste procedimento é utilizado um resistor interno de referência de sinal alto (*HIGH (3,3V)*) para a porta, de modo que a detecção do sensor ocorre quando o sinal de referência da porta cai até o nível 0V, gerando no *ESP32* o sinal de que uma passagem pela barreira ocorreu. Como foram utilizados dois pares de sensores, a ordem de acionamento dos mesmos indica se o pedestre está entrando ou saindo do estabelecimento. Estes dados são enviados ao servidor, possibilitando a geração de informações para análise como indicadores.

Já o procedimento de ligação do servo motor é relativamente simples, uma vez que este é compatível com o padrão de tensão elétrica utilizado pelo *ESP32*, de

modo que é possível ligá-lo diretamente ao microcontrolador, sem a necessidade de um divisor de tensão. O servo motor deve receber alimentação diretamente da fonte de alimentação e apenas o sinal de controle é gerado por uma porta *GPIO* e enviado ao fio de referência do servo motor. A Figura 41 apresenta um exemplo de ligação de um servo motor ao microcontrolador *ESP32*:

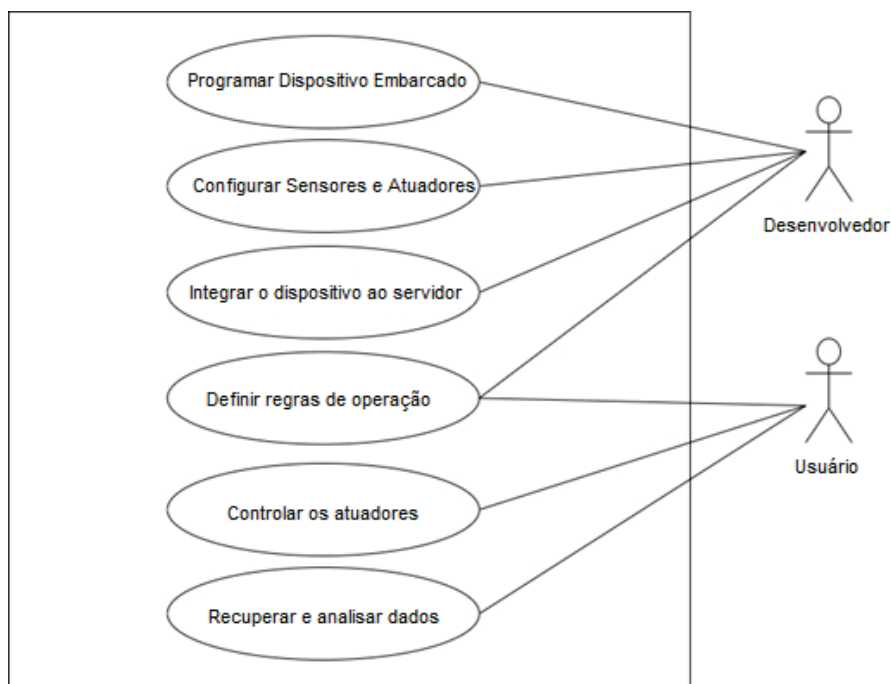
Figura 41 - Esquema de Ligação do Servo Motor ao *ESP32*.



Fonte: O autor (2022).

No intuito de exemplificar os papéis adotados na utilização do projeto implementado, com relação ao microcontrolador, sensores e atuadores, a Figura 42 apresenta o diagrama de caso de uso do sistema:

Figura 42 - Diagrama de Caso de Uso do Sistema Embarcado.



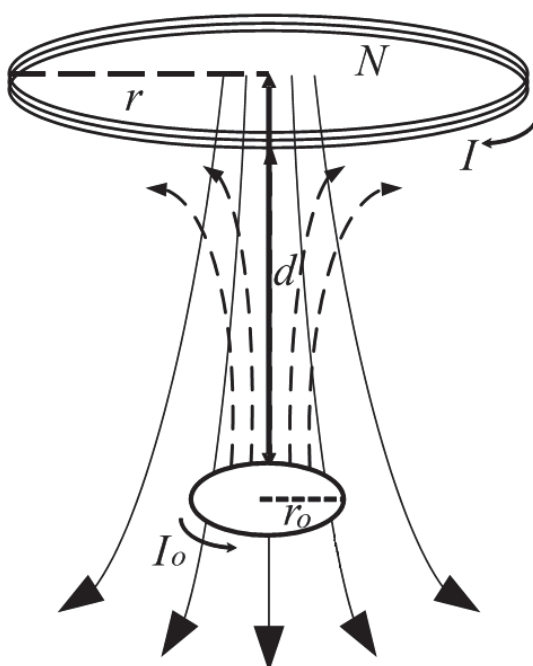
Fonte: O autor (2022).

3.3.3 Confeção das Bobinas Indutoras

Esta subsecção contextualiza o desenvolvimento descrito na etapa 3 da Figura 36. A utilização de bobinas, também chamadas de indutores com núcleo de ar, nos detectores de metais é uma prática comum a uma série de modelos de detectores. Jung, Chang e Han (2015), explicando seu funcionamento, descrevem que ao ser aplicada uma corrente à bobina transmissora do detector de metais, um campo magnético é induzido nesta, e este campo magnético induzido gera uma corrente elétrica na superfície do alvo metálico.

A corrente que flui através da superfície do alvo metálico novamente induz um campo magnético, possibilitando então a detecção do campo magnético induzido em um metal através da bobina receptora (JUNG; CHANG; HAN, 2015). Na Figura 43 é possível visualizar o princípio de funcionamento de uma bobina em um detector de metais do tipo *PI*:

Figura 43 - Funcionamento de uma Bobina em Detector Tipo PI.



Fonte: O autor (2022), adaptado de Jung, Chang, Han (2015).

Na Figura 43, N representa o número de espiras da bobina, r representa o raio da bobina, I indica o sentido do fluxo de corrente, d representa a distância entre a bobina detectora e o objeto metálico, r_o descreve o raio do objeto metálico e I_o denota o sentido da corrente elétrica induzida no objeto metálico. É possível notar que

o objeto metálico gera um campo magnético de sentido contrário ao gerado pela bobina, de modo que para sua detecção deve ser levado em consideração o sentido deste campo magnético resultante. A Equação 4 demonstra que a força eletromotriz gerada a partir da bobina é fundamentada na teoria da lei de *Faraday*, sendo proporcional à taxa de variação do fluxo magnético que flui através da superfície da bobina:

Equação 4 - Força Eletromotriz Gerada pela Bobina.

$$V(t) = - \frac{\partial \Phi(t)}{\partial t}$$

Fonte: Jung, Chang, Han (2015).

Onde:

- V é a tensão induzida;
- t é o tempo;
- $\partial \Phi$ é a variação no fluxo magnético;
- ∂t é a variação no tempo

Já na Equação 5 é possível verificar a lei de Gauss através da equação que descreve o fluxo magnético gerado na superfície da bobina:

Equação 5 - Fluxo Magnético Gerado na Superfície da Bobina.

$$\Phi = \int B \cdot dS$$

Fonte: Jung, Chang, Han (2015).

Onde:

- B é o campo magnético em Teslas;
- dS é o incremento da área de superfície em m²;

Conforme pode ser visto na Figura 43, quando o raio da bobina é r , o número de voltas é N , então a corrente da bobina é $I(t)$. Este princípio é muito importante para o maior rendimento do conjunto, que no caso de um detector de metais representa maior alcance do pulso magnético. Outro aspecto que deve ser considerado é o cálculo da indutância em Henrys (H) de um circuito, e sua correspondência na construção da bobina, pois este equilíbrio possibilitará o envio da maior quantidade

possível de corrente elétrica do circuito eletrônico ao indutor, de modo que o pulso magnético gerado tenha maior intensidade.

3.3.4 Seleção do Circuito Detector de Metais

Esta subseção contextualiza o desenvolvimento descrito na etapa 3 da Figura 36. Existe atualmente uma considerável variedade de projetos de circuitos detectores de metais, sendo a maioria destes para uso portátil com foco em lazer, como “caça ao tesouro” e recuperação de objetos perdidos, mas também humanitário, como a detecção de minas terrestres e outros explosivos, além da busca de itens arqueológicos históricos. Nesta gama de contextos, encontrar um circuito capaz de operar com bobinas de tamanhos maiores torna-se um desafio, principalmente devido à falta de literatura pertinente, ou devido a proteções intelectuais por patentes aplicadas a projetos disponíveis. Em situações como estas, a experimentação prática acaba sendo uma das alternativas disponíveis.

As subseções a seguir apresentam análises empíricas feitas em projetos de circuitos detectores de metais disponíveis na Internet.

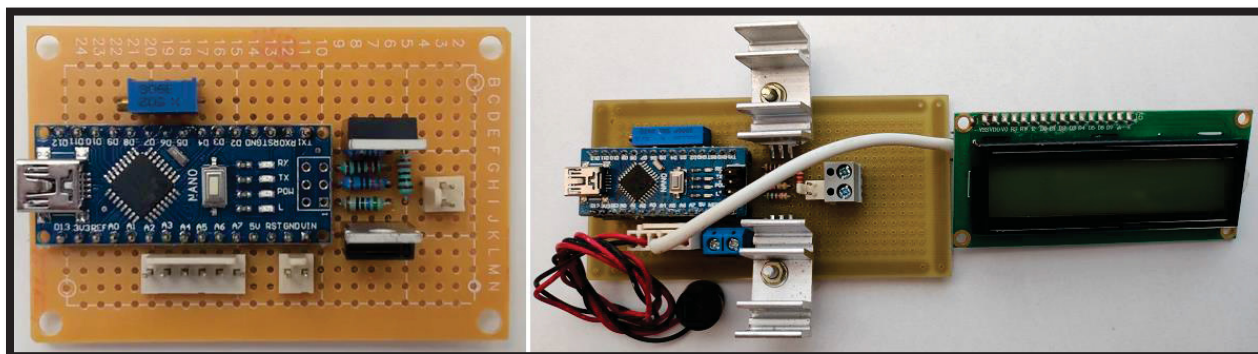
3.3.4.1 Projeto *Arduino Based Pulse Induction Detector (ABPID) - Flip Coil by JorBy*

O primeiro projeto de circuito desenvolvido na etapa de avaliação de circuitos detectores de metais foi o projeto ***Arduino Based Pulse Induction Detector (ABPID) - Flip Coil By JorBy*** (INSTRUCTABLES, 2017). Este projeto tem como característica a utilização de um circuito microcontrolado *Arduino Nano* na geração do pulso e detecção de sinais induzidos. Pelo fato de este projeto já fazer uso de um dispositivo embarcado no processo de detecção de metais, tornou-o um potencial candidato ao projeto desta tese. Em testes iniciais o circuito possibilitou a detecção de metais, através da confecção de uma bobina com características similares ao projeto original, contudo não apresentou bom desempenho quando conectado a bobinas de dimensões maiores, conforme necessidade deste projeto.

Como pontos positivos do projeto é possível destacar: a simplicidade, o pequeno número de componentes adicionais, a disponibilização do esquema físico do circuito eletrônico e a disponibilização do código fonte original do microcontrolador, possibilitando alterações no mesmo. Como ponto negativo está a baixa sensibilidade,

quando em comparação com outros projetos e a incompatibilidade com bobinas maiores. A Figura 44 apresenta a imagem do projeto original (esquerda) e o protótipo montado pelo autor desta tese (direita) para testes:

Figura 44 - *ABPID* Projeto Original e Protótipo Confeccionado.



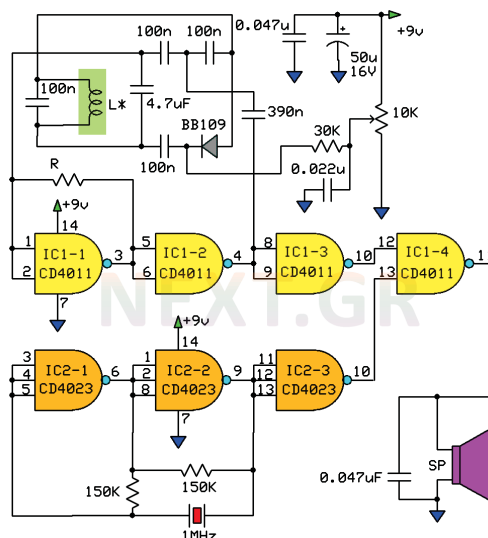
Fonte: Instructables (2017) (esquerda) e o autor (2022) (direita).

3.3.4.2 Projeto Ultra-High Sensitivity Metal Detector Circuit

O segundo projeto de circuito desenvolvido na etapa de avaliação de circuitos detectores de metais foi o projeto *Ultra High Sensitivity Metal Detector Circuit* (NEXT, 2017). Este projeto, diferentemente do anterior é um circuito analógico, que faz uso dos circuitos integrados CD4011 e CD4023. Este projeto tem como proposta a detecção de metais a até um metro, segundo informações disponíveis no *website*. Neste projeto, o CI CD4023 está interligado a um cristal de 1MHz e tem como objetivo gerar um sinal de referência que será comparado com o circuito composto por capacitores, indutores e um diodo varicap, que envia sinais recebidos pela bobina ao CI CD4011, que compara os sinais e verifica se algum metal esteve presente na área de atuação da bobina. No *website*, onde este projeto se encontra, está disponível apenas o esquema lógico, conforme apresenta a Figura 45, sendo então necessário o desenvolvimento do esquema físico do circuito antes de sua montagem.

Como ponto positivo do projeto é possível destacar: a boa sensibilidade para bobinas de até trinta centímetros de diâmetro. Como pontos negativos está a ausência de um esquema físico de ligação, a dificuldade de aquisição de certos componentes eletrônicos utilizados (como o diodo varicap BB109 e o cristal de 1Mhz), seu processo de ajuste do circuito ser mais complexo (quando comparado a outros projetos), além de apresentar limitações de uso com indutores maiores.

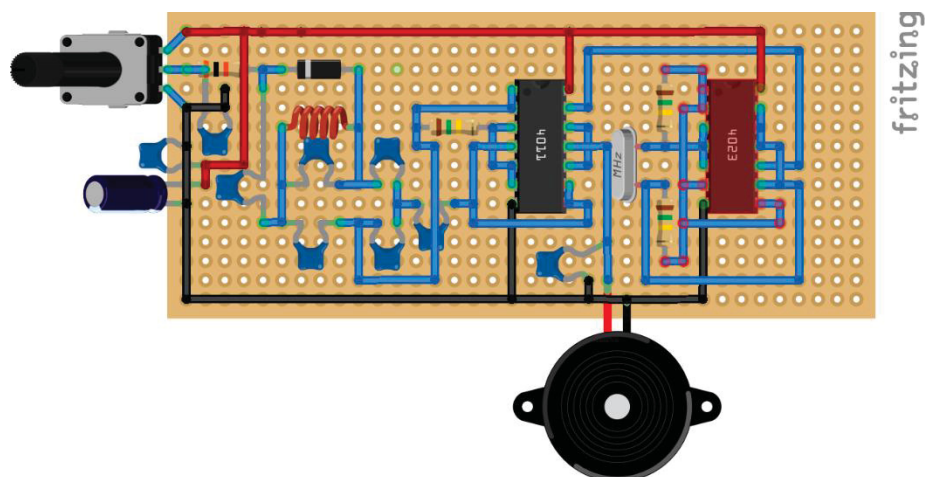
Figura 45 - Circuito Lógico do Detector de Metais *Ultra High Sensitivity Metal Detector Circuit*.



Fonte: Next (2017).

A Figura 46 apresenta o esquema físico de ligação (*PCB Layout*) desenvolvido pelo autor desta tese, em conformidade ao projeto lógico apresentado na Figura 45:

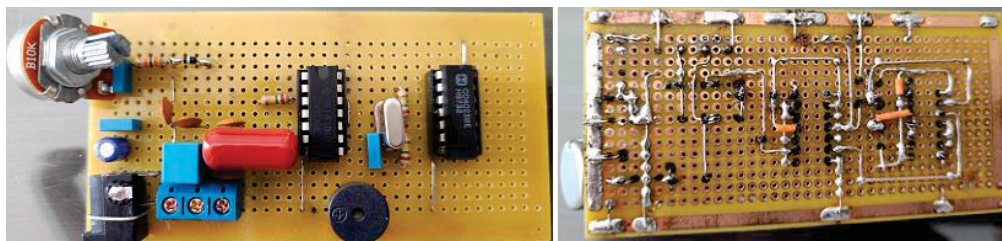
Figura 46 - Projeto Físico (*PCB Layout*) Desenvolvido para o Detector de Metais *Ultra High Sensitivity Metal Detector Circuit*.



Fonte: O autor (2022).

Já a Figura 47 apresenta imagens de frente e verso da placa do protótipo do projeto confeccionado pelo autor para testes:

Figura 47 - Protótipo Implementado do Detector de Metais *Ultra High Sensitivity Metal Detector Circuit*.



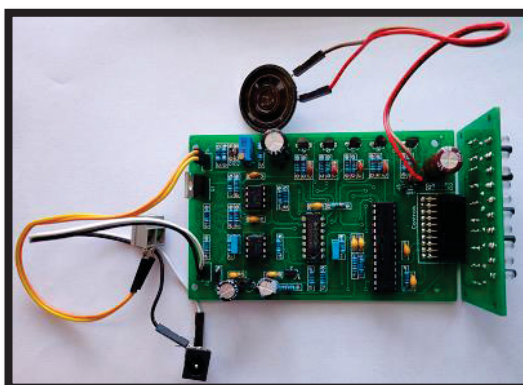
Fonte: O autor (2022).

3.3.4.3 Circuito de Detecção de Metais *Clone PI W*

O próximo circuito de detecção de metais avaliado foi o Clone PI W. Devido ao tempo reduzido para a confecção de circuitos experimentais, diferentemente dos anteriores, este circuito foi adquirido parcialmente montado. O circuito *Clone PI W* é uma variação do projeto *PI* Polonês, contendo componentes analógicos similares na etapa de detecção, mas com a adição de um microcontrolador digital da *ATMEL* modelo *ATMEGA8-16-PU*, responsável, entre outros, pelo controle dos botões de toque do painel frontal, os leds de sensibilidade de detecção, geração de tons programados, etc.

Como pontos positivos do projeto foi possível destacar: a boa sensibilidade na detecção de metais, controles de configuração do circuito por toque, pré-ajuste automático de acoplamento com a bobina e projetos lógico e físico disponíveis para download. Como pontos negativos estão a ocorrência de falsos positivos quando utilizando bobinas de maiores dimensões e a indisponibilidade do código fonte original utilizado na programação do microcontrolador. A Figura 48 apresenta imagem do circuito *Clone PI W*, utilizado nos testes:

Figura 48 - Circuito Detector *Clone PI W*.



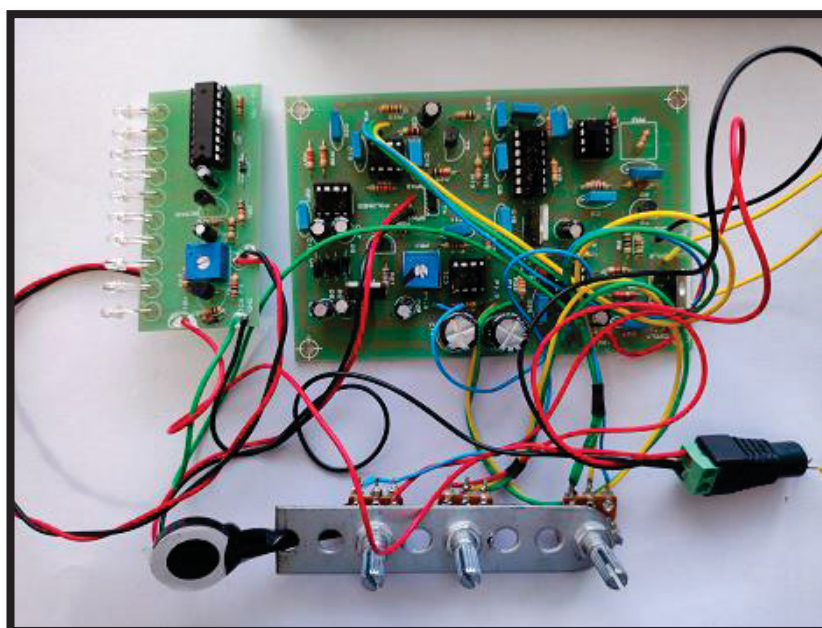
Fonte: O autor (2022).

3.3.4.4 Circuito de Detecção de Metais *PI* Polonês

O circuito de detecção de metais *PI* Polonês é um projeto disponível na Internet. De modo semelhante ao *Clone PI W*, este circuito foi adquirido parcialmente montado. Trata-se de um circuito analógico, com ajuste manual de sensibilidade através de dois potenciômetros, que têm por objetivo modificar a frequência da emissão de pulsos de detecção, que pode variar de aproximadamente 100Hz a até quase 1Khz; através desta variação é possível priorizar a sensibilidade de detecção de certos tipos de metais. De todos os circuitos testados, o *PI* Polonês foi o que apresentou melhor sensibilidade de detecção e estabilidade de funcionamento, sendo, portanto, o circuito escolhido para aplicação neste projeto.

Como pontos positivos deste circuito detector de metais foi possível destacar: a boa sensibilidade na detecção de metais, possibilidade de ajuste fino da sensibilidade de detecção, componentes eletrônicos fáceis de serem encontrados, projetos lógico e físico disponíveis para download e disponibilidade de circuitos montados e testados para compra. Como pontos negativos está a necessidade de ajuste manual da sensibilidade e do acoplamento com a bobina. A Figura 49 apresenta imagem do circuito *PI* Polonês utilizado nos testes:

Figura 49 - Circuito Detector *PI* Polonês.



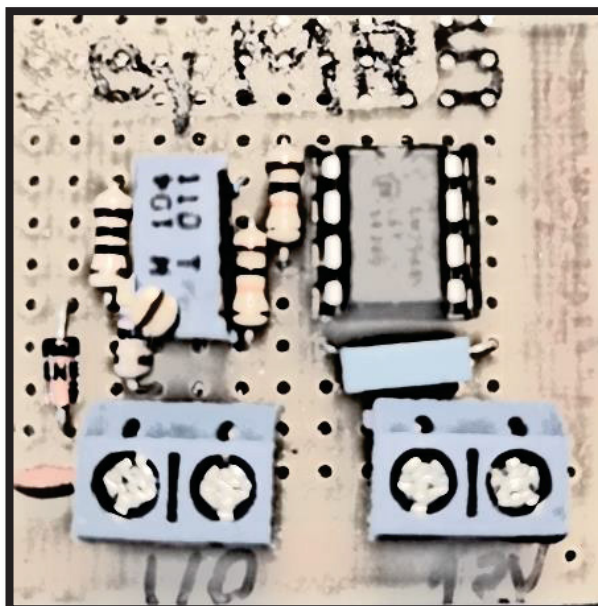
Fonte: O autor (2022).

3.3.5 Interface de Leitura da Variação de Tensão

Devido à necessidade de adequação e compatibilização do intervalo de valores possíveis a um circuito analógico, o processo de leitura e interpretação destes pode ser desafiador. No caso dos microcontroladores da linha ESP, como o ESP32, o intervalo máximo de leitura está limitado a tensões variando entre 0 e 3,3v. Valores fora deste intervalo precisam ser amostrados.

Para interfacear o circuito analógico *PI* Polonês, utilizado neste projeto, foi necessário o desenvolvimento de um circuito eletrônico capaz de amostrar variações de tensão de entrada entre 0 e 16v para o intervalo suportado pelo ESP32. Para tanto, (utilizando o CI LM358, já descrito neste trabalho), a configuração adotada foi a de seguidor de tensão no modo inversor, que possibilitou uma leitura amostrada, inversamente proporcional ao sinal de entrada. Através do ajuste do *offset* do LM358, foi possível enquadrar as variações de entrada ao intervalo suportado pelo microcontrolador. A Figura 50 apresenta uma imagem do circuito de interface desenvolvido neste projeto:

Figura 50 - Circuito de Interface.



Fonte: O autor (2023).

3.3.6 Circuito Externo de Atenuação

Outro importante desafio encontrado nos testes empíricos foi o processo de conversão A/D dos valores amostrados pela interface de leitura da variação de tensão. Anshori *et al* (2022) destaca que no processo de conversão analógico/digital do conversor interno (ADC) do ESP32, além da ausência de linearidade entre o sinal de entrada e o valor digital convertido, é comum a presença de ruídos; estes ruídos típicos no *ESP32* foram também perceptíveis nos experimentos deste projeto.

Como uma tentativa de contornar o problema, surgiu a possibilidade de uso de um conversor ADC externo. Disponível a preço acessível, o ADS1115 (SITANGGANG, 2022) tornou-se um possível candidato a resolver o problema da conversão; este conversor externo possui uma resolução de 16 bits e uma boa linearidade, que teoricamente resolveria o problema. Porém, após testes, foi possível perceber que tanto a limitada velocidade de conversão, quanto a carga de processamento imposta ao ESP32 pelo uso do protocolo de comunicação I2C (nativo ao ADS1115 e já utilizado pelo display 16x2) inviabilizaram o seu uso.

Retornando ao uso do conversor ADC interno do ESP32, iniciou-se uma busca por técnicas que proporcionassem redução de ruídos de leitura e melhorassem a linearidade da conversão. Rin67630 (2022) propôs a construção de um circuito externo de atenuação, a utilização de apenas 11 dos 12 bits disponíveis e a aplicação de uma técnica de normalização de valores em software conhecida como *oversampling* (que cria uma média “invasiva” de grupos de cinco leituras efetuadas).

A aplicação das técnicas propostas por Rin67630 (2022), em conjunto com o uso de uma técnica de normalização “não invasiva”, conhecida como *multisampling* (que também auxilia na normalização de sinais) melhoraram significativamente os problemas de ruído e linearidade. Após testes foi possível perceber que as taxas de amostragem resultantes eram mais que suficientes para a detecção. A Figura 51 apresenta uma imagem do circuito atenuador utilizado neste projeto:

Figura 51 - Circuito Atenuador.



Fonte: O autor (2023).

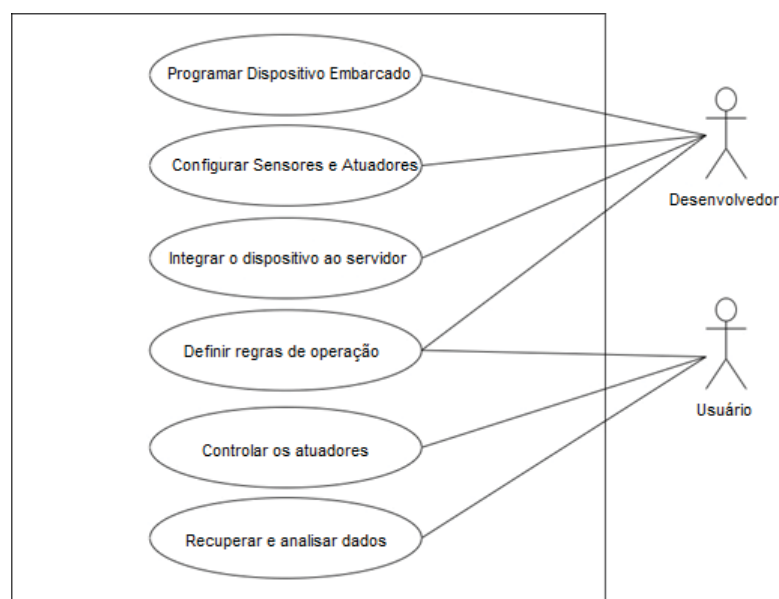
3.3.7 UML e Modelagem de Dados

As subseções a seguir têm por objetivo descrever graficamente o design e a implementação de *hardware* e *software* utilizados nesta tese, bem como suas relações com os atores envolvidos no processo. Para diagramas relacionados a software no contexto orientado a objetos, será utilizado o padrão de linguagem UML – *Unified Modeling Language*. O banco de dados será representado pelo DER – Diagrama de Entidade e Relacionamento.

3.3.7.1 Diagrama de Caso de Uso

O diagrama de Caso de Uso (já apresentado anteriormente) tem por objetivo representar um determinado recurso do sistema, sendo desenvolvido para descrever o relacionamento entre as principais funcionalidades e sua relação com os atores envolvidos. Neste caso, o foco está na interação entre atores e o hardware do projeto.

Figura 52 - Diagrama de Caso de Uso do Sistema Embarcado.



Fonte: O autor (2022).

Neste diagrama é possível perceber que o ator Desenvolvedor tem como principais atribuições: a programação do dispositivo embarcado, a configuração de sensores e atuadores e a integração do hardware desenvolvido ao servidor online. A definição das regras de operação é estabelecida em parceria com o ator Usuário, que por sua vez fica responsável pela operação prática do equipamento, controlando atuadores e analisando os dados gerados pelo sistema.

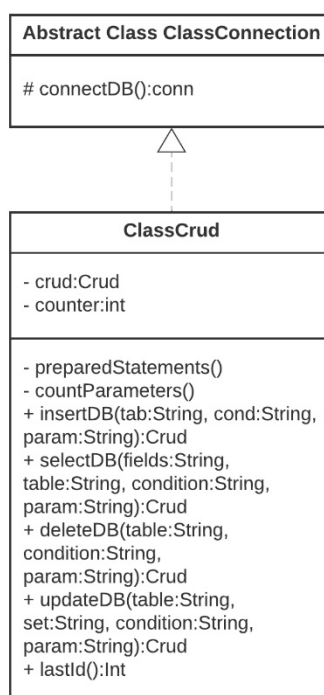
3.3.7.2 Diagrama de Classes

O diagrama de Classes tem por objetivo apresentar as principais classes desenvolvidas em um sistema computacional, neste contexto, apresenta as classes utilizadas na camada servidora (*backend*).

Figura 53 - Diagrama de Classes.

Diagrama de Classes do Projeto

Marcio Rodrigo Santos | August 24, 2023



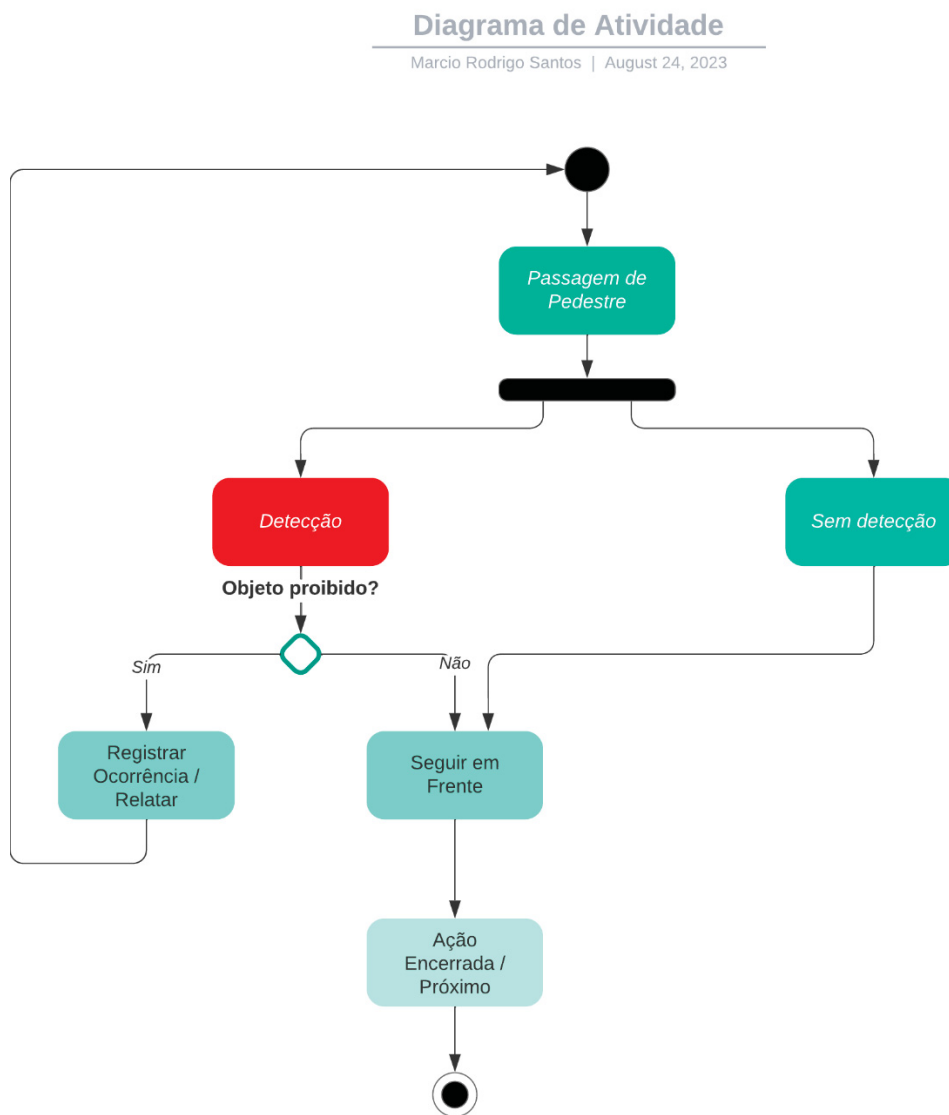
Fonte: O autor (2023).

A classe abstrata *ClassConnection* tem por objetivo disponibilizar o método de estabelecimento de uma conexão *http* cliente/servidor através da linguagem PHP PDO, retornando em seguida um objeto do tipo *conn*. Já a classe *ClassCrud*, que herda da classe *ClassConnection*, tem por objetivo disponibilizar métodos de interação com o banco de dados, como *create*, *read (select)*, *update*, *delete*; além de outros métodos que retornam valores ou criam uma regra preparatória para uma conexão. A instanciação das classes representadas no diagrama ocorre na maioria de modo embutido (*embedded*) em trechos de código PHP ou JavaScript, agrupados no *package Controller* (que representa a letra C do padrão *MVC* implementado).

3.3.7.3 Diagrama de Atividade

O diagrama de Atividade, exibe o fluxo de processos dos objetos da classe, assim como o fluxo de processos gerados no uso do portal detector de metais.

Figura 54 - Diagrama de Atividade.



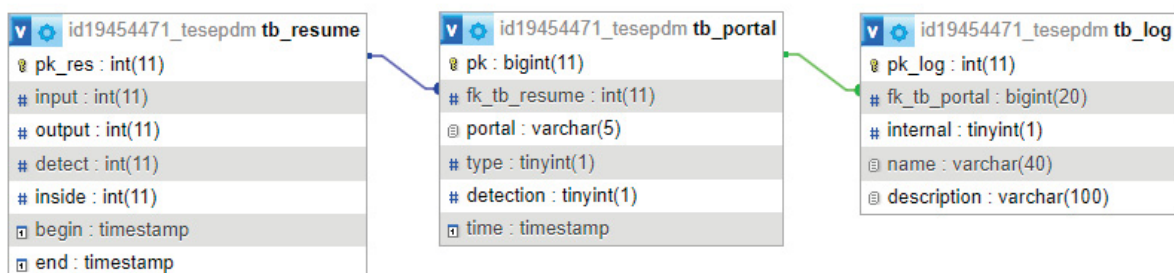
Fonte: O autor (2023).

Este diagrama descreve de forma resumida a sequência de passos desde a chegada de uma pessoa ao portal, sua passagem, possível detecção, revista pessoal e possível relato da ocorrência. Caso não haja a detecção ou caso a detecção seja ocasionada por objeto lícito, é permitida a passagem do(a) pedestre.

3.3.7.4 Diagrama de Entidade e Relacionamento

O diagrama de entidade e relacionamento tem por objetivo apresentar as tabelas criadas no banco de dados, seus respectivos atributos e tipos, assim como os relacionamentos que delimitam a organização dos dados em banco. A Figura 55 apresenta o diagrama de Entidade e Relacionamento das tabelas criadas.

Figura 55 - Diagrama de Entidade e Relacionamento.



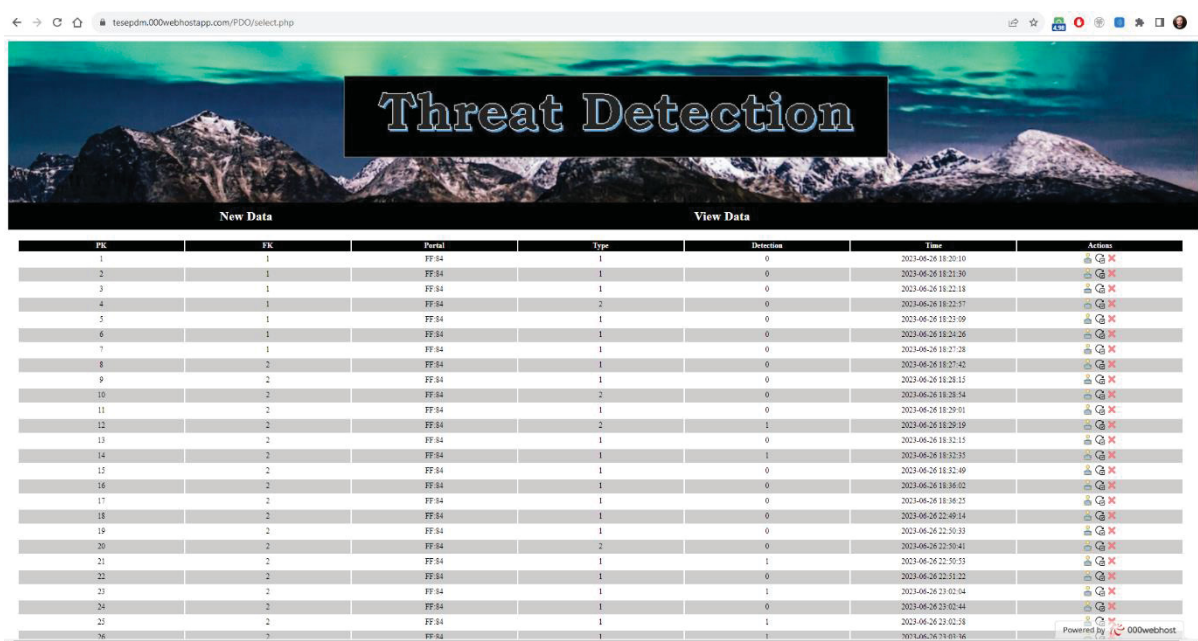
Fonte: O autor (2023).

A tabela *tb_resume* tem por objetivo armazenar um resumo das ocorrências de cada turno estabelecido no portal, contendo dados como o número de entradas do turno, o número de saídas, o número de pessoas dentro do estabelecimento, o número de detecções ocorridas no turno, entre outros. A tabela *tb_portal* armazena dados relativos a cada ocorrência de entrada/saída e as possíveis detecções, bem como a data e a hora de cada evento. Já a tabela *tb_log* possibilita o armazenamento de informações adicionais aos eventos registrados automaticamente pelo portal, permitindo o armazenamento de dados como o nome, a descrição do evento ocorrido e a informação se o evento gerado foi ocasionado por um membro interno ou externo ao estabelecimento de ensino. As três tabelas utilizadas fazem uso de relacionamentos do tipo 1..n (um-para-muitos).

3.3.8 Website e Aplicativo

No intuito de disponibilizar informações e indicadores adicionais às informações já disponibilizadas pelo próprio portal detector de metais, foram desenvolvidos um website e um aplicativo Android. Estas informações e indicadores disponíveis são obtidos através do processamento e organização dos dados coletados do portal detector de metais e armazenados no banco de dados do projeto. Através destes programas computacionais, torna-se possível tanto a visualização dos dados em sua estrutura de armazenamento original, quanto a exibição de informações organizadas em tabelas e *dashboards*. Estão disponíveis também operações do tipo *CRUD* (*Create, Read, Update e Delete*), como a inserção de novos dados (simulação), a edição de dados existentes e também a sua exclusão.

Figura 56 - Website de acesso aos dados do projeto.



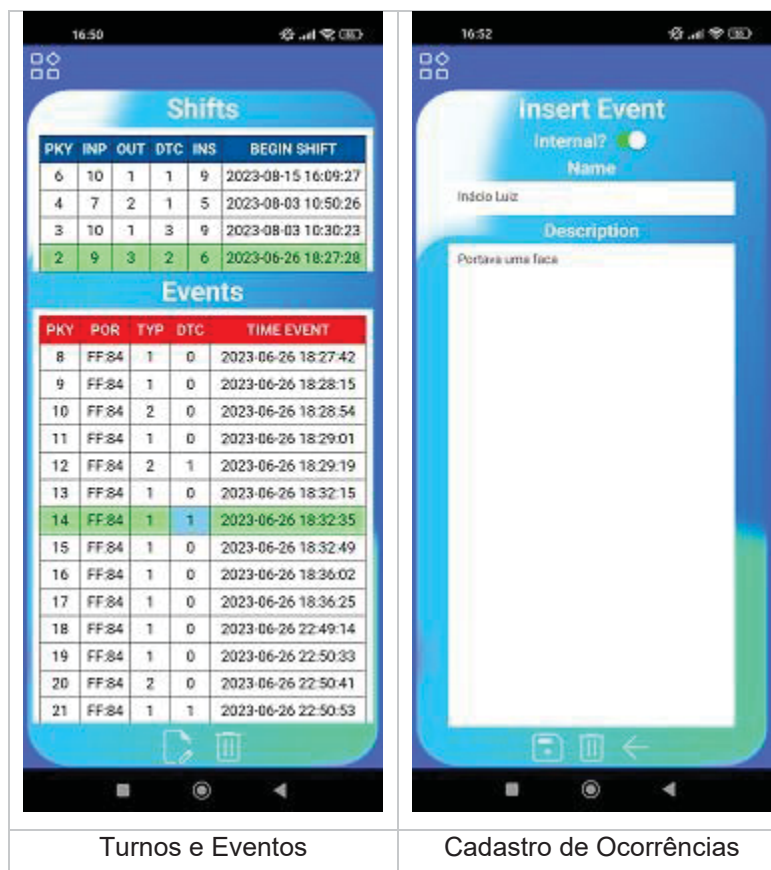
PK	FK	Portal	Type	Detection	Time	Actions
1	1	FF-84	1	0	2023-06-26 18:20:10	
2	1	FF-84	1	0	2023-06-26 18:21:36	
3	1	FF-84	1	0	2023-06-26 18:21:18	
4	1	FF-84	2	0	2023-06-26 18:21:37	
5	1	FF-84	1	0	2023-06-26 18:21:09	
6	1	FF-84	1	0	2023-06-26 18:21:26	
7	1	FF-84	1	0	2023-06-26 18:21:28	
8	2	FF-84	1	0	2023-06-26 18:21:42	
9	2	FF-84	1	0	2023-06-26 18:28:15	
10	2	FF-84	2	0	2023-06-26 18:28:54	
11	2	FF-84	1	0	2023-06-26 18:29:01	
12	2	FF-84	2	1	2023-06-26 18:29:19	
13	2	FF-84	1	0	2023-06-26 18:32:15	
14	2	FF-84	1	1	2023-06-26 18:32:33	
15	2	FF-84	1	0	2023-06-26 18:32:49	
16	2	FF-84	1	0	2023-06-26 18:36:02	
17	2	FF-84	1	0	2023-06-26 18:36:25	
18	2	FF-84	1	0	2023-06-26 22:49:14	
19	2	FF-84	1	0	2023-06-26 22:50:39	
20	2	FF-84	2	0	2023-06-26 22:50:44	
21	2	FF-84	1	1	2023-06-26 22:50:53	
22	2	FF-84	1	0	2023-06-26 22:51:22	
23	2	FF-84	1	1	2023-06-26 23:02:44	
24	2	FF-84	1	0	2023-06-26 23:02:44	
25	2	FF-84	1	1	2023-06-26 23:02:58	
26	2	FF-84	1	1	2023-06-26 23:03:56	

Fonte: O autor (2023).

A Figura 56 mostra que através do *website* é possível visualizar em tempo real os eventos ocorridos no portal detector de metais. Nesta tela são exibidos dados como os campos chave primária e estrangeira, o endereçamento do portal que enviou os dados, se o evento foi gerado por uma entrada ou saída no portal, se ocorreu ou não a detecção de metais e quando o evento foi registrado. O campo *Actions* possibilita a edição do registro corrente, a exibição em detalhes do registro selecionado, bem como sua exclusão.

Já o aplicativo Android criado teve por objetivo disponibilizar ao usuário uma forma móvel e acessível de acompanhamento e gestão de indicadores, possibilitando também as operações *CRUD* descritas anteriormente. A Figura 57 apresenta as telas de Turnos e Eventos e a de Cadastro de Ocorrências do aplicativo Android.

Figura 57 - Turnos e Eventos / Cadastro de Ocorrências.



Fonte: O autor (2023).

Na Figura 54, no campo Turnos e Eventos, a tabela *Shifts* (Turnos) apresenta um resumo das ocorrências do turno selecionado, listando: o índice do turno (PKY), o número de entradas (INP), o número de saídas (OUT), o número de detecções de metais ocorridas (DTC), o número atual de pessoas dentro do ambiente (INS) e a data e hora de início do turno. Uma vez que um dos turnos disponíveis seja selecionado, é exibida então a tabela *Events* (Eventos) correspondente, que lista de forma individualizada cada evento ocorrido no turno selecionado. Uma vez que um evento seja selecionado na tabela, surge o botão de lançamento de ocorrências que exibe a tela *Insert Event*; nesta tela é possível descrever de forma detalhada o fato ocorrido neste evento em questão, criando no sistema um histórico de ocorrências.

A tela Chart Filter, apresentada na Figura 58, tem por objetivo disponibilizar ao usuário o critério de exibição do gráfico, que pode ser através da escolha de um turno em especial (listado através da data e hora de seu início), e a escolha de um intervalo entre datas, que exibirá um resumo contendo todas as ocorrências do intervalo escolhido. A Figura 55 apresenta exemplos de gráficos (*dashboards*) do aplicativo Android.

Figura 58 - Exemplos de gráficos disponíveis.



Fonte: O autor (2023).

Os gráficos são exibidos de forma animada, e o usuário pode interagir com os campos disponíveis do gráfico (*dashboard*), que em resposta ao clique apresenta detalhes (como percentuais e valores). Estão disponíveis quatro modos de gráficos, que são o de pizza, o de barras horizontais, o de barras verticais e também o gráfico de linha. Estes gráficos podem ser combinados aos critérios de data mencionados anteriormente.

4 TESTES E CONSIDERAÇÕES

Com o desenvolvimento de testes e simulações verificou-se ser este um projeto viável e passível de implementação prática. O sistema de detecção de metais demonstrou-se capaz de detectar uma considerável variedade de metais, apresentando apenas certa dificuldade na detecção de alguns poucos tipos de metais, que nem apresentem capacidade magnética e nem sejam bons condutores de corrente elétrica. Esta limitação é uma característica de detectores do tipo *PI*.

Embora exista uma incompatibilidade nativa (devido à diferença de intervalos de operação) entre o circuito analógico *PI* Polonês e o microcontrolador *ESP32*, através do uso do amplificador operacional foi possível a integração dos dois circuitos. Esta integração possibilitou a adição de inteligência ao circuito de detecção de metais pela possibilidade de criação de regras lógicas, codificadas através do *ESP32*.

A aplicação conjunta de técnicas de normalização de sinal: como o uso de um circuito de atenuação externo ao conversor *ADC* do *ESP32*, o uso de apenas 11 dos 12 bits disponíveis e o uso de algoritmos de normalização (como o *oversampling* e *multisampling*) tornaram aceitáveis os resultados da conversão *ADC*, através da redução dos picos oriundos de ruídos no processo de conversão. A Figura 59 apresenta em azul o sinal original e em vermelho o resultado da aplicação conjunta das técnicas descritas.

Figura 59 - Resultado da aplicação de técnicas de normalização.



Fonte: O autor (2023).

A utilização de sensores de barreira possibilitou a contagem de acessos em ambos os sentidos, agregando funcionalidade adicional ao portal detector de metais e possibilitando a geração de dados para uso como indicadores. Este controle de acessos pode trazer aos gestores da instituição de ensino informações relevantes e auxiliar na tomada de decisão sobre aspectos como a evasão escolar, presença de estudantes no estabelecimento após o encerramento de atividades, picos de entrada e saída, entre outras.

O uso do atuador servo motor, um componente de uso frequente na *IoT*, possibilitou a adição ao portal detector de metais da funcionalidade de restrição de acesso de entrada ao estabelecimento, que diferentemente das portas giratórias detectoras de metais, normalmente utilizadas em bancos, não apresenta nenhum tipo de barreira à entrada de portadores de itens metálicos. Esta funcionalidade poderá auxiliar na restrição ao acesso de pessoas que estejam portando possíveis objetos de uso proibido no estabelecimento.

O desenvolvimento de uma camada servidora (*backend*) com banco de dados *online*, integrado a um microcontrolador da *IoT*, possibilitou que os dados gerados pelo portal fossem armazenados na nuvem, de modo a permitir o acesso *online* a informações de qualquer local, sendo pré-requisito apenas a disponibilidade de acesso à Internet.

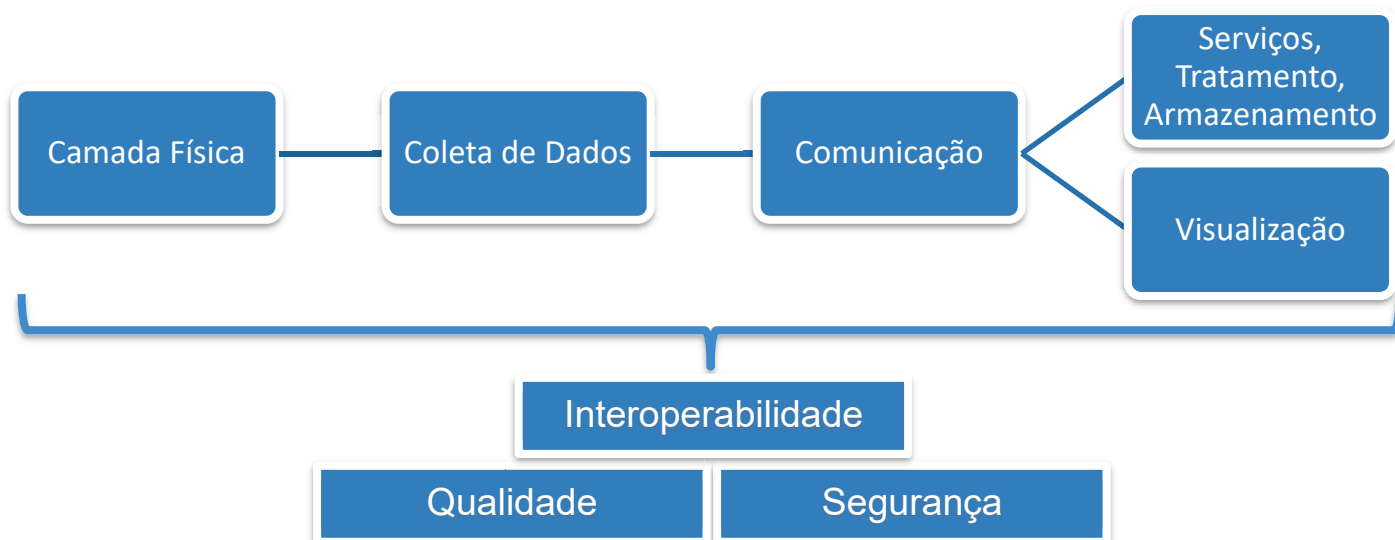
Por fim, a criação de um aplicativo para dispositivos móveis possibilita o acesso a informações relativas ao portal detector de metais em qualquer lugar, através da disponibilização de dados estatísticos por planilhas e *dashboards*, possibilitando uma visão ampla das características relativas ao fluxo de estudantes, servidores e visitantes ao estabelecimento de ensino.

4.1 VISÃO GERAL DA ARQUITETURA *IOT*

Este projeto passou pelas etapas de proposição de uma temática, verificação da literatura pertinente, análise e levantamento de requisitos e custos, avaliação das tecnologias compatíveis disponíveis, criação de um modelo de desenvolvimento implementado por prototipação, sendo então possível apresentar um panorama geral da solução integrada. Através desta visão foi possível ampliar a percepção dos passos necessários para a conclusão deste ciclo de desenvolvimento. Esta arquitetura dividiu-se em Camada Física; Camada de Coleta de Dados; Camada de Comunicação;

Camada de Serviços, Tratamento e Armazenamento e Camada de Visualização. Permeando estas camadas estão as Camadas de Segurança, Qualidade de Dados e Interoperabilidade. A Figura 60 apresenta uma visão da arquitetura proposta:

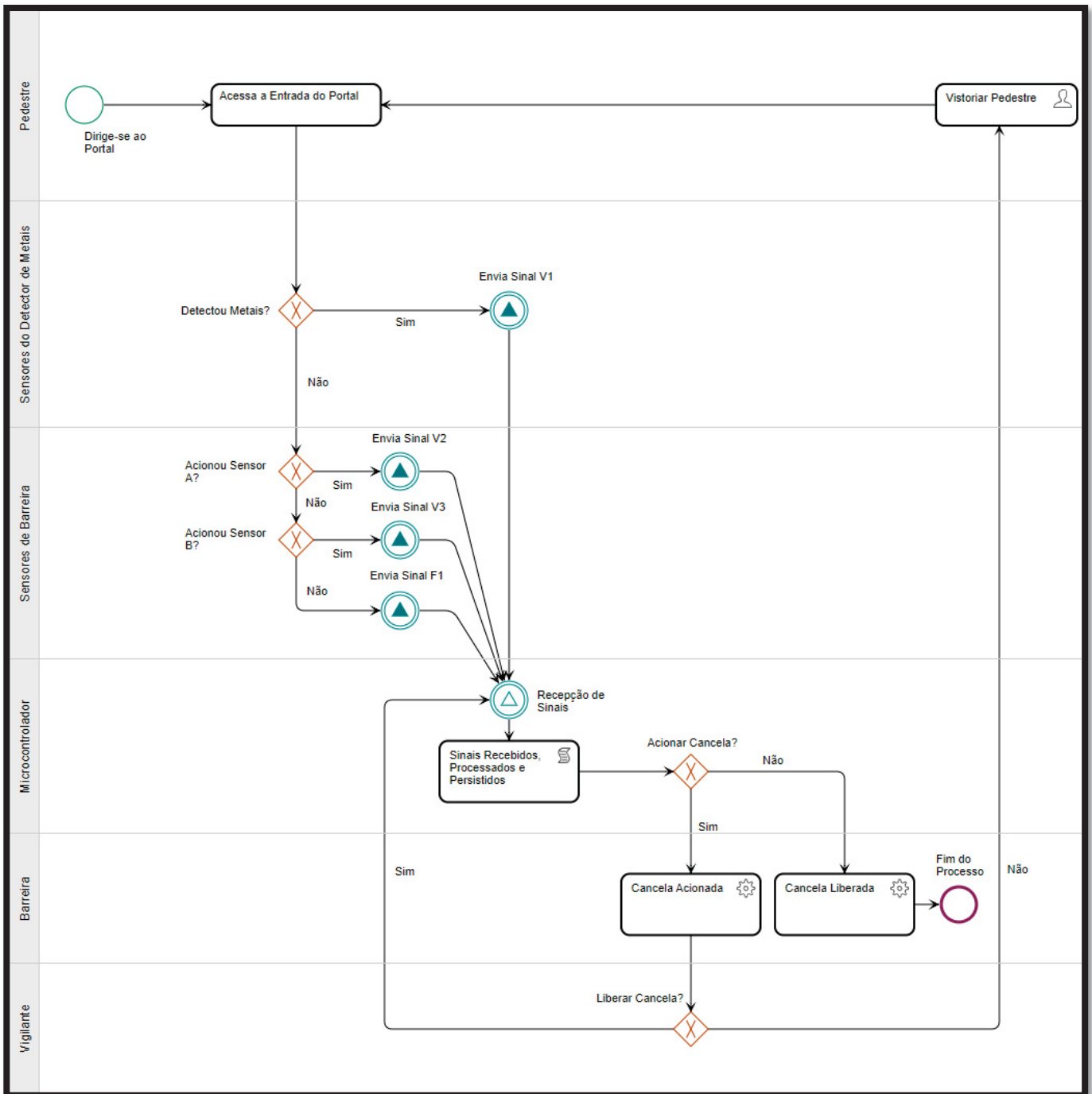
Figura 60 - Visão Geral da Arquitetura.



Fonte: O autor (2022).

A Camada Física foi composta pela estrutura física, microcontrolador, sensores e atuador. A Coleta de Dados ocorre de forma centralizada dentro do microcontrolador por meio de fios conectados aos sensores. A Comunicação pôde ocorrer de forma híbrida, através do uso de tecnologia cabeada e sem fio simultaneamente. Já a Camada de Serviços, Tratamento e Armazenamento encontra-se no backend, ou seja, no servidor de armazenamento de dados. Através da Interoperabilidade prevista no projeto é possível o uso integrado das tecnologias utilizadas em funcionamento harmônico. A Qualidade dos Dados é garantida através de recursos de validação disponíveis nos protocolos de comunicação adotados. Por fim, a Segurança dos Dados ocorrerá em diversos níveis, que vão da restrição de acesso ao microcontrolador, envio de pacotes criptografados pelo protocolo https com chave de criptografia até o uso de firewall e senhas criptografadas para o envio e obtenção de dados do servidor. Em testes a arquitetura proposta demonstrou-se estável e funcional, validando-a como um recurso apto para aplicação prática. O fluxograma de processos do modelo do portal proposto está na Figura 61.

Figura 61 - Fluxograma de Processos do Portal.



Fonte: o autor (2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa teve como objetivo inicial a verificação da viabilidade no desenvolvimento de uma solução tecnológica de custo reduzido, que fizesse uso de recursos da Internet das Coisas e que pudesse auxiliar na segurança de ambientes educacionais; **esta proposta concretizou-se através da modelagem e construção de uma arquitetura baseada em IoT de custo acessível, com capacidade de atuar como ferramenta auxiliar na construção de um ambiente escolar mais seguro através do controle sobre a entrada de objetos metálicos com potencial de agressão e um melhor controle sobre o fluxo de pessoas no ambiente escolar; além da capacidade de geração de indicadores em tempo real aos gestores do estabelecimento.**

Em adição à proposta inicial, foi possível perceber que a arquitetura pode auxiliar também no controle sobre a retirada indevida de objetos metálicos de valor do ambiente escolar, como monitores, computadores de mesa, *notebooks*, *tablets*, projetores, teclados, *mouses* e outros, uma vez que a detecção de objetos metálicos ocorre também no momento da saída de estudantes do estabelecimento de ensino. Sob a perspectiva da Gestão da Informação, este trabalho concretizou todas as etapas descritas por Chaffey e Wood (2005), partindo da geração e captura, organização, processamento, manutenção e destruição da informação.

5.1 LIMITAÇÕES

A primeira limitação da pesquisa foi o fato da maioria dos projetos de detectores de metais disponíveis no mercado serem do tipo *Pulse Induction*, fator que restringiu a detecção de metais do projeto às características específicas deste tipo de detector.

Diante da possibilidade do depósito da patente do projeto, resultante deste trabalho de tese e para evitar o vazamento desprotegido da ideia, a aplicação real de testes em ambiente estudantil foi limitada; porém, após esta etapa, os testes práticos serão executados sem maiores prejuízos.

5.2 TRABALHOS FUTUROS

Apesar das limitações, surgem também algumas oportunidades de expansão do projeto e pesquisas futuras, que serão listadas a seguir:

- Realizar um levantamento mais detalhado de custos de produção, custos de logística e suporte para o caso de comercialização do produto.
- Ampliar o número de *dashboards* do aplicativo, incluindo novas funcionalidades e um controle de níveis de acesso de usuários com gradiente de permissões.
- Adicionar ao Portal Detector de Metais a funcionalidade de reconhecimento facial ou a inclusão de módulo de *RFID* para a identificação de pedestres.
 - No caso desta implementação, poderá haver, além da presença em lista de chamada na instituição de ensino, o envio de uma mensagem automática de confirmação de presença para pais ou responsáveis, para o caso de menores de idade.
- Realizar testes com outras arquiteturas de detectores de metais, de modo a ampliar a sensibilidade a metais de difícil detecção em circuitos do tipo *PI*.
- Realizar experimentos com múltiplas bobinas indutoras, de modo a verificar a possibilidade de geração de alertas também sobre a área em que o metal foi detectado.

REFERÊNCIAS

- 000WEBHOST, **Free Web Hosting**, 2022. Disponível em: <<https://www.000webhost.com/>>, Acesso em: 22 ago. 22.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9241-171:2018**. Ergonomia da interação humano-sistema: Orientações sobre acessibilidade de software, elaborada pela Comissão de Estudo Especial de Ergonomia da Interação Humano-sistema - Requisitos e diretrizes. Rio de Janeiro. 2018.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/IEC 27701:2019**. Técnicas de segurança — Extensão da ABNT NBR ISO/IEC 27001 e ABNT NBR ISO/IEC 27002 para gestão da privacidade da informação — Requisitos e diretrizes. Rio de Janeiro. 2019.
- ABRAMOVAY, M. Programa de prevenção à violência nas escolas. Brasília: **Flacso Brasil**, 2015. p. 24.
- ABRAMOVAY, M. *et al.* Gangues, galeras, chegados e rappers. Rio de Janeiro: **Garamond**, 1999.
- ABRAMOVAY, M. *et al.* Diagnóstico participativo das violências nas escolas: falam os jovens. Rio de Janeiro: **FLACSO** Brasil, 2016. p. 97. Disponível em: http://flacso.org.br/files/2016/03/Diagnostico-participativo-dasviolencias-nas-escolas_COMPLETO_rev01.pdf. Acesso em: 3 ago. 2022.
- ABRAMOVAY, M.; CUNHA, A. L.; CALAF, P. P. Revelando tramas, descobrindo segredos: violência e convivência nas escolas. Brasília: **RITLA/SEEDF**, 2009.
- AL-QASEEMI, S. A. *et al.* IoT architecture challenges and issues: Lack of standardization. In: 2016 **Future technologies conference (FTC)**. IEEE, 2016. p. 731-738.
- AL-SARAWI, S. *et al.* Internet of Things (IoT) communication protocols. In: 2017 8th **International conference on information technology (ICIT)**. IEEE, 2017. p. 685-690.
- ALBERTIN, A. L.; M. ALBERTIN, R. M. A internet das coisas irá muito além as coisas. **GV EXECUTIVO**, v. 16, n. 2, p. 12-17, 2017.
- ALENCAR, C.; FILHO, H. B.; BORGES, S. Quatro crianças são mortas em ataque a creche com machadinha em Blumenau, **Portal UOL**, 2023. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2023/04/05/ataque-creche-blumenau-santa-catarina.htm>>. Acesso em: 18 de agosto de 2023.

ALIWARGA, H. K; SATRIATAMA, A. H; PRATAMA, B. F. A. Performance comparison of fleet management system using *IoT* node device based on MQTT and HTTP protocol. In: **AIP Conference Proceedings**. AIP Publishing LLC, 2020. p. 020009.

ÁLVAREZ-GARCÍA, D.; GARCÍA, T.; NÚÑEZ, J. C. Predictors of School Bullying Perpetration in Adolescence: A Systematic Review. **Aggression and Violent Behavior**, 23, 126-136. doi:10.1016/j. avb.2015.05.007, 2015.

AMALI, C.; GURU, K.; SRIDEVI, D. *IoT* BASED SMART LOGISTICS MANAGEMENT SYSTEM USING GPS AND GSM **International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)**, v. 11, p.3035-3041, 2020.

ANSHORI, I *et al*, Design of smartphone-controlled low-cost potentiostat for cyclic voltammetry analysis based on ESP32 microcontroller, *Sensing and Bio-Sensing Research*, Volume 36, 2022, 100490, ISSN 2214-1804, <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2022.100490>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214180422000198>>. Acesso em: 11 set. 2023.

APEOESP. **Pesquisa indica aumento de casos de violência nas escolas públicas de São Paulo**. São Paulo, 2019. Disponível em: < <http://www.apeoesp.org.br/noticias/noticias-2019/pesquisa-indica-aumento-de-casos-de-violencia-nas-escolas-publicas-de-sao-paulo/>>. Acesso em: 3 ago. 2022.

AQUINO, C; GANDEE, T. *Front-End Web Development: The Big Nerd Ranch Guide*. **Pearson Technology Group**, 2016.

ARDUINOECIA, “**Calculadora Online - Divisor de tensão com resistores**”, 2018, Disponível em: < <https://www.arduinoecia.com.br/calculador-divisor-de-tensao-function/>> Acesso em: 10 ago. 2022.

ARDUINO PRO. **Documentação Arduino: Guia Geral**. Disponível em: < <https://www.arduino.cc/pro/tutorials/portenta-h7> >. Acesso em 03 de Mai. 2021.

AWANG, Z. L.; MANSOR, M. N.; SHARIFUDDIN, N. Metal Detector via KNN for Vehicle Robot. **Applied Mathematics and Computational Intelligence** Volume 9, Dec 2020 [1-8]

AVANCINI, M. Orientações para a cobertura de massacres em escolas: Literatura nacional e internacional apresentam dados e análises que servem de referência para a produção de reportagens mais aprofundadas sobre o tema. **JEDUCA Org**, São Paulo, 18 mar. 2019. Disponível em: <http://jeduca.org.br/orientacoes>. Acesso em: 26 jul. 2022.

BANDYOPADHYAY, D; SEN, J. Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. **Wireless personal communications**, v. 58, n. 1, p. 49-69, 2011.

BAÑUELOS, E. L. *et al*. **A Systematic Review for Cognitive State-Based QoE/UX Evaluation**. **Sensors**, v. 21, n. 10, p. 3439, 2021.

BANZI, M.; SHILOH, M. Introdução ao Arduino. **Maker Media**, Inc., 2022.

BARBOZA, L. L. *et al.* VALORES ORGANIZACIONAIS COMO SUPORTE PARA A ECONOMIA CIRCULAR E A SUSTENTABILIDADE. **Revista de Administração de Empresas**, v. 62, 2022.

BARUA, T; DOSHI, R; HIRAN, K. K. Mobile Applications Development. In: Mobile Applications Development. **De Gruyter**, 2020.

BASSI, A; LANGE, S. The need for a common ground for the *IoT*: The history and reasoning behind the *IoT*-a project. In: **Enabling Things to Talk**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013. p. 13-16.

BATISTA, J. P. A.; OLIVEIRA, S. C. Node4.0: Integrando Sistemas Legados à Indústria 4.0. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 4, 2017.

BAUMAN, Z. **Modernidade líquida**. Rio de Janeiro: J. Zahar, 2001.

BERTOLINI, C. *et al.* **Linguagem de programação I**. 2019.

BICA, M. R. R. *et al.* Sistema de monitoramento de temperatura em silo de armazenamento de grãos com comunicação sem fio. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 5, 2021.

BIØRN-HANSEN, A *et al.* An empirical investigation of performance overhead in cross-platform mobile development frameworks. **Empirical Software Engineering**, v. 25, p. 2997-3040, 2020.

BONETTI, G. D. *et al.* Sistemas de informação para laboratórios científicos: uma revisão narrativa. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 4, p. e6811427163-e6811427163, 2022.

BOURDIEU, P.; PASSERON, J. A reprodução: elementos para uma teoria do sistema de ensino. 2. ed. **Petrópolis: Vozes**, 2009.

BOYES, H.; HALLAQ, B.; CUNNINGHAM, J.; WATSON, T. "The Industrial Internet of Things (*IIoT*): An Analysis Framework". **Computers in Industry**. V. 101: 1-12, 2018.

BRADLEY, J.; BARBIER, J.; HANDLER, D. Embracing the Internet of Everything to Capture your Share of \$14.4 Trillion. **Cisco White Paper**. Retrieved from <http://www.cisco.com/web/about/ac79/docs/innov/IoE_Economy.pdf>, 2013.

BRASIL, PROJETO DE LEI Nº 2.100, DE 2011, "**Dispõe sobre a obrigatoriedade do uso de sistema de vigilância eletrônica nas escolas públicas em todo território nacional**". Comissão de Educação, 2021. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=2017485#:~:text=O%20PL%20n%C2%BA%201.460%2C%20de,de%20acesso%20de%20suas%20unidades.> Acesso em: 19 ago. 22.

BREJE, A. R. *et al.* Comparative study of data sending methods for XML and JSON models. **International Journal of Advanced Computer Science and Applications**, v. 9, n. 12, 2018.

BREKELMANS & JOHANNES HUBERTUS ANTONIUS, "LC Oscillator", (Aug. 8, 2003) **U.S Patent** 7,176,766.

BROWN, B. Controlling Crime and Delinquency in the Schools: An Exploratory Study of Student Perceptions of School Security Measures. **Journal of School Violence**, 4(4), 105-125, 2005.

BRUM, A.; DA SILVA, R. L. O Massacre de Suzano e a (in) atuação dos atores da proteção integral à luz da liquidez social e suspensão da ética. **Disciplinarum Scientia | Sociais Aplicadas**, v. 17, n. 1, p. 41-59, 2021.

BRUSCHINI, C. **Metal detectors for humanitarian demining: from basic principles to modern tools and advanced developments**. EPFL-LAMI, INF-Ecublens, CH-1015 Lausanne, Switzerland 1999.

BUKALOWSKI, G.; TANAN, K. **Ex-aluno invade colégio e mata estudante a tiros em Cambé, no Paraná**, **Portal G1**, 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/2023/06/19/tiroteio-em-escola-em-cambe-pr.ghtml>>. Acesso em: 16 de agosto de 2023.

BURNS, G. Here it Comes Again, that Feeling. **Popular Music and Society**, 32, 111–112, 2009.

BUTLER, T. PHP & MySQL: Novice to Ninja. **SitePoint**, 2022.

CAROLINO, L., Leituras Da Violência Escolar Perante O Projeto Contemporâneo De Educação De Delors. **Psicologia e Saúde em debate**, v. 8, n. 1, p. 345-362, 2022.

CARRILLO, M. R. A. **Violencia escola: un problema complejo**. Ra Ximhai, 11 (4), 2015, pp. 493-509. Disponível em: <<http://www.revistas.unam.mx/index.php/rxm/article/view/71358>>. Acesso em: 04 ago. 2022.

CASIRAGHIA, B. *et al.* **O Ensino Superior num contexto sociocultural de desafios**. 2022.

CATTANI, M.; VANNUCCI, A., Correntes De Foucault: Aspectos Básicos, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, 2311, 2014.

CHAFFEY, D., e-Business & e-Commerce management, Financial Times. **Prentice Hall**, 2002.

CHAFFEY, D.; WOOD, S. Business Information Management: Improving Performance Using Information. **Pearson Education Ltd.**, Upper Saddle River, 2005.

CHARLOT, Bernard; ÉMIN, Jean-Claude (coord.). *Violences à l'école: état des savoirs*. Paris: **Armand Colin**, 1997.

CHEN, S. *et al.* A vision of *IoT*: Applications, challenges, and opportunities with china perspective. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 1, n. 4, p. 349-359, 2014.

CHEURPRAKOBKIT, S.; BARTSCH, R. A. Security Measures on School Crime in Texas Middle and High Schools, **Educational Research**, 47, 235-250, 2005.

CHOO, C. W. A organização do conhecimento: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões. 2. ed. São Paulo: **SENAC**, 2006.

CRUZ, G. **Ataque a colégio de Santa Tereza de Goiás deixa 3 alunos feridos, diz polícia**, Portal **G1**, 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/go/goias/noticia/2023/04/11/ataque-a-escola-de-santa-tereza-de-goias-deixa-feridos-diz-pm.ghtml>>. Acesso em: 21 de agosto de 2023.

CRUZ, M A. A. *et al.* A proposal for bridging application layer protocols to HTTP on *IoT* solutions. **Future Generation Computer Systems**, v. 97, p. 145-152, 2019.

ÇORAK, B. H. *et al.* Comparative analysis of *IoT* communication protocols. In: 2018 **International symposium on networks, computers and communications (ISNCC)**. IEEE, 2018. p. 1-6.

CORBYN, J. A. Pulse induction metal detector. **Wireless World**, v. 86, n. 1531, p. 40-44, 1980.

COSTANZO, S; FLORES, A. M. *IoT* Non-contact Body Temperature Measurement System Implementing Access Control for COVID-19. In: Trends and Applications in Information Systems and Technologies: Volume 4 9. **Springer International Publishing**, 2021. p. 255-264.

DAY, K. W.; LAWSON, G.; BURGE, P. "Clinicians' Experiences of Shared Trauma After the Shootings at Virginia Tech.", **Journal of Counseling and Development**, vol. 95, no. 3, 2017.

DAVENPORT, T.; PRUSAK, L. Conhecimento empresarial. Rio de Janeiro: **Campus**, 1998.

DAVIDSON, J. L. *et al.* On the magnetic polarizability tensor of US coinage. **Measurement Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 035501, 2018.

DEBARBIEUX, E.; BLAYA, C. (org.). *Violência nas escolas e políticas públicas*. Brasília, DF: **Unesco**, 2002.

DENARDIN, G. W; BARRIQUELLO, C. H. Sistemas operacionais de tempo real e sua aplicação em sistemas embarcados. **Editores Blucher**, 2019.

DIAS, R.; LAUS-GOMES, V.; DA CUNHA, C. Políticas de educação e mídia. **Brasília: Cátedra UNESCO de Juventude, Educação e Sociedade**, 2020.

DINIZ, D. B; SILVA, R. F. Interoperabilidade De Aplicações Com Soap (Simple Object Access Protocol). 2021.

DUCKETT, J. Javascript e JQuery, Desenvolvimento de Interfaces Web Interativas. 1º Edição. **Altabooks**, 2016.

EASYTREASURE, **How to make metal detector**, Disponível em: <<http://www.easytreasure.co.uk/bfo.htm>>. Acesso em: 26 jul. 2022.

ELIAS B., Airport Body Scanners: The Role of Advanced Imaging Technology in Airline Passenger Screening, **CRS Report for Congress R42750** (Washington, DC: Congressional Research Service, 2012).

ELIAS, VERAS, G. G. P. M. O. (2008). Psicologia Escolar: Abrindo Espaço para a Fala, a Escuta e o Desenvolvimento Interpessoal. **Revista da Abordagem Gestáltica**, (XIV(2), 182-189. 2008. Disponível em: <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/rag/v14n2/v14n2a05.pdf>>

ELMASRI, R. *ET AL.* **Sistemas de Banco de Dados**. 2019.

ESPRESSIF: **Esp32 Datasheet (2022)** Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf Acesso em: 26 jul. 2022.

FABIYI, E. T.; AMAH K. M.; FABIY, O. A Microcontroller Based Door Metal Detector with Dual Power Supply, Alarm and Lcd Display. **IJCSI International Journal of Computer Science Issues**, Volume 11, Issue 6, No 2, nov.2014.

FAROOQ, M. O; WHEELLOCK, I; PESCH, D. *IoT-connect: An interoperability framework for smart home communication protocols*. **IEEE Consumer Electronics Magazine**, v. 9, n. 1, p. 22-29, 2019.

FARRELL, J. Java programming. **Cengage Learning**, 2022.

FERRARI, A. B; GONÇALVES, B. S. Integração do framework de Garrett com as abordagens Lean UX e Ágil: exemplo aplicado ao desenvolvimento de um aplicativo. **e-Revista LOGO**, v. 6, p. 78-91, 2017.

FERREIRA, D. S. P.; DA SILVA, L. S., Cenário Acadêmico de Medidas de Prevenção e Intervenção à Violência Escolar. **Argumentos Pró-Educação**, v. 7, 2022.

FERREIRA, C. P. Hacking E Infiltração Policiais Em Resposta Ao Uso De Criptografia Por Organizações Criminosas. **Revista Brasileira de Ciências Policiais**, v. 12, n. 5, p. 19-48, 2021.

FERREIRA, J. V.; SANTOS, V. A.; PORTELA, C. S. Avaliação da Experiência do Usuário e da Usabilidade de Aplicativos para Prática de Exercícios Físicos: Um

Mapeamento Sistemático da Literatura. In: **Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Computação Aplicada à Saúde**. SBC, 2021. p. 13-24.

FOX, J. A., DELATEUR, M. J. Mass Shootings in America: Moving Beyond Newtown. **Homicide Studies**, 18, 125-145. doi:10.1177/1088767913510297, 2014.

G1-BA; TV SUBAÉ. Adolescente tenta atacar colegas e atear fogo em escola na Chapada Diamantina, **Portal G1**, 2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2022/09/27/adolescente-tenta-atacar-alunos-de-escola-de-morro-do-chapeu-na-ba-jovem-estava-com-arma-branca-e-produtos-inflamaveis.ghtml>>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.

G1-CE. Aluno pega arma de CAC e dispara contra três estudantes em escola pública de Sobral, no Ceará, **Portal G1**, 2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2022/10/05/aluno-atira-e-fere-tres-estudantes-em-escola-publica-de-sobral-no-ceara.ghtml>>. Acesso em: 18 de agosto de 2023.

G1-CE. Duas crianças ficam feridas após adolescente atacar escola no interior do Ceará, **Portal G1**, 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ce/ceara/cariri/noticia/2023/04/12/duas-criancas-ficam-feridas-apos-adolescente-atacar-escola-no-interior-do-ceara.ghtml>>. Acesso em: 18 de agosto de 2023.

G1-MA. Adolescente de 16 anos é apreendido após invadir escola e efetuar tiros com espingarda no Maranhão, **Portal G1**, 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ma/maranhao/noticia/2023/03/29/adolescente-de-17-anos-invade-escola-e-efetua-tiros-com-espingarda-no-ma.ghtml>>. Acesso em: 21 de agosto de 2023.

GAMA, H. S *et al.* Especificação de Requisitos para Sistemas Embarcados: Uma Revisão Sistemática da Literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 25216-25226, 2021.

GARCIA-SILVA, S.; LIMA JUNIOR, P. A educação científica das periferias urbanas: uma revisão sobre o ensino de ciências em contextos de vulnerabilidade social (1985-2018). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, p. 221-243, 2020. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2020u221243>

GARCIA-SILVA, S.; LIMA JUNIOR, P. O papel da violência escolar no desenvolvimento profissional docente. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 48, e238747, 2022. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202248238747>

GARCÍA, M.; MADRIAZA, P., Estudio cualitativo de los determinantes de la violencia escolar en Chile. **Estudios de Psicología (Natal)**, Natal, v. 11, n. 3, p. 247-256, 2006.

GARG, H; DAVE, M. Securing *IoT* devices and securely connecting the dots using rest api and middleware. In: 2019 **4th International Conference on Internet of Things: Smart Innovation and Usages (IoT-SIU)**. IEEE, 2019. p. 1-6.

GARRETT, C. L. Modern Metal Detectors, **RAM Publishing**, 2002.

GARRETT, J. J. The elements of user experience: user-centered design for the web and beyond. **Pearson Education 2ed.**, 2011.

GASTIC, B., Metal Detectors and Feeling Safe at School, **Education and Urban Society**, DOI: 10.1177/0013124510380717, SAGE, 2014.

GINSBERG, C. Violence-Related Attitudes and Behaviors of High School Students - New York City. **Morbidity and Mortality Weekly Report**, 42, 773-777, 1993.

GIORDANI, J. P.; SEFFNER, F.; DELL'AGLIO, D. D. Violência escolar: percepções de alunos e professores de uma escola pública. **Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 103-111, 2017. <https://doi.org/10.1590/2175-3539/2017/02111092>

GOKHALE, P; BHAT, O; BHAT, S. Introduction to *IOT*. **International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology**, v. 5, n. 1, p. 41-44, 2018.

GREENE, J. A. [1973] **Evidence and the Custer Enigma: A Reconstruction of Indian-Military History**. Kansas City Posse of the Westerners, Kansas City, Missouri. facilmile ed. Outbooks, Reno, Nevada, 1986.

GUAG, J.; ADDISSIE, B.; WITTERS, D. Personal medical electronic devices and walk-through metal detector security systems: assessing electromagnetic interference effects. **BioMedical Engineering OnLine**, v. 16, n. 1, p. 1-15, 2017.

GUIMARÃES, A. M. Escola e violência: relações entre vigilância, punição e depredação escolar. 1984. Dissertação (Mestrado em Educação) - **Programa de Pós-Graduação em Educação, Pontifícia Universidade Católica de Campinas**, Campinas, 1984.

GUIMARÃES, A. M. A depredação escolar e a dinâmica da violência. 1990. **Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas**, Campinas, 1990. p. 471.

HALLOWELL S. F., “**Screening People for Illicit Substances: A Survey of Current Portal Technology**” *Talanta* 54, no. 3 (May 2001): 447-458, [https://doi.org/10.1016/S0039-9140\(00\)00543-9](https://doi.org/10.1016/S0039-9140(00)00543-9)

HAMMOND, B. E. A.: The battle that turned the tide of the second World War. “The first, and most important, was a reliable portable mine detector, of which the most noted example was invented by a Polish officer, Józef Stanisław Kosacki.” **Osprey Publishing**. ISBN 9781780964539. 2012.

HARIPRIYA, A. P., *et al.* Secure-MQTT: an efficient fuzzy logic-based approach to detect DoS attack in MQTT protocol for internet of things. **EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking**, v. 2019, n. 1, p. 1-15, 2019.

HARMER, C., “**Do Metal Detectors Detect STAINLESS STEEL?**”, DetectingSchool.com, Disponível em: < <https://detectingschool.com/do-metal-detectors-detect-stainless-steel/>> Acesso em: 28 de julho de 2022.

HINDERKS, A *et al.* Applying Importance-Performance Analysis (IPA) to Interpret the Results of the User Experience Questionnaire (UEQ). **Journal of Web Engineering**, p. 243–266-243–266, 2020.

HIRSCH, T. B.; DARSIE, C., Perfis de violência em Escolas Estaduais de Santa Cruz do Sul/RS a partir do conceito de Região. **Ágora**, v. 24, n. 1, 2022.

HOSTINGER, **Hospedagem Grátis.** Disponível em < <https://www.hostinger.com.br/hospedagem-gratis> > Acesso em: 22 ago. 22.

HUSTEDT, A.; CRAIG, C., Technical Review and Optimization of Walk-Through Metal Detector Processes. In: **2018 IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security (HST)**. IEEE, 2018. p. 1-10.

INAL, Y. *et al.* Usability evaluations of mobile mental health technologies: systematic review. **Journal of medical Internet research**, v. 22, n. 1, p. e15337, 2020.

INSTRUCTABLES, **Arduino Based Pulse Induction Detector - Flip Coil By JorBi**, 2017, Disponível em: <<https://www.instructables.com/Arduino-Based-Pulse-Induction-Detector/>> Acesso em 05 mar. 2020.

INTELBRAS, **Sensor de barreira infravermelho ativo, 2022.** Disponível em <<https://www.intelbras.com/pt-br/sensor-de-barreira-infravermelho-ativo-iva-5015-digital>> Acesso em 21 ago. 2022.

JENSEN K.; JENSEN R.; NIELSEN M., (**Title: Metal Detector**, 1 December 2003). <<https://bodhi3.files.wordpress.com/2013/05/metaldetector.pdf>>. Acesso em: 26 jul. 2022

JONES, N., Top Strategic *IoT* Trends and Technologies Through 2023; **Gartner Publications: Stamford**, CT, USA, sep.2018.

JUNG, B. *et al.* Confirmation Method of Target Detection for Vehicle Mounted Metal Detector. **Journal of The Korea Society of Computer and Information**, v. 21, n. 10, p. 49-54, 2016.

KACZMARCZYK, A.; ZAJĄC, P.; ZABIEROWSKI, W. Performance Comparison of Native and Hybrid Android Mobile Applications Based on Sensor Data-Driven Applications Based on Bluetooth Low Energy (BLE) and Wi-Fi Communication Architecture. **Energies**, v. 15, n. 13, p. 4574, 2022.

KAFLE, V. P.; FUKUSHIMA, Y; HARAI, H. Internet of things standardization in ITU and prospective networking technologies. **IEEE Communications Magazine**, v. 54, n. 9, p. 43-49, 2016.

KIM, B. *et al.* Pulse-induction metal detector with time-domain bucking circuit for landmine detection. **Electronics Letters**, v. 51, n. 2, p. 159-161, 2015.

HAECKER, C. M.; SCOTT, D. D.; SEVERTS, P. Metal detection, an essential remote sensing approach for historical archaeologists. **Reviews in Colorado Archaeology**, v. 2, n. 1, p. 1-17, 2019.

JP-SP. Entenda o que se sabe sobre o ataque a escola em São Paulo, **Portal Jovem Pan**, 2023. Disponível em: < <https://jovempan.com.br/noticias/brasil/entenda-o-que-se-sabe-sobre-o-ataque-a-escola-em-sao-paulo.html>>. Acesso em: 25 de outubro de 2023.

JUNG, B.; CHANG, Y.; HAN, S. Coil Design of Pulse Induction Metal Detector. **The Journal of Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science**, v. 26, n. 4, p. 389-396, 2015.

KHALID, S. *et al.* A Novel Model for *IoT*-Based Meter Using ATmega328P Microcontroller and Google Cloud Store. In: Advances in Electromechanical Technologies. **Springer**, Singapore, 2021. p. 639-648.

KRČO, S; POKRIĆ, B; CARREZ, F. Designing *IoT* architecture (s): A European perspective. In: 2014 **IEEE world forum on internet of things (WF-IoT)**. IEEE, 2014. p. 79-84.

KUCZMARSKI, A. S. *et al.* Sensitivity of airport metal detectors to orthopaedic implants. **JBJ reviews**, v. 6, n. 7, p. e7, 2018.

LARSON, D. R.; PAULTER, N. G.; TROJE, N. F. Walk-through Metal Detector Testing and the Need to Emulate Natural Body Motion. **ASTM International**, 2018.

LEE, I., LEE, K. The Internet of Things (*IoT*): Applications, Investments, and Challenges for Enterprises, Business Horizons, **Elsevier**, 2015.

LEITE, H.; SOUZA, R.; SANTOS, P. Ataque a Tiros em Escola Deixa ao Menos 10 Mortos, Em Suzano (SP), **Correio Braziliense**, 2019. Disponível em: <<https://www.correio braziliense.com.br/app/noticia/brasil/2019/03/13/interna-brasil,742607/ataque-a-tiros-em-escola-deixa-ao-menos-10-mortos-em-suzano-sp.shtml>>. Acesso em: 12 de junho de 2019.

LIAO, D. *et al.* Design and evaluation of affective virtual reality system based on multimodal physiological signals and self-assessment manikin. **IEEE Journal of Electromagnetics, RF and Microwaves in Medicine and Biology**, v. 4, n. 3, p. 216-224, 2019.

LIMA, R., Armas na Escola: Que Fazer? **Revista Espaço Acadêmico**, No. 112, set.2010, ISSN 1519-6186.

LONGO, C. S.; MOTTA, H. A.; SECO, B. B.; SHIROMOTO, N. R.; ALTRÃO, S. S. A Violência no Ambiente Escolar: Uma Discussão da Psicologia Crítica, Vol.5(15), pp.148-164 **Interfaces da Educação**, 2015.

LOPES, A. J., Considerações Sobre o Massacre de Realengo, **Estudos de Psicanálise**, Belo Horizonte-MG, n. 37, p. 25-44, 2012.

MAESAROH, S. *et al.* Query Optimization in MySQL Database Using Index. **International Journal of Cyber and IT Service Management**, v. 2, n. 2, p. 104-110, 2022.

MAKKONEN, J. **Classification of Metallic Targets Using a Walk-Through Metal Detection Portal**. 2016.

MAMAT, N. H. *et al.* Internet of Things in Flood Warning System: An Overview on the Hardware Implementation. In: **Proceedings of the 1st International Conference on Electronics, Biomedical Engineering, and Health Informatics**. Springer, Singapore, 2021. p. 269-279.

MARIA, V. A. Embates Culturais Acerca das Escolas do Campo: Ensinar a Respeitar. **Pegada - A Revista da Geografia do Trabalho**, v. 22, n. 1, p. 218-237, 2021.

MARJANI, M. *et al.* Big IoT data analytics: architecture, opportunities, and open research challenges. **ieee access**, v. 5, p. 5247-5261, 2017.

MARK, P. **HTML5: up and running**. 2022.

MARQUES, G. **Internet of Things Sensor Data Analysis for Enhanced Living Environments: A Literature Review and a Case Study Results on Air Quality Sensing**. **Enabling AI Applications in Data Science**, p. 397-414, 2021.

MAURYA, S.; DAGAR, A.; SHARMA, L., " **International Journal of Multidisciplinary Research and Development**: Autonomous wheeled Robot Control in a coordinate system using Wireless Transmission" 2, 3 (2015) 206-212,

MCGEE, J.; PRUSAK, L. Gerenciamento estratégico da informação: aumente a competitividade e a eficiência de sua empresa utilizando a informação como uma ferramenta estratégica. 6.ed. Rio de Janeiro: **Campus**, 1994.

MEARS, D. P.; MOON, M. M.; THIELO, A. J. Columbine Revisited: Myths and Realities About the Bullying-School Shootings Connection - **Connection, Victims & Offenders**, 12:6, 939-955, Volume 12, 2017.

MEHMOOD, N. Q; CULMONE, R.; MOSTARDA, L. Modeling temporal aspects of sensor data for MongoDB NoSQL database. **Journal of Big Data**, v. 4, n. 1, p. 1-35, 2017.

MENDOZA, G. F. *et al.* Design of Learning Digital Tools Through a User Experience Design Methodology. In: **Advances in Computer, Communication and Computational Sciences**. **Springer**, Singapore, 2021. p. 755-764.

MISSORI, L. L., A Convivência Como Promotora Da Autonomia Moral: Construção De Instrumentos De Avaliação Em Escolas De Ensino Médio. **Universidade Estadual De Campinas**, 2021.

MIT APP INVENTOR. **Documentation. Helpful explanations for all of the components and blocks in App Inventor.** Disponível em: < <https://appinventor.mit.edu/explore/library> >. Acessado em 05 de Junho de 2021.

MIU, A. *et al.* **Generating interactive websocket applications in typescript.** arXiv preprint arXiv:2004.01321, 2020.

MODUGU, S. R; FARHAT, H. Implementation of the Internet of Things Application Based on Spring Boot Microservices and REST Architecture. In: **Proceedings of the Computational Methods in Systems and Software.** Springer, Cham, 2020. p. 20-31.

MORAES, W. B. Construindo aplicações com NodeJS-3a edição. **Novatec Editora**, 2021.

MOTA, P. S. C.; SAMPAIO, M. C. Os Transtornos Típicos de Cultura e a Enfermagem Transcultural: Running Amok. **Revista Portuguesa de Enfermagem de Saúde Mental**, 6, 28-35, 2011.

NATIONAL PARK SERVICE, **Famous Inventor Tried to Help Save President's Life.** [Online]. Disponível em: <https://www.nps.gov/articles/000/famous-inventor-tried-to-help-save-president-s-life.htm> 2021 Acesso em: 26 jul. 2022.

NELSON, C. V., Metal Detection and Classification Technologies, **Johns Hopkins APL Technical Digest** 25, 1, 2004.

NELSON, C. *et al.* Walk-through metal detectors for stadium security. In: **2016 IEEE Symposium on Technologies for Homeland Security (HST).** IEEE, 2016. p. 1-6.

NEXT, **Ultra High Sensitivity Metal Detector Circuit**, 2017, Disponível em: < <http://www.next.gr/sens-detectors/metal-detector-circuits/Ultra-High-Sensitivity-Metal-Detector-Circuit-l60680.html> > Acesso em 02 mar. 2022.

NODE-RED. **Documentação Oficial: Guia do usuário.** Disponível em: < <https://nodered.org/docs/user-guide/> > Acesso em 17 de ago. 2022.

NORMAN, D. A.; NIELSEN, J. Gestural interfaces: a step backward in usability. **Interactions**, v. 17, n. 5, p. 46-49, 2010.

NOVICK, V. React Native-Building Mobile Apps with JavaScript. **Packt Publishing Ltd**, 2017.

OLIVEIRA, F.; NOBRES, J.; LOPES, V. **Ataque em escolas deixa três mortos e 13 feridos em Aracruz, no ES, Portal G1**, 2022. Disponível em: < <https://g1.globo.com/es/espírito-santo/noticia/2022/11/25/ataques-em-duas-escolas-deixam-feridos-em-aracruz-norte-do-es.ghtml> >. Acesso em: 16 de agosto de 2023.

PALMERIN, S. A. Metal Detectors and X-Ray Machines at Urban Public High School Entrances: Implications and Consequences for School Administrators. 2022. Tese de Doutorado. **University of Kansas**.

PATEL, A; DEVAKI, P. Survey on NodeMCU and Raspberry pi: *IoT*. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**, v. 6, n. 4, p. 5101-5105, 2019.

PAUFERRO, G. B. A; PAIVA, S. V. F; LESSA, N. M. *IoT*: conceitos de segurança de dados e criptografia. **Cogitare**, v. 2, n. 3, p. 40-52, 2020.

PAUL, A; NALWAYA, A. React Native for Mobile Development. California: **Apress, Berkeley**, CA. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4454-8>, 2019.

PAULTER, N. G., Test Methods to Rigorously, Reproducibly, and Accurately Measure the Detection Performance of Walk-through Metal Detectors. **Journal of Testing and Evaluation**, v. 48, n. 2, p. 1694-1711, 2019.

PEREIRA, A. C. R. A mediação de conflitos como alternativa para prevenção e enfrentamento do bullying e da violência no contexto escolar. **Revista Espaço Acadêmico**, v. 22, n. 234, p. 112-123, 2022.

PERKINS, L; REDMOND, E; WILSON, J. Seven databases in seven weeks: a guide to modern databases and the NoSQL movement. **Pragmatic Bookshelf**, 2018.

PINHEIRO, J. S. *et al.* **Análise do desenvolvimento de aplicativos mobile nativos e multiplataforma**. 2020.

PIRES, P. F. *et al.* Plataformas para a internet das coisas. **Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, 2015.

PORKOLÁB, Z.; SZALAY, R. Save the Earth, Program in C++!. **SusTrainable: Promoting Sustainability as a Fundamental Driver in Software Development Training and Education**, p. 13, 2022.

PORTER, M. E. What is Strategy? **Harvard Business Review**, Boston, November/December. 1996.

POTEKAEV, A.I. *et al.* A Selective Pulse-Induction Metal Detector. **Russ Phys J** 60, 2249-2251 (2018). Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11182-018-1356-z>>.

POWERS, D. Connecting to a Database with PHP and SQL. In: **PHP 8 Solutions**. Apress, Berkeley, CA, 2022. p. 357-394.

PRESSMAN, R. S. Engenharia de Software. 9ª. ed. Rio de Janeiro: **McGraw-Hill**, 2021.

QUEIRÓS, R; PORTELA, F. Desenvolvimento Avançado para a Web: Do Front-end Ao Back-end. São Paulo: **FCA**, 2020.

R7. Autor de ataque em escola falou do crime em rede social; quem curtiu será investigado, diz secretário, **Portal R7**, 2023. Disponível em: <<https://noticias.r7.com/sao-paulo/autor-de-ataque-em-escola-falou-do-crime-em->

rede-social-quem-curtiu-sera-investigado-diz-secretario-17042023>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.

RAEMY, M. RESTful API. **mit Java Spring**. 2020.

RAFIQUE, W. *et al.* An application development framework for Internet-of-Things service orchestration. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 7, n. 5, p. 4543-4556, 2020.

RAJESWARI, S.; SUTHENDRAN, K.; RAJAKUMAR, K. A smart agricultural model by integrating *IoT*, mobile and cloud-based big data analytics. In: 2017 **international conference on intelligent computing and control (I2C2)**. IEEE, 2017. p. 1-5.

RIBEIRO, L. Massacre de Janaúba: vítimas de creche incendiada ainda esperam indenização, **Portal Correio Braziliense**, 2021. Disponível em: <<https://www.correiobraziliense.com.br/brasil/2021/10/4953581-massacre-de-janauba-vitimas-da-tragedia-ainda-esperam-indenizacao.html>>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.

Rin67630, **Fixing the non linear ADC of an ESP32**, 2022. Disponível em <<https://forum.arduino.cc/t/fixing-the-non-linear-adc-of-an-esp32/699190> > Acesso em: 21 mai. 23.

RIVERO, L; CONTE, T. A systematic mapping study on research contributions on UX evaluation technologies. In: **Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**. 2017. p. 1-10.

ROBOCORE, **Servo TowerPro MG996R Metálico**, 2022. Disponível em <<https://www.robocore.net/servo-motor/servo-towerpro-mg996r-metalico> > Acesso em: 21 ago. 22.

ROCHA, M. Aluno de 12 anos é apreendido após ataque a faca em escola de Manaus, **Portal SBTNews**, 2023. Disponível em: <https://www.sbtnews.com.br/noticia/sbt-brasil/244600-aluno-de-12-nos-e-apreendido-apos-ataque-a-faca-em-escola-de-manaus>>. Acesso em: 18 de agosto de 2023.

RODRIGUES, G., D. C., O bullying nas escolas e o horror a massacres pontuais. **Ponto-e-Vírgula: Revista de Ciências Sociais**, n. 11, 2012.

RODRIGUEZ, R. Y; JULCAPOMA, M. R. Implementation of a sensor node for monitoring physiological signals with Websocket communication and data visualization in a node.js server over the Internet. In: **2020 IEEE Engineering International Research Conference (EIRCON)**. IEEE, 2020. p. 1-4.

ROSINI, A. M.; PALMISANO, A. Administração de Sistemas de Informação e a Gestão do Conhecimento. 5ªed. **Pioneira Thomson**, 2016.

RUBÍ, J. N. S; GONDIM, P. R. L. *IoT*-based platform for environment data sharing in smart cities. **International Journal of Communication Systems**, v. 34, n. 2, p. e4515, 2021.

RUOTTI C., ALVES R., CUBAS V., *Violência na escola: um guia para pais e professores*. São Paulo: Andhep; **Imprensa Oficial do Estado de São Paulo**, 2006.

SALLES, R. E. R., **Sistemas Avançados de Detecção de Dispositivos Explosivos Improvisados: Detectores De Metais Portáteis E Cães Farejadores**. 2018.

SANTIAGO, A.; GUEDIN, G.; VASCONCELLOS, H. **Jovem com facão invade creche e deixa adultas e três crianças mortas em SC**, Portal UOL, 2021. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2021/05/04/atentado-facao-creche-mortos-saudades-sc.htm> >. Acesso em: 16 de agosto de 2023.

SCHILDKRAUT J., GROGAN K., “Are Metal Detectors Effective at Making Schools Safer?”, **Justice and Prevention Research Center**, 2019, Disponível em <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED595716.pdf>>.

SEBESTA, R. W. *Conceitos de Linguagens de Programação-11*. **Bookman Editora**, 2018.

SETZER, V. W., SILVA, F. S. C. DA. *Bancos de Dados: Aprenda o que São, Melhore seu Conhecimento, Construa os Seus*. **Blucher**, 2005.

SHEEN D. M.; MCMAKIN D. L.; HALL T. E. “Three-Dimensional Millimeter-Wave Imaging for Concealed Weapon Detection,” **IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques** **49**, no. 9 (September 2001): 1581-1592, <https://doi.org/10.1109/22.942570>

SHIN, B.; YANG, D.; JUNG, B., Signal Processing for Pulse Induction Metal Detector. **Journal of IKEEE**, v. 22, n. 3, p. 532-538, 2018.

SIDNA, J. *et al.* Analysis and evaluation of communication Protocols for IoT Applications. In: Proceedings of the 13th **International Conference on Intelligent Systems: Theories and Applications**. 2020. p. 1-6.

SILBERSCHATZ, A; SUNDARSHAN, S.; KORTH, H. F. *Sistema de banco de dados*. Ed. 7, **Elsevier Brasil**, 2020.

SILVA, M. S. *et al.* Caso de ensino: narrativa sobre a indisciplina e a violência na instituição escolar. **Educação Online**, v. 17, n. 40, p. 19-39, 2022.

SILVA, M. C. L; ALMEIDA, R. O.; ALMEIDA, S. M. N. Tecendo olhares sobre a gestão dos conflitos na escola. **Dilemas: Revista de Estudos de Conflito e Controle Social**, v. 15, p. 303-320, 2022.

SILVA, S. **Educadores enfrentam aumento de 20% na violência escolar, de acordo com estudo**, Portal Escola Educação, 2023. Disponível em: <<https://escolaeducacao.com.br/educadores-enfrentam-aumento-de-20-na-violencia-escolar-de-acordo-com-estudo/>>. Acesso em: 05 de setembro de 2023.

SILVA, S. G.; LIMA JUNIOR, P.; CARUSO, H., A violência urbana e escolar nas periferias de Brasília. **Educ. Soc., Campinas**, v. 43, e248105, 2022.

SILVA, D. R. *et al.* Latency evaluation for MQTT and WebSocket Protocols: an Industry 4.0 perspective. In: **2018 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC)**. IEEE, 2018. p. 01233-01238.

SITANGGANG, O. A. **Interface Ads1115 com Arduino para obter desempenho de 16 bits** . 2022. Tese de Doutorado. Universitas Sumatera Utara.

SONI, A; RANGA, V. API features individualizing of web services: REST and SOAP. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)** ISSN, p. 2278-3075, 2019.

SRINIVASAN, C. R. *et al.* A review on the different types of Internet of Things (*IoT*). **Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems**, v. 11, n. 1, p. 154-158, 2019.

SRUTHI, M.; KAVITHA, B. R. A survey on *IoT* platform. **International Journal of Scientific Research and Modern Education**, ISSN (online), p. 2455-5630, 2016.

STAIR R.; REYNOLDS G. Principles of Information Systems. **Cengage Learning**. 2020.

STRICKLAND, F.; OLIVEIRA, A. Tragédia em Saudades (SC): violência explode apesar do isolamento social. **Correio Braziliense [online]**, DF, 04/05/2021. Brasil. Disponível em: <<https://www.correio braziliense.com.br/brasil/2021/05/4922220-tragedia-em-saudades--sc--violencia-explode-apesar-do-isolamento-social.html>>. Acesso em: 04 ago 2022.

TAN, P. *et al.* Teaching management system with applications of RFID and *IoT* technology. **Education Sciences**, v. 8, n. 1, p. 26, 2018.

TASB, TEXAS ASSOCIATION OF SCHOOL BOARDS. **Metal Detectors in Schools, TASB Legal Services**, 2019, Disponível em: <<https://www.tasb.org/services/legal-services/tasb-school-law-esource/business/documents/metal-detectors-in-schools.pdf>>. Acesso em: 14.jun.2019.

The Federal Aviation Administration (FAA): A historical perspective, 1903-2008, Chapter 4. [Online]. Disponível em: <https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/about/history/historical_perspective/historical_perspective_ch4.pdf> Acesso em: 08.ago.2022.

THOMAZINI, D; ALBUQUERQUE, P. U. B. Sensores industriais: fundamentos e aplicações. **Saraiva Educação SA**, 2020.

TIGHTIZ, L.; YANG, H. A comprehensive review on *IoT* protocols' features in smart grid communication. **Energies**, v. 13, n. 11, p. 2762, 2020.

TIWARY, G. P.; STROULIA, E; SRIVASTAVA, A. Compression of XML and JSON API Responses. **IEEE Access**, v. 9, p. 57426-57439, 2021.

TORKAMAN, A; SEYYEDI, M. A. Analyzing *IoT* reference architecture models. **International Journal of Computer Science and Software Engineering**, v. 5, n. 8, p. 154, 2016.

TOSCHI, G. M.; CAMPOS, L. B.; CUGNASCA, C. E. Home automation networks: A survey. **Computer Standards & Interfaces**, v. 50, p. 42-54, 2017. ISSN 0920-5489.

TOUQEER, H *et al.* Smart home security: challenges, issues and solutions at different *IoT* layers. **The Journal of Supercomputing**, p. 1-37, 2021.

Transportation Security Administration (TSA), evolution timeline. [Online]. Disponível em: <https://www.tsa.gov/timeline> Acesso em: 08.ago.2022.

TUN, Z. *et al.* MongoDB on Cloud for Weather Data (Temperature and Humidity) in Sittway. In: **2020 IEEE Conference on Computer Applications (ICCA)**. IEEE, 2020. p. 1-6.

TÚLIO, S. Vídeo mostra pânico de alunos e momento em que mascarado foge após matar estudante em escola de Alexânia, **Portal G1 GO**, 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/goias/noticia/video-mostra-panico-de-alunos-e-momento-em-que-mascarado-foge-apos-matar-estudante-em-escola-de-alexania.ghtml>>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.

TV OESTE; G1 BA. Aluna cadeirante morre após ser baleada em ataque a escola no oeste da Bahia; atirador ficou ferido, **Portal G1 BA**, 2022. Disponível em: <<https://g1.globo.com/ba/bahia/noticia/2022/09/26/jovem-armado-invade-escola-e-atira-contr-estudantes-no-oeste-da-bahia.ghtml>>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.

TYSON J., “**How Metal Detectors Work**”, 23 de maio de 2001, HowStuffWorks.com, Disponível em: <<https://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/metal-detector.htm>> Acesso em: 28 de julho de 2022.

UOL SP: Jovem invade escola e esfaqueia professoras para se vingar de diretora, **Portal UOL SP**, 2022. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2022/12/15/jovem-esfaqueia-professoras-ao-entrar-em-escola-para-se-vingar-de-diretora.htm>>. Acesso em: 20 de agosto de 2023.

VASCONCELOS, I. C. O. Violência escolar: morte da escola ou fênix? **Sisyphus - Journal of Education**, 7(1), 2019, pp. 45-73. Disponível em <https://revistas.rcaap.pt/sisyphus/article/view/18224>. Acesso em : 04 ago. 2022.

WANG, V.; SALIM, F.; MOSKOVITS, P., The definitive guide to HTML5 WebSocket. New York: **Apress**, 2013.

WATANABE, G.; GURGEL, I. As marcas sociais deixadas pelas escolas em nossos professores de ciências: a questão da violência simbólica. **Revista Contexto &**

Educação, Ijuí, v. 31, n. 99, p. 116, 2017. <https://doi.org/10.21527/2179-1309.2016.99.116-148>

WU, D. *et al.* Safety evaluation of walk-through metal detectors. In: **2005 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, 2005. EMC 2005**. IEEE, 2005. p. 796-800.

ZALUAR, A. O contexto social e institucional da violência. **NUPEVI-IMS/UERJ**. Disponível em: www.ims.uerj.br/nupevi/artigos_periodicos/contexto.pdf. Acesso em: 04 ago. 2022.

ZEYMER, J. S; SILVA, C. H. O; SCHNEIDER, M. G. Comparação entre a exatidão de sensores analógicos e digitais utilizados em sistemas de termometria para armazenagem de grãos. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 4, n. 1, p. 813-819, 2021.

APÊNDICE 1: CÓDIGO FONTE ESP32

```

const char* rootCACertificate = \
"-----BEGIN CERTIFICATE-----\n" \
"MIIDrzCCApegAwIBAgIQCDvgVpBCRRrGhdWrJWZHHSjANBgkqhkiG9w0BAQUFADBh\n" \
"MQswCQYDVQQGEwJVUzEVMBMGA1UEChMMMRGlnaUNlcnQgSW5jMRkwFwYDVQQLExB3\n" \
"d3cuZGlnaWNlcnQuY29tMSAwHgYDVQQDEXdEaWdpQ2VydCBHbG9iYWwgUm9vdCBD\n" \
"QTAeFw0wNjExMTAwMDAwMDBaFw0zMTEwMTAwMDAwMDBaMGExCzAJBgNVBAYTAiVT\n" \
"MRUwEwYDVQQKEwxEaWdpQ2VydCBJbMxGTAXBgNVBAsTEHd3dy5kaWdpY2VydC5j\n" \
"b20xIDAeBgNVBAMTF0RpZ2IDZXJ0IEdsb2JhbCBSb290IENBMIIlBjANBgkqhkiG\n" \
"CSDMAZOnTjC3U/dDxGkAV53ijSLdhwZAAIEJzs4bg7/fzTtxRuLWZscFs3YnFo97\n" \
"nh6Vfe63SKMI2tavegw5BmV/SI0fvBf4q77uKNd0f3p4mVmFaG5clzJLv07A6Fp\n" \
"43C/dxC//AH2hdmoRBBYMql1GNXRor5H4idq9Joz+EkIYlvUX7Q6hL+hqkpMfT7P\n" \
"T19sdl6gSzeRntwi5m3OFBqOasv+zbMUZBfHWymeMr/y7vrTC0LUq7dBMtoM1O/4\n" \
"gdW7jVg/tRvoSSiicNoxBN33shbyTApOB6jtSj1etX+jkMOvJwIDAQABo2MwYTAO\n" \
"BgNVHQ8BAf8EBAMCAAYwDwYDVR0TAQH/BAUwAwEB/zAdBgNVHQ4EFgQUA95QNVbR\n" \
"TLtm8KPIGxvDI7I90VUwHwYDVR0jBBgwFoAUA95QNVbRRTLtm8KPIGxvDI7I90VUw\n" \
"DQYJKoZIhvcNAQEFBQADggEBAMucN6plExIK+t1EnE9SsPTfgrT1eXkloyQY/Esr\n" \
"06O/nVsJ8dWO41P0jmP6P6ftGbfYmbW0W5Bjflttep3Sp+dWOIrWcBAI+0tKIJF\n" \
"PnlUKiaY4IBlqDfv8NZ5YBberOgOzW6sRBC4L0na4UU+Krk2U886UAb3LujEV0ls\n" \
"YSEY1QSteDwsOoBrp+uvFRTp2InBuThs4pFsv9kuXclVzDAGySj4dzp30d8tbQk\n" \
"CAUw7C29C79Fv1C5qfPrmAESrcilxpg0X40KPMbp1ZWVbd4=\n" \
"-----END CERTIFICATE-----";

const char* ssid = "*****";
const char* password = "*****";
const char* serverName =
"https://tesepdm.000webhostapp.com/PDO/Controllers/ControllerInsert.php";
const char* serverNameGet =
"https://tesepdm.000webhostapp.com/PDO/Controllers/ControllerGetResume.php";
char* wfSts = "";
char* jsonStr = "";
char portalId[6] = ""; // PortalId (Last 4 chars of MAC Address)
unsigned long buffer[SAMPLING] = {0}, lastTime = 0, lastTime2 = 0;
int countR = 0, sFiltered = 0, sAvg = 0, sumAvg = 0, timeDelay = 3000, count[4] = {0, 0, 0, 0},
resume[5] = {0, 0, 0, 0, 0}, sRef = 0, svSts = 0;
boolean detect = false, flag = false, confChd = false, locked = false, personIns = false, timer = false,
flagDisp = false, flagGet = true, flagPost = true;
boolean bar1Stt = false, bar2Stt = false, unlkStt = false, setStt = false, upStt = false, downStt = false,
btnConfStt = false, varAuto = false;

```

```

byte man[8] = {0b01110, 0b01010, 0b00100, 0b01110, 0b10101, 0b00100, 0b01110, 0b10001};
byte lock[8] = {0b01110, 0b10001, 0b10001, 0b11111, 0b11011, 0b11011, 0b11111, 0b00000};
byte checking[8] = {0b00000, 0b00001, 0b00011, 0b10110, 0b11100, 0b01000, 0b00000, 0b00000};
byte clicks[2] = {0, 0}, countRst = 0;

```

```

void setup() {
  xTaskCreatePinnedToCore(
    loop0,
    "task0",
    10000,
    NULL,
    1,
    &task0,
    0);
  EEPROM.begin(16);
  sRef = EEPROM.readInt(0);
  varAuto = ((EEPROM.readInt(8) == -1) ? false : EEPROM.readInt(8));
  if(sRef <= 0){
    EEPROM.writeInt(0, 3000);
    EEPROM.commit();
    sRef = 3000;
  }
  WiFi.mode(WIFI_STA);
  wiFiMulti.addAP(ssid, password);
  WiFi.macAddress().substring(12).toCharArray(portalId, 6);
  pinMode(14, OUTPUT); pinMode(26, OUTPUT); pinMode(27, OUTPUT); //RGB
  pinMode(12, OUTPUT);
  lcd.init(); if(digitalRead(23) == HIGH) restartLcd();
  btnSet.setDebounceTime(DEBOUNCE_TIME); up.setDebounceTime(DEBOUNCE_TIME);
  down.setDebounceTime(DEBOUNCE_TIME);
  bar1.setDebounceTime(DEBOUNCE_TIME); bar2.setDebounceTime(DEBOUNCE_TIME);
  unlk.setDebounceTime(DEBOUNCE_TIME); btnConf.setDebounceTime(DEBOUNCE_TIME);
  servo.setPeriodHertz(50);
  servo.attach(25, 500, 2400);
  servo.write(5);
  lastTime = millis(); timer = true;
}

```



```

void loop0(void * pvParameters) {
  byte countAvg;
  int minim = 4000;
  for(;;){
    bar1.loop(); bar2.loop(); btnSet.loop(); unlk.loop(); up.loop(); down.loop(); btnConf.loop();
    bar1Stt = bar1.isPressed(); bar2Stt = bar2.isPressed(); setStt = btnSet.isPressed(); unlkStt =
unlk.isPressed(); upStt = up.isReleased(); downStt = down.isReleased(); btnConfStt =
(btnConf.getState() == LOW);
    sFiltered = getAvg(analogRead(33));
    if(countAvg++ < 5) sumAvg += sFiltered;
    else{sAvg = (sumAvg / 5); countAvg = sumAvg = 0;}
    if(sAvg < minim) minim = sAvg;
    if(sAvg < sRef && !locked){lastTime = millis(); detect = flag = timer = true;} //Metal Detected
    if(flag && !flagGet){digitalWrite(14, HIGH); flag = false;} //detect==true -> Metal detected (RED)
    if(btnConfStt){
      if(!flagDisp){lcd.backlight(); lcd.clear();} printLcdConf(); flagDisp = true;
      if(upStt && downStt){varAuto = !varAuto; confChd = true;}
      else{
        if(upStt){sRef += 10; confChd = true;}
        if(downStt){sRef -= 10; confChd = true;}}
    }else{if(flagDisp){restartLcd(); lcd.noBacklight(); flagDisp = false;}}
    if(setStt){
      if(confChd){EEPROM.writeInt(0, sRef); EEPROM.writeInt(8, varAuto); EEPROM.commit();
confChd = false; digitalWrite(26, HIGH); lastTime = millis(); timer = true;}
      else if(countRst == 6) {memset(count, 0, sizeof(count)); restartLcd(); countRst=0;} else
countRst++;} //Sum countRst+1 till = 7, then clear all positions
    if(varAuto)
      if(millis() - lastTime2 >= 15000){
        if(!bar1Stt && !bar2Stt) sRef = (minim - 10);
        countRst = 0; minim = 4000;
        lastTime2 = millis();
      }
  }
}
}

```

```

void loop(){
  switch(locked){
    case false:
      if(bar1Stt || bar2Stt){
        personIns = true;
        checkStatus(bar1Stt);}
      if(detect && (personIns)){inc(2); lockBarrier();}
      break;
    case true:
      if(unlkStt || setStt) unlockBarrier();}
  if(wiFiMulti.run() == WL_CONNECTED) wfSts = "OK"; else wfSts = "ER";
  if(flagGet)
    if(wiFiMulti.run() == WL_CONNECTED){
      flagGet = false;
      get();}
  if(countRst == 4) post(0, 0, 1);
  if(timer)
    if(millis() - lastTime >= timeDelay){
      timer = false;
      if(!locked){
        detect = false;
        countRst = 0;
        digitalWrite(14, LOW); digitalWrite(26, LOW); digitalWrite(27, LOW);}
      else digitalWrite(12, LOW);}
}

```

```

unsigned long getAvg(int raw){//Analog Reading Filter
  unsigned long Sum = 0;
  buffer[countR++] = raw;
  if(countR == SAMPLING) countR = 0;
  for(int i=0; i < SAMPLING; i++) Sum += buffer[i];
  return (Sum / SAMPLING);
}

```

```

void checkStatus(boolean f){
  if(clicks[0] == 0){ //First Position
    clicks[0] = ((f) ? 1 : 2);
    digitalWrite(27, HIGH); //Blue Led
    lcd.backlight();
  }else{ //Second Position

```

```

    personIns = false;
    digitalWrite(27, LOW);
    if(!locked){digitalWrite(26, HIGH); lastTime = millis(); timer = true;}
    clicks[1] = ((f ? 1 : 2);
    if(clicks[0] == 1 && clicks[1] == 2) inc(0); else if(clicks[0] == 2 && clicks[1] == 1) inc(1);
    clicks[0] = clicks[1] = 0;
    lcd.noBacklight();
  }
}

void inc(byte i){ //0:In; 1:Out; 2:Detect
  count[i]++;
  count[3] = count[0] - count[1];
  if(!btnConfStt) printLcd();
  if(flagPost) if(i != 2) post(i + 1, 0, 0); else post(clicks[0], 1, 0);
}

void get(){
  static int countTry;
  String jsonStr = ""; //Jason Get
  WiFiClientSecure *client = new WiFiClientSecure;
  if(client){
    client -> setCACert(rootCACertificate);
    /* Add a scoping block for HTTPClient https to make sure it is destroyed before WiFiClientSecure
    *client is deleted
    HTTPClient https;
    if (https.begin(*client, serverNameGet)) {
      svSts = https.GET();
      flagGet = ((svSts < 0) && (countTry++ < 10));
      flagPost = (countTry < 11);
      if(flagGet) digitalWrite(27, HIGH); else digitalWrite(26, HIGH);
      lastTime = millis(); timer = true;
      jsonStr = https.getString();
      https.end();
    }
  }
  delete client;
  DynamicJsonDocument doc(2048);
  deserializeJson(doc, jsonStr);
  if(String(doc["end"].as<const char*>()) == "0000-00-00 00:00:00"){

```

```

    count[0] = doc["input"].as<int>();
    count[1] = doc["output"].as<int>();
    count[2] = doc["detect"].as<int>();
    count[3] = doc["inside"].as<int>();
    printLcd();
}
}
}

```

```

void post(byte type, byte detection, byte end){
    WiFiClientSecure *client = new WiFiClientSecure;
    if(client){
        client -> setCACert(rootCACertificate);
        // Add a scoping block for HTTPClient https to make sure it is destroyed before WiFiClientSecure
        *client is deleted
        HTTPClient https;
        if (https.begin(*client, serverName)) {
            https.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
            svSts = https.POST("action=Insert&pk=0&fk_tb_resume=0&portal=" + String(portalId) + "&type="
+ String(type) + "&detection=" + String(detection) + "&pk_res=0" + "&input=" + String(count[0]) +
"&output=" + String(count[1]) + "&detect=" + String(count[2]) + "&inside=" + String(count[3]) +
"&begin=0" + "&end=" + String(end));
            https.end();
        }
    }
    delete client;
}
}

```

```

void restartLcd(){
    lcd.clear(); printLcdBase(); printLcd();
}

```

```

void printLcdBase(){
    lcd.createChar(0, man);
    lcd.createChar(1, lock);
    lcd.createChar(2, checking);
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.write(0);
    lcd.print("E:");
}

```

```

lcd.setCursor(8, 0);
lcd.write(0);
lcd.print("S:");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.write(1);
lcd.print("D:");
lcd.setCursor(8, 1);
lcd.write(2);
lcd.print("P:");
}

```

```

void printLcd(){
  const char* tempSpc = "  ";
  for(int i=0, k=3; i<2; i++, k+=8)
    for(int j=0; j<2; j++){
      lcd.setCursor(k, j);
      lcd.print(tempSpc);
    }
  lcd.setCursor(3, 0);
  lcd.print(count[0]);
  lcd.setCursor(11, 0);
  lcd.print(count[1]);
  lcd.setCursor(3, 1);
  lcd.print(count[2]);
  lcd.setCursor(11, 1);
  lcd.print(count[3]);
}

```

```

void printLcdConf(){
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("SN:");
  lcd.setCursor(3, 0);
  lcd.print(sAvg);
  lcd.setCursor(8, 0);
  lcd.print("WS:");
  lcd.setCursor(11, 0);
  lcd.print(wfSts);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("TD:");
  lcd.setCursor(3, 1);
}

```

```
lcd.print(sRef);  
lcd.setCursor(7, 1);  
if(varAuto) lcd.print("*"); else lcd.print(" ");  
lcd.setCursor(8, 1);  
lcd.print("SS:");  
lcd.setCursor(11, 1);  
lcd.print(svSts);  
}
```

```
void lockBarrier(){  
  personIns = false;  
  lastTime = millis();  
  timer = true;  
  digitalWrite(12, HIGH);  
  digitalWrite(14, HIGH);  
  locked = true; clicks[0] = clicks[1] = 0;  
  servo.write(95);  
}
```

```
void unlockBarrier(){  
  digitalWrite(14, LOW); digitalWrite(26, LOW); digitalWrite(27, LOW);  
  locked = detect = flag = false;  
  lcd.noBacklight();  
  servo.write(5); // tell servo to go to position 5  
}
```

APÊNDICE 2: CÓDIGO FONTE PRINCIPAL - SERVIDOR

```

<?php
abstract class ClassConnection{
    protected function connectDB(){
        try{
            $conn = new PDO("mysql:host=localhost;dbname=id19454471_teseadm",
"\"id19454471_mrs\", \"*****\");
            return $conn;
        }catch (PDOException $erro){
            return $erro->getMessage();
        }
    }
}
?>

```

```

<?php
include("{$_SERVER['DOCUMENT_ROOT']}/PDO/Class/ClassConnection.php");
class ClassCrud extends ClassConnection{
    private $crud;
    private $counter;
    #private $lastId = 1;

    private function preparedStatements($query, $parameters){
        # $this->lastId = ClassCrud::preparedStatements($query, $parameters);
        $this->countParameters($parameters);
        $this->crud=$this->connectDB()->prepare($query);
        if($this->counter > 0){
            for($i=1; $i <= $this->counter; $i++){
                $this->crud->bindValue($i, $parameters[$i-1]);
            }
        }
        $this->crud->execute();
        # $this->lastId = $this->connectDB()->lastInsertId();
    }

    private function countParameters($parameters){
        $this->counter=count($parameters);
    }
}

```



```

public function insertDB($stab, $cond, $param){
    $this->preparedStatements("insert into {$stab} values ({$cond})", $param);
    return $this->crud;
}

public function selectDB($fields, $table, $condition, $param){
    $this->preparedStatements("select {$fields} from {$table} {$condition}", $param);
    return $this->crud;
}

public function deleteDB($table, $condition, $param){
    $this->preparedStatements("delete from {$table} where {$condition}", $param);
    return $this->crud;
}

public function updateDB($table, $set, $condition, $param){
    $this->preparedStatements("update {$table} set {$set} where {$condition}", $param);
    return $this->crud;
}

public function getLastId(){
    return $this->lastId;
}
}
?>

<?php
include("../Class/ClassCrud.php");
$crud = new ClassCrud();
$tmp = "";
$bFetch=$crud->selectDB(
    "pk_res, input, output, detect, inside, begin",
    "tb_resume ORDER BY pk_res DESC",
    "",
    array()
);
while($fetch=$bFetch->fetch(PDO::FETCH_ASSOC)){
    $tmp = $tmp. $fetch['pk_res']. ", " . $fetch['input']. ", " . $fetch['output']. ", " . $fetch['detect']. ", " .
    $fetch['inside']. ", " . $fetch['begin']. "\n";
}

```

```

    echo $tmp;
?>

<?php
include("../Class/ClassCrud.php");
$crud = new ClassCrud();
$bFetch=$crud->selectDB(
    "input, output, detect, inside, end",
    "tb_resume ORDER BY pk_res DESC LIMIT 1",
    "",
    array()
);
$fetch=$bFetch->fetch(PDO::FETCH_ASSOC);
#echo ($fetch["input"] .",". $fetch["output"].",". $fetch["detect"] .",". $fetch["inside"]);
echo json_encode($fetch);
?>

<?php
include("../Includes/Variables.php");
include("../Class/ClassCrud.php");
$crud=new ClassCrud();
date_default_timezone_set('America/Sao_Paulo');
$timestamp = time();
$date = date('Y-m-d H:i:s', $timestamp);
if($action=='Insert'){
    $bFetch=$crud->selectDB(
        "pk_res, begin, end",
        "tb_resume ORDER BY pk_res DESC LIMIT 1",
        "",
        array()
    );
    $fetch=$bFetch->fetch(PDO::FETCH_ASSOC);
    $old_pk_res=$fetch['pk_res'];
    $old_begin=$fetch['begin'];
    $old_end=$fetch['end'];
    if($end == 0){
        $crud->insertDB(
            "tb_portal",
            "?,?,?,?,?",
            array(

```

```

    $pk,
    $old_pk_res,
    $portal,
    $type,
    $detection,
    $date
  )
);
}
if($old_end == '0000-00-00 00:00:00'){
  if($end=='1'){
    $old_end = $date;
    $crud->updateDB(
      "tb_resume",
      "end=?",
      "pk_res=?",
      array(
        $old_end,
        $old_pk_res
      )
    );
  }else{
    $crud->updateDB(
      "tb_resume",
      "input=?,output=?,detect=?,inside=?,end=?",
      "pk_res=?",
      array(
        $input,
        $output,
        $detect,
        $inside,
        $old_end,
        $old_pk_res
      )
    );
  }
}else{
  $old_end = '0000-00-00 00:00:00';
  $crud->insertDB(
    "tb_resume",

```

```

        "?,?,?,?,?,?",
        array(
            $pk_res,
            $input,
            $output,
            $detect,
            $inside,
            $date,
            $old_end
        )
    );
}
echo '<script>alert("Data Saved Sucessfully!")</script>';
}else{
    $crud->updateDB(
        "tb_portal",
        "type=?,detection=?",
        "pk=?",
        array(
            $type,
            $detection,
            $pk
        )
    );
    echo '<script>alert("Data Updated Sucessfully!")</script>';
    #echo "Data Updated Sucessfully!";
}
?>

<?php
include("../Class/ClassCrud.php");
$crud = new ClassCrud();
$begin=filter_input(INPUT_GET, 'begin', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
$bFetch=$crud->selectDB(
    "input, output, detect, inside",
    "tb_resume",
    "where begin=?",
    array($begin)
);
$fetch=$bFetch->fetch(PDO::FETCH_ASSOC);

```

```
        echo json_encode($fetch);
    ?>

<?php
include("../Class/ClassCrud.php");

$crud=new ClassCrud();
$pk=filter_input(INPUT_GET, 'pk', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);

$crud->deleteDB(
    "tb_portal",
    "pk=?",
    array(
        $pk
    )
);
echo '<script>alert("Data Deleted Sucessfully!")</script>';
#echo "Data Deleted Sucessfully!";
?>

<?php
include("../Class/ClassCrud.php");

$crud=new ClassCrud();
$pk=filter_input(INPUT_GET, 'pk', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);

$crud->deleteDB(
    "tb_portal",
    "pk=?",
    array(
        $pk
    )
);
#echo '<script>alert("Data Deleted Sucessfully!")</script>';
#echo "Data Deleted Sucessfully!";
?>

<?php
include("../Class/ClassCrud.php");
```

```

$crud=new ClassCrud();
$pk_res=filter_input(INPUT_GET, 'pk_res', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);

$crud->deleteDB(
    "tb_resume",
    "pk_res=?",
    array(
        $pk_res
    )
);
#echo '<script>alert("Data Deleted Sucessfully!")</script>';
#echo "Data Deleted Sucessfully!";
?>

<?php
include("../Class/ClassCrud.php");
$crud = new ClassCrud();
$begin=filter_input(INPUT_GET, 'begin', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
$bFetch=$crud->selectDB(
    "input, output, detect, inside",
    "tb_resume",
    "where begin=?",
    array($begin)
);
$fetch=$bFetch->fetch(PDO::FETCH_ASSOC);
echo json_encode($fetch);
?>

<?php
if(isset($_POST['action'])){
    $action=filter_input(INPUT_POST, 'action', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['action'])){
    $action=filter_input(INPUT_GET, 'action', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $action="";
}

if(isset($_POST['pk'])){
    $pk=filter_input(INPUT_POST, 'pk', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['pk'])){

```

```
    $pk=filter_input(INPUT_GET, 'pk', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $pk=0;
}

if(isset($_POST['fk_tb_resume'])){
    $fk_tb_resume=filter_input(INPUT_POST, 'fk_tb_resume',
FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['fk_tb_resume'])){
    $fk_tb_resume=filter_input(INPUT_GET, 'fk_tb_resume',
FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $fk_tb_resume=0;
}

if(isset($_POST['portal'])){
    $portal=filter_input(INPUT_POST, 'portal', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['portal'])){
    $portal=filter_input(INPUT_GET, 'portal', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $portal="";
}

if(isset($_POST['type'])){
    $type=filter_input(INPUT_POST, 'type', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['type'])){
    $type=filter_input(INPUT_GET, 'type', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $type="";
}

if(isset($_POST['detection'])){
    $detection=filter_input(INPUT_POST, 'detection', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['detection'])){
    $detection=filter_input(INPUT_GET, 'detection', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $detection="";
}

if(isset($_POST['time'])){
```



```
    $time=filter_input(INPUT_POST, 'time', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['time'])){
    $time=filter_input(INPUT_GET, 'time', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $time="";
}

if(isset($_POST['pk_res'])){
    $pk_res=filter_input(INPUT_POST, 'pk_res', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['pk_res'])){
    $pk_res=filter_input(INPUT_GET, 'pk_res', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $pk_res="";
}

if(isset($_POST['input'])){
    $input=filter_input(INPUT_POST, 'input', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['input'])){
    $input=filter_input(INPUT_GET, 'input', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $input="";
}

if(isset($_POST['output'])){
    $output=filter_input(INPUT_POST, 'output', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['output'])){
    $output=filter_input(INPUT_GET, 'output', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $output="";
}

if(isset($_POST['detect'])){
    $detect=filter_input(INPUT_POST, 'detect', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['detect'])){
    $detect=filter_input(INPUT_GET, 'detect', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $detect="";
}

if(isset($_POST['inside'])){
```

```
    $inside=filter_input(INPUT_POST, 'inside', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['inside'])){
    $inside=filter_input(INPUT_GET, 'inside', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $inside="";
}

if(isset($_POST['begin'])){
    $begin=filter_input(INPUT_POST, 'begin', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['begin'])){
    $begin=filter_input(INPUT_GET, 'begin', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $begin="";
}

if(isset($_POST['end'])){
    $end=filter_input(INPUT_POST, 'end', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['end'])){
    $end=filter_input(INPUT_GET, 'end', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $end="";
}

if(isset($_POST['date'])){
    $date=filter_input(INPUT_POST, 'date', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['date'])){
    $date=filter_input(INPUT_GET, 'date', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $date="";
}

if(isset($_POST['place'])){
    $place=filter_input(INPUT_POST, 'place', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['place'])){
    $place=filter_input(INPUT_GET, 'place', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $place="";
}
```

```
if(isset($_POST['pk_log'])){
    $pk_log=filter_input(INPUT_POST, 'pk_log', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['pk_log'])){
    $pk_log=filter_input(INPUT_GET, 'pk_log', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $pk_log="";
}

if(isset($_POST['fk_tb_portal'])){
    $fk_tb_portal=filter_input(INPUT_POST, 'fk_tb_portal', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['fk_tb_portal'])){
    $fk_tb_portal=filter_input(INPUT_GET, 'fk_tb_portal', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $fk_tb_portal="";
}

if(isset($_POST['internal'])){
    $internal=filter_input(INPUT_POST, 'internal', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['internal'])){
    $internal=filter_input(INPUT_GET, 'internal', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $internal="";
}

if(isset($_POST['name'])){
    $name=filter_input(INPUT_POST, 'name', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['name'])){
    $name=filter_input(INPUT_GET, 'name', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $name="";
}

if(isset($_POST['description'])){
    $description=filter_input(INPUT_POST, 'description', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}elseif(isset($_GET['description'])){
    $description=filter_input(INPUT_GET, 'description', FILTER_SANITIZE_SPECIAL_CHARS);
}else{
    $description="";
}
?>
```

APÊNDICE 3: SCRIPT DO BANCO DE DADOS SERVIDOR

```

-- phpMyAdmin SQL Dump
-- version 5.2.1
-- https://www.phpmyadmin.net/
--
-- Host: localhost:3306
-- Tempo de gera o: 08/08/2023  s 13:28
-- Vers o do servidor: 10.5.20-MariaDB
-- Vers o do PHP: 7.3.33

SET SQL_MODE = "NO_AUTO_VALUE_ON_ZERO";
START TRANSACTION;
SET time_zone = "+00:00";

/*!40101 SET @OLD_CHARACTER_SET_CLIENT=@@CHARACTER_SET_CLIENT */;
/*!40101 SET @OLD_CHARACTER_SET_RESULTS=@@CHARACTER_SET_RESULTS */;
/*!40101 SET @OLD_COLLATION_CONNECTION=@@COLLATION_CONNECTION */;
/*!40101 SET NAMES utf8mb4 */;

--
-- Banco de dados: `id19454471_teseqdm`
--

-----

--
-- Estrutura para tabela `tb_log`
--

CREATE TABLE `tb_log` (
  `pk_log` int(11) NOT NULL,
  `fk_tb_portal` bigint(20) NOT NULL,
  `internal` tinyint(1) NOT NULL,
  `name` varchar(40) NOT NULL,
  `description` varchar(100) NOT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_general_ci;

--
-- Despejando dados para a tabela `tb_log`
--

INSERT INTO `tb_log` (`pk_log`, `fk_tb_portal`, `internal`, `name`,
`description`) VALUES
(1, 12, 1, 'Marcio Rodrigo Santos', 'Saiu portando um tablet do
campus '),
(2, 14, 1, 'Lucas Pereira', 'Portava um lan a chamas '),
(3, 21, 1, 'Maria saiu com uma geladeira', 'Portava uma faca'),
(4, 23, 0, 'Felipe', 'Portava uma bomba'),
(5, 12, 1, 'Daniel', 'Saiu portando um tablet do campus '),
(6, 25, 1, 'Teste', 'Teste'),
(7, 13, 1, 'Jonas', ' Bomba'),
(8, 12, 1, 'Carlos Roberto', 'Saiu portando um tablet do campus '),
(9, 68, 1, 'Leonel', 'Levou canivete'),

```

```
(10, 28, 1, 'Estevam', 'Portava um canivete'),
(11, 34, 1, 'Teste', 'Teste'),
(12, 62, 1, ' ', ' '),
(13, 70, 1, 'Teste', 'ABCD '),
(14, 15, 1, 'Teste', 'Teste'),
(15, 85, 1, 'Rrr', 'St'),
(16, 86, 1, 'Gg', 'High'),
(17, 84, 1, ' ', ' '),
(18, 77, 1, 'x', 'y'),
(19, 16, 1, 'abc', 'def'),
(20, 18, 1, 'Teste final', 'show'),
(21, 8, 1, 'Agora tem', 'Mais um Teste'),
(22, 17, 1, 'Pamela', 'Anderson'),
(23, 19, 1, 'John', 'Jones'),
(24, 29, 1, 'https://ai2.appinventor.mit.edu/b/1wws9', 'papaya '),
(25, 71, 1, 'Teste final', 'aprovado');
```

```
-----
```

```
--
-- Estrutura para tabela `tb_portal`
--
```

```
CREATE TABLE `tb_portal` (
  `pk` bigint(11) NOT NULL,
  `fk_tb_resume` int(11) NOT NULL,
  `portal` varchar(5) NOT NULL,
  `type` tinyint(1) NOT NULL,
  `detection` tinyint(1) NOT NULL,
  `time` timestamp NULL DEFAULT NULL
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_general_ci
COMMENT='Table for WTMD data';
```

```
--
-- Despejando dados para a tabela `tb_portal`
--
```

```
INSERT INTO `tb_portal` (`pk`, `fk_tb_resume`, `portal`, `type`,
`detection`, `time`) VALUES
(1, 1, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:20:10'),
(2, 1, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:21:30'),
(3, 1, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:22:18'),
(4, 1, 'FF:84', 2, 0, '2023-06-26 18:22:57'),
(5, 1, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:23:09'),
(6, 1, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:24:26'),
(7, 1, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:27:28'),
(8, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:27:42'),
(9, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:28:15'),
(10, 2, 'FF:84', 2, 0, '2023-06-26 18:28:54'),
(11, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:29:01'),
(12, 2, 'FF:84', 2, 1, '2023-06-26 18:29:19'),
(13, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:32:15'),
(14, 2, 'FF:84', 1, 1, '2023-06-26 18:32:35'),
(15, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:32:49'),
(16, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:36:02'),
(17, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 18:36:25'),
```

(18, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 22:49:14'),
(19, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 22:50:33'),
(20, 2, 'FF:84', 2, 0, '2023-06-26 22:50:41'),
(21, 2, 'FF:84', 1, 1, '2023-06-26 22:50:53'),
(22, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 22:51:22'),
(23, 2, 'FF:84', 1, 1, '2023-06-26 23:02:04'),
(24, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 23:02:44'),
(25, 2, 'FF:84', 1, 1, '2023-06-26 23:02:58'),
(26, 2, 'FF:84', 1, 1, '2023-06-26 23:03:36'),
(27, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 23:04:04'),
(28, 2, 'FF:84', 2, 1, '2023-06-26 23:04:06'),
(29, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-26 23:04:42'),
(30, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-27 11:09:25'),
(31, 2, 'FF:84', 2, 0, '2023-06-27 11:09:37'),
(32, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-27 11:14:38'),
(33, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-27 11:14:56'),
(34, 2, 'FF:84', 1, 1, '2023-06-27 12:53:29'),
(35, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-27 13:22:57'),
(36, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-27 13:23:17'),
(37, 2, 'FF:84', 1, 1, '2023-06-27 13:23:38'),
(38, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-27 13:25:03'),
(39, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-06-27 21:17:05'),
(40, 2, 'FF:84', 2, 0, '2023-06-27 21:17:19'),
(41, 2, 'FF:84', 2, 0, '2023-06-27 21:17:37'),
(42, 2, 'FF:84', 1, 1, '2023-06-27 21:17:46'),
(43, 2, 'FF:84', 2, 1, '2023-06-28 10:02:56'),
(44, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-06-29 21:24:48'),
(45, 2, 'FF:05', 2, 0, '2023-06-29 21:25:15'),
(46, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-06-29 21:25:47'),
(47, 2, 'FF:05', 2, 1, '2023-06-29 21:26:00'),
(48, 2, 'FF:05', 2, 1, '2023-06-29 22:57:46'),
(49, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-07-02 10:21:32'),
(50, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-07-02 10:21:38'),
(51, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-07-04 17:03:26'),
(52, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-07-06 22:55:48'),
(53, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-07-06 22:55:51'),
(54, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-07-06 22:55:58'),
(55, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-07-16 00:40:03'),
(56, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-07-16 17:01:42'),
(57, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-07-17 18:38:36'),
(58, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-07-25 17:08:13'),
(59, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-07-26 10:40:49'),
(60, 2, 'FF:05', 1, 0, '2023-07-27 19:10:24'),
(61, 2, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:30:23'),
(62, 3, 'FF:84', 1, 1, '2023-08-03 10:32:01'),
(63, 3, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:33:29'),
(64, 3, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:35:34'),
(65, 3, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:36:34'),
(66, 3, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:36:58'),
(67, 3, 'FF:84', 2, 0, '2023-08-03 10:40:10'),
(68, 3, 'FF:84', 1, 1, '2023-08-03 10:41:52'),
(69, 3, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:45:45'),
(70, 3, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:48:30'),
(71, 3, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:48:36'),
(72, 3, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:48:39'),
(73, 3, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:50:26'),

```
(74, 4, 'FF:84', 1, 1, '2023-08-03 10:50:36'),
(75, 4, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:50:45'),
(76, 4, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:51:34'),
(77, 4, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:51:37'),
(78, 4, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:51:42'),
(79, 4, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:51:56'),
(80, 4, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:52:04'),
(81, 4, 'FF:84', 2, 0, '2023-08-03 10:52:23'),
(82, 4, 'FF:84', 2, 0, '2023-08-03 10:52:28'),
(83, 4, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:58:00'),
(84, 5, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:58:59'),
(85, 5, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:59:04'),
(86, 5, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:59:06'),
(87, 5, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 10:59:08'),
(88, 5, 'FF:84', 1, 0, '2023-08-03 15:57:22');
```

```
-----
```

```
--
-- Estrutura para tabela `tb_resume`
--
```

```
CREATE TABLE `tb_resume` (
  `pk_res` int(11) NOT NULL,
  `input` int(11) NOT NULL,
  `output` int(11) NOT NULL,
  `detect` int(11) NOT NULL,
  `inside` int(11) NOT NULL,
  `begin` timestamp NOT NULL DEFAULT '0000-00-00 00:00:00',
  `end` timestamp NOT NULL DEFAULT '0000-00-00 00:00:00'
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8 COLLATE=utf8_general_ci;
```

```
--
-- Despejando dados para a tabela `tb_resume`
--
```

```
INSERT INTO `tb_resume` (`pk_res`, `input`, `output`, `detect`,
`inside`, `begin`, `end`) VALUES
(1, 6, 1, 0, 5, '2023-06-26 18:19:42', '2023-06-26 18:25:34'),
(2, 9, 3, 2, 6, '2023-06-26 18:27:28', '2023-08-03 10:29:28'),
(3, 10, 1, 3, 9, '2023-08-03 10:30:23', '2023-08-03 10:49:23'),
(4, 7, 2, 1, 5, '2023-08-03 10:50:26', '2023-08-03 10:57:23'),
(5, 5, 0, 0, 5, '2023-08-03 10:58:00', '0000-00-00 00:00:00');
```

```
--
-- Índices para tabelas despejadas
--
```

```
--
-- Índices de tabela `tb_log`
--
ALTER TABLE `tb_log`
  ADD PRIMARY KEY (`pk_log`),
  ADD KEY `fk` (`fk_tb_portal`);
```

```
--
```



```

-- Índices de tabela `tb_portal`
--
ALTER TABLE `tb_portal`
  ADD PRIMARY KEY (`pk`),
  ADD KEY `portal` (`portal`),
  ADD KEY `fk_tb_resume` (`fk_tb_resume`);

--
-- Índices de tabela `tb_resume`
--
ALTER TABLE `tb_resume`
  ADD PRIMARY KEY (`pk_res`);

--
-- AUTO_INCREMENT para tabelas despejadas
--

--
-- AUTO_INCREMENT de tabela `tb_log`
--
ALTER TABLE `tb_log`
  MODIFY `pk_log` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  AUTO_INCREMENT=26;

--
-- AUTO_INCREMENT de tabela `tb_portal`
--
ALTER TABLE `tb_portal`
  MODIFY `pk` bigint(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT, AUTO_INCREMENT=89;

--
-- AUTO_INCREMENT de tabela `tb_resume`
--
ALTER TABLE `tb_resume`
  MODIFY `pk_res` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT, AUTO_INCREMENT=6;

--
-- Restrições para tabelas despejadas
--

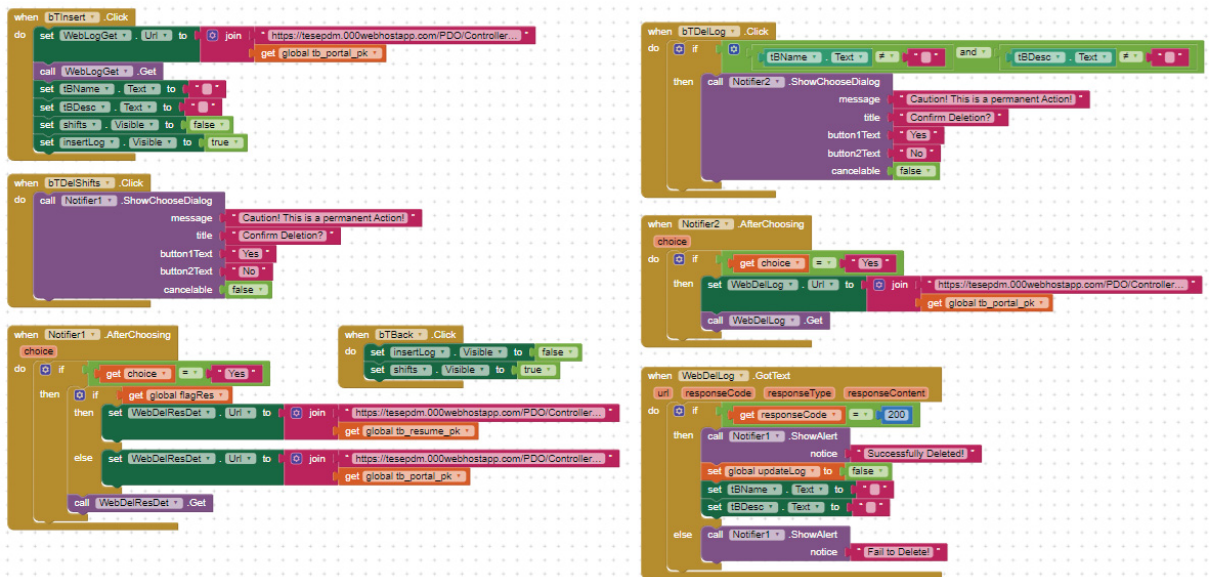
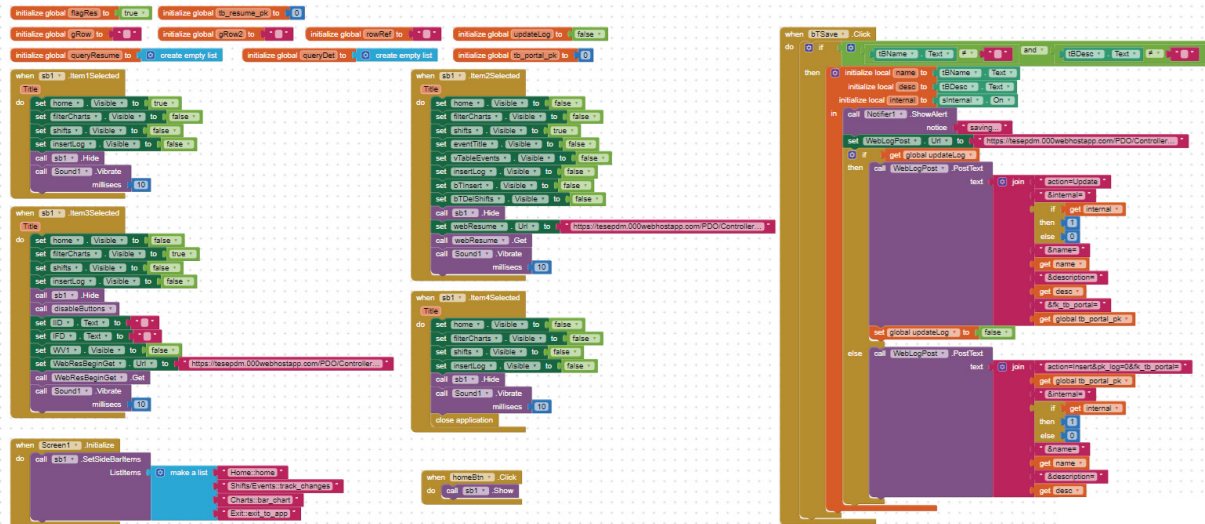
--
-- Restrições para tabelas `tb_log`
--
ALTER TABLE `tb_log`
  ADD CONSTRAINT `tb_log_ibfk_1` FOREIGN KEY (`fk_tb_portal`)
  REFERENCES `tb_portal` (`pk`) ON DELETE CASCADE ON UPDATE CASCADE;

--
-- Restrições para tabelas `tb_portal`
--
ALTER TABLE `tb_portal`
  ADD CONSTRAINT `tb_portal_ibfk_1` FOREIGN KEY (`fk_tb_resume`)
  REFERENCES `tb_resume` (`pk_res`) ON DELETE CASCADE ON UPDATE
  CASCADE;
COMMIT;

```

```
/*!40101 SET CHARACTER_SET_CLIENT=@OLD_CHARACTER_SET_CLIENT */;  
/*!40101 SET CHARACTER_SET_RESULTS=@OLD_CHARACTER_SET_RESULTS */;  
/*!40101 SET COLLATION_CONNECTION=@OLD_COLLATION_CONNECTION */;
```

APÊNDICE 4: PRINCIPAIS BLOCOS DO APP



```
when TVRes Click
row col value
do if get row is 1
then call TVRes Runs
js
if not is empty get global pRow
then join document.getElementById
get global pRow
style.backgroundColor=transparent
else
document.getElementById
rows
get row
style.backgroundColor
palette
endif
endif
get row
if
initialize local rowData to select list item list from csv table text join EXXAPORTTOGINS BEGIN SHIFT
get global queryResume
in set global resume_pk to select list item list get rowData
index
set WebGet Uri to join https://esepdm000webhostapp.com/PDO/Controller
get global resume_pk
call WebGet Get
set global pRow to get row
set isVisible to true
set isVisible to false
set global flagRes to true
endif

when TVGet Click
row col value
do if get row is 1
then call TVGet Runs
js
if not is empty get global pRow
then join document.getElementById
get global pRow
style.backgroundColor=transparent
else
document.getElementById
rows
get row
style.backgroundColor
palette
endif
endif
set global pRow to get row
call TVGet Runs
js
if not is empty get global rowRef
then join document.getElementById
get global rowRef
style.backgroundColor=transparent
else
document.getElementById
rows
get row
index item
get col
style.backgroundColor
palette
endif
endif
set global rowRef to join get row get col
if get row is 1
get row
endif
then initialize local rowData to select list item list from csv table text join EXXAPORTTOGINS EVENTO
get global queryDetail
in set global pRow to get row
set isVisible to true
set isVisible to false
set isVisible to true
set global pk to select list item list get rowData
index
set isVisible to true
set isVisible to true
set global flagRes to false
endif
```

```
to getCharDataByBegin
do set WebGetShift Uri to join https://esepdm000webhostapp.com/PDO/Controller
call WebGetShift Get

to getCharDataByInterval
do set WebGetShift Uri to join https://esepdm000webhostapp.com/PDO/Controller
call WebGetShift Get
```

```
when any Button Click
component notAlreadyHandled
do call Sound1 Vibrate
milliseconds 10

when any Spinner AfterSelecting
component notAlreadyHandled selection
do call Sound1 Vibrate
milliseconds 10

when any TableView Click
component notAlreadyHandled row col value
do call Sound1 Vibrate
milliseconds 10

when any DatePicker TouchDown
component notAlreadyHandled
do call Sound1 Vibrate
milliseconds 10
```

```
initialize global charType to 0

when ETPE Click
do if EBegin Selection is 1
then call getCharDataByBegin
else call getCharDataByInterval
set global charType to 1

when ETBar Click
do if EBegin Selection is 1
then call getCharDataByBegin
else call getCharDataByInterval
set global charType to 2

when ETCC Click
do if EBegin Selection is 1
then call getCharDataByBegin
else call getCharDataByInterval
set global charType to 3

when ETLine Click
do if EBegin Selection is 1
then call getCharDataByBegin
else call getCharDataByInterval
set global charType to 4

to enableButtons
do set ETPE Enabled to true
set ETBar Enabled to true
set ETCC Enabled to true
set ETLine Enabled to true

to disableButtons
do set ETPE Enabled to false
set ETBar Enabled to false
set ETCC Enabled to false
set ETLine Enabled to false
```