Universidade de Brasília – UnB
Faculdade UnB Gama – FGA
Projeto Integrador de Engenharia 2

Smart Door

Autores: Caio Cesar, Caio Matheus, Diego De Souza, Gabriel de Jesus, Gustavo Weffort, Lucas Midlhey, Ludimila Ferreira, Luis Gustavo Avelino, Mateus Cunha Vasconcelos, Mateus Oliveira, Mateus Santos Barcelos, Pedro Guilherme, Roberto Diniz Ramalho

Brasília, DF
2021

Caio Cesar, Caio Matheus, Diego De Souza, Gabriel de Jesus, Gustavo Weffort, Lucas Midlhey, Ludimila Ferreira, Luis Gustavo Avelino, Mateus Cunha Vasconcelos, Mateus Oliveira, Mateus Santos Barcelos, Pedro Guilherme, Roberto Diniz Ramalho

Smart Door

Trabalho submetido à disciplina de Projeto Integrador de Engenharia 2 referente ao **Ponto de Controle 3**, na Universidade de Brasília.

Universidade de Brasília – UnB

Faculdade UnB Gama – FGA

Orientador: Alex Reis, José Felício da Silva, Ricardo M. Chaim, Rhander Viana, Paolo Gessini e Jungpyo Lee

Brasília, DF

2021

Lista de abreviaturas e siglas

ADS	*Advanced Desengn System*
API	*Application Programming Interface*
AWS	*American Welding Society*
BMS	*Battery Management System*
CAD	*Computer-Aided Design*
CAM	*Computer-Aided Manufacturing*
CLP	Controlador Logico Programável
CNC	*Computer Numerical Control*
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CDC	*Centers for Disease Control and Prevention*
CSI	*Camera Serial Interface*
EAP	Estrutura Analítica do Projeto
EAR	Estrutura Analítica de Risco
GND	*Ground*
GPIO	*General-Purpose Input/Output*
HOG	*Histogram of Oriented Gradients*
HTTPS	*Hypertext Transfer Protocol Secure*
IEMI	Instituto de Estudos e Marketing Industrial
IR	*Infra Red*
IoT	*Internet of Things*
JSON	*Javascript Object Notation*
K	*Kelvin temperature*

LCD	*Liquid-Crystal Display*
LVL	*Laminated veneer lumbe*
M2M	*Machine to Machine*
Movergs	Indústrias de Móveis do Estado do Rio Grande do Sul
MP	Mega Pixels
MQTT	*Message Queuing Telemetry Transport*
PCB	*Printed Circuit Board*
PMBOK	*Project Management Body of Knowledge*
PWM	*Pulse-Width Modulation*
REST	*Representational State Transfer*
RFID	*it Radio frequency identification*
RPM	Rotações por Minuto
STFI	*Singapore Technologies Electronics*
TAP	Termo de Abertura do Projeto
TIG	*Tungsten Inert Gas*
URL	*Uniform Resource Locator*
USB	*Universal Serial Bus*
VCA	Tensão em Corrente Alternada
Vcc	*Voltage Common Collector*
VDC	Tensão em Corrente Contínua

Lista de ilustrações

Figura 1 – Qualidade de malha global do chassi do gabinete. 21
Figura 2 – Gabinete atendendo as condições de corpo livre do elemento laminar. . 21
Figura 3 – Pontos de aplicação da força. 22
Figura 4 – Tensão equivalente de von Mises. 22
Figura 5 – Comportamento da estrutura quando submetida a tensão máxima. . . 23
Figura 6 – Conexões da Raspberry Pi com o Conversor DC-DC CL6009E1 27
Figura 7 – Disposição das portas 27
Figura 8 – Gráfico de Irradiação das antenas 28
Figura 9 – Etiquetas aplicadas a para-brisas 29
Figura 10 – Etiqueta em metal 29
Figura 11 – Etiqueta metálica flexível 30
Figura 12 – Etiqueta impressa em papel 30
Figura 13 – Layout Wilkinson 4 vias no ADS 31
Figura 14 – Simulação otimizada do Wilkinson no ADS 32
Figura 15 – Simulação eletromagnética Wilkinson 4 vias no ADS 32
Figura 16 – Screenshot da página Dashboard no protótipo 35
Figura 17 – Screenshot da página Lista de usuários no protótipo 35
Figura 18 – Diagrama de casos de uso 36
Figura 19 – Diagrama de Arquitetura 43
Figura 20 – Diagrama de Implantação 45
Figura 21 – Modelo de Entidade-Relacionamento 46
Figura 22 – Diagrama de Entidade-Relacionamento 47
Figura 23 – Diagrama de atividades do fluxo de entrada 48
Figura 24 – Diagrama de atividades do fluxo de cadastro 49
Figura 25 – Diagrama de sequência - Fluxo de cadastro de usuário 50
Figura 26 – Diagrama de sequência - Fluxo de login 50
Figura 27 – Diagrama de sequência - Fluxo de consultar usuários cadastrados . . . 51
Figura 28 – Diagrama de sequência - Fluxo de consultar histórico de acessos 51
Figura 29 – Diagrama de estados do funcionamento automático da Smart Door . . 52
Figura 30 – Diagrama de estados do cadastro 52
Figura 31 – Diagrama de estados de configurações 53
Figura 32 – Diagrama de estados de controle manual da porta 53
Figura 33 – Diagrama de pacotes do frontend 54
Figura 34 – Diagrama de pacotes da API 55
Figura 35 – Gráfico de publicações ao longo dos anos na base (SCOPUS, 2021) - Próprios Autores 56

Figura 36 – Gráfico de publicações ao longo dos anos na base (WEBSCIENCE, 2021) - Próprios Autores 56
Figura 37 – Olho com filtro HOG - (ARAFAH et al., 2019) 57
Figura 38 – 68 pontos de referência do Landmark Estimation Algorithm - (Boyko; Basystiuk; Shakhovska, 2018) 58
Figura 39 – Visualização do algoritmo de reconhecimento das características únicas do rosto - (Boyko; Basystiuk; Shakhovska, 2018) 59
Figura 40 – Exemplo de funcionamento do protocolo MQTT - Adaptado de (IBM, 2017) 60
Figura 41 – Diagrama de sequência da obtenção dos dados dos usuários cadastrados 61
Figura 42 – Reconhecimento facial de um usuário cadastrado 62
Figura 43 – Reconhecimento facial de um usuário não cadastrado 62
Figura 44 – End-point padão para requisições do Website 63
Figura 45 – Dashboard 64
Figura 46 – Página de login 64
Figura 47 – Página de cadastro de usuário 65
Figura 48 – Subsistemas integrados 66
Figura 49 – Componentes externos. 68
Figura 50 – Vista Componentes Eletrônicos 69
Figura 51 – Vista Componentes Eletrônicos Dentro do Gabinete 69
Figura 52 – Vista Lateral e Frontal 70
Figura 53 – Diagrama de Integração de Software e Eletrônica 71
Figura 54 – Diagrama simplificado do sistema de reconhecimento facial 84
Figura 55 – Tabela de conexões 85
Figura 56 – Classificação de Sistemas RFID low-end e high-end de acordo com sua funcionalidade 86
Figura 57 – Diagrama do sistema RFID do projeto 87
Figura 58 – Simulação do Wilkinson ideal de quatro vias no ADS 87
Figura 59 – Simulação do Wilkinson não ideal e não otimizado de quatro vias no ADS 88
Figura 60 – Esquema mostrando a interferência dos raios refletidos na superfície do filme e na interface substrato/filme dos aços coloridos 94
Figura 61 – Desenho técnico: Montagem do chassis 97
Figura 62 – Desenho técnico: componentes internos do gabinete esquerdo 98
Figura 63 – Desenho técnico: Montagem das placas ao gabinete 99
Figura 64 – Desenho técnico: encaixe da porta 100
Figura 65 – Desenho técnico: segundo encaixe da porta 101
Figura 66 – Desenho técnico: moldura 102
Figura 67 – Desenho técnico: vidro 103

Figura 68 – Desenho técnico: parte inferior do chassi 104
Figura 69 – Desenho técnico: parte superior do chassi 105
Figura 70 – Desenho técnico: parte frontal do chassi 106
Figura 71 – Desenho técnico: parte interior do chassi 107
Figura 72 – Desenho técnico: parte do meio do chassi 108
Figura 73 – Desenho técnico: parte de trás do chassi 109
Figura 74 – Desenho técnico: segunda parte do meio do chassi 110
Figura 75 – Desenho técnico: terceira parte do meio do chassi 111
Figura 76 – Desenho técnico: placa traseira dos gabinetes 112
Figura 77 – Desenho técnico: placa frontal dos gabinetes 113
Figura 78 – Desenho técnico: placa lateral dos gabinetes 114
Figura 79 – Desenho técnico: placa lateral dos gabinetes 115
Figura 80 – Desenho técnico: placa superior frontal dos gabinetes 116
Figura 81 – Desenho técnico: placa superior traseira dos gabinetes 117
Figura 82 – Desenho técnico: Painel 118
Figura 83 – Desenho técnico: reforço do vidro 119
Figura 84 – Desenho técnico: placa lateral dos gabinetes 120
Figura 85 – Desenho técnico: Montagem do *case* com o *display* e as câmeras 121
Figura 86 – Desenho técnico: frente do *case* 122
Figura 87 – Desenho técnico: trás do *case* 123
Figura 88 – Estrutura analítica do projeto - Ponto de controle 1 126
Figura 89 – Estrutura analítica do projeto - Ponto de controle 2 127
Figura 90 – Estrutura analítica do projeto - Ponto de controle 3 128
Figura 91 – Cronograma do Projeto 129
Figura 92 – Cronograma do Projeto 130
Figura 93 – Cronograma do Projeto 130
Figura 94 – Cronograma do Projeto 131
Figura 95 – Riscos 132
Figura 96 – Componentes principais da porta 135
Figura 97 – parafusos, porcas e buchas da embalagem padrão 137
Figura 98 – Porcas e buchas da embalagem padrão 138
Figura 99 – Gabinete esquerdo, inclusão do nobreak e do ED 100 139
Figura 100 – Mecanismo de abertura pivotante ED100 140
Figura 101 – Componentes Eletrônicos 141
Figura 102 – Chaves utilizadas para montagem 142
Figura 103 – Base do chassi 142
Figura 104 – Componentes Gabinete Esquerdo 144
Figura 105 – Vista dos Componentes Eletrônicos Dentro do Gabinete Esquerdo . . . 144
Figura 106 – imagem explodida do gabinete esquerdo 145

Figura 107 – Montagem das Antenas 146
Figura 108 – Antena instalada na frente do gabinete esquerdo 146
Figura 109 – Chassis esquerdo e seu suporte do ED 100 (chapas externas invisíveis para facilitar a visualização) 147
Figura 110 – Chassis esquerdo com o suporte do ED 100 montado (chapas externas invisíveis para facilitar a visualização) 147
Figura 111 – ED 100 instalado no chassis esquerdo (chapas externas invisíveis para facilitar a visualização) 148
Figura 112 – Inserção de um Encaixe da porta - p2 dentro de uma das articulações . 149
Figura 113 – Posicionamento de um Encaixe da porta - p1 em uma das articulações 150
Figura 114 – Finalização da montagem de um dos conjuntos de Encaixe de porta . . 151
Figura 115 – Posicionamento do vidro esquerdo 152
Figura 116 – Reforço do vidro em sua posição correta 153
Figura 117 – Montagem do braço de atuação do ED 100 153
Figura 118 – Tabela com os cabos e suas funções 154
Figura 119 – Ligações dos componentes do gabinete esquerdo 155
Figura 120 – Fiação no interior do gabinete esquerdo 155
Figura 121 – Cabos de conexão saindo do gabinete para a moldura 156
Figura 122 – Moldura destacada do conjunto 157
Figura 123 – Montagem dos componentes dentro do case 158
Figura 124 – Alimentação dos componentes da moldura 159
Figura 125 – Montagem do *case* à moldura 159
Figura 126 – Chassi inferior 160
Figura 127 – Chassi superior 161
Figura 128 – Chassi traseiro 161
Figura 129 – Chassi frontal 162
Figura 130 – Chassi do meio traseiro 162
Figura 131 – Chassi do meio 163
Figura 132 – Chassi do meio frontal 163
Figura 133 – Chassi completo 164
Figura 134 – Moldura 165
Figura 135 – Cobertura de cima do gabinete 166
Figura 136 – Desenho da parte frontal do gabinete 166
Figura 137 – Peça após dobramentos 167
Figura 138 – Gabinete montado 167

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comparação entre os dados analíticos e os dados fornecidos pelo fabricante do mecanismo de abertura ED 100 20
Tabela 2 – Custos em eletrônica 72
Tabela 3 – Custos em estrutura 72
Tabela 4 – Custos em software 73
Tabela 5 – Propriedades mecânicas do Polipropileno 92
Tabela 6 – Propriedades mecânicas e preço do vidro e do acrílico 96
Tabela 7 – Tabela e descrição dos riscos, impactos, probabilidades e prioridades. . 132
Tabela 8 – Dimensões da Smart Door 136
Tabela 9 – Tabela de componentes da estrutura 137
Tabela 10 – Especificações do ED100 139
Tabela 11 – Componentes eletrônicos da SmartDoor 141

Sumário

1 INTRODUÇÃO . . . 14
1.1 Justificativa . . . 14
1.2 Escopo do projeto . . . 15
1.2.1 Detalhamento do escopo . . . 15
1.2.1.1 Projeto . . . 15
1.2.1.2 Produto . . . 15

2 REQUISITOS . . . 16
2.1 Requisitos Eletrônica . . . 16
2.2 Requisitos Estrutura . . . 16
2.3 Requisitos Software . . . 16
2.3.1 Requisitos Funcionais . . . 16
2.3.1.1 Requisitos Web/API . . . 16
2.3.1.2 Requisitos Reconhecimento Facial . . . 17
2.3.2 Requisitos não Funcionais . . . 17

3 ESTRUTURA . . . 18
3.1 Cálculos estruturais analíticos . . . 18
3.1.1 Carga total da porta . . . 18
3.1.2 Inércia da porta . . . 19
3.1.3 Deslocamento da porta . . . 19
3.1.4 Potência mínima necessária . . . 19
3.1.5 Dados do mecanismo de abertura . . . 20
3.2 Simulações estruturais atualizadas . . . 20

4 SISTEMAS ELETRÔNICOS . . . 24
4.1 Raspberry Pi 4 . . . 24
4.1.1 Modo Quiosque e Economia de Energia . . . 24
4.2 Sistema de Reconhecimento Facial e Termografia . . . 25
4.2.1 Reconhecimento facial . . . 25
4.2.2 Sistema de termografia . . . 26
4.3 Controle do ED100 (Operador de Porta) . . . 26
4.4 Sistema RFID . . . 27
4.4.1 Antenas . . . 28
4.4.2 Etiquetas . . . 28
4.4.3 Wilkinson . . . 31

5 SOFTWARE . . . 33
5.1 Arquitetura da Informação . . . 33
5.1.1 Tecnologias utilizadas . . . 33
5.1.1.1 Website . . . 33
5.1.1.2 API . . . 33
5.1.1.3 Banco de dados . . . 34
5.1.1.4 OpenCV . . . 34
5.1.1.5 facial_recognition . . . 34
5.1.2 Protótipo . . . 34
5.2 Modelagem dos Requisitos . . . 35
5.2.1 Visão de Casos de Uso . . . 36
5.2.1.1 UC01 - Cadastrar pessoas . . . 37
5.2.1.2 UC02 - Consultar pessoas . . . 37
5.2.1.3 UC03 - Armazenar temperatura . . . 38
5.2.1.4 UC04 - Consultar histórico de temperatura . . . 38
5.2.1.5 UC05 - Realizar checagem de temperatura . . . 38
5.2.1.6 UC06 - Consultar *logs* de acesso . . . 39
5.2.1.7 UC07 - Registrar *logs* de acesso . . . 39
5.2.1.8 UC08 - Utilizar porta . . . 40
5.2.1.9 UC09 - Realizar identificação por RFID . . . 40
5.2.1.10 UC10 - Abrir/Fechar porta . . . 40
5.2.1.11 UC11 - Realizar reconhecimento facial . . . 41
5.2.2 Especificação Suplementar . . . 41
5.2.2.1 Segurança . . . 41
5.2.2.2 Segurança dos dados . . . 42
5.2.2.3 Disponibilidade . . . 42
5.2.2.4 Usabilidade . . . 42
5.3 Arquitetura de Software . . . 42
5.3.1 Definição Arquitetural . . . 43
5.3.1.1 Descrição do Sistema . . . 43
5.3.1.2 Diagrama de Implantação . . . 44
5.3.2 Modelagem de Dados . . . 45
5.3.3 Diagrama de Atividades . . . 47
5.3.3.1 Diagrama de Sequência . . . 49
5.3.3.2 Diagrama de Estados . . . 52
5.3.3.3 Diagrama de Pacotes . . . 53
5.4 Inovação . . . 55
5.4.1 Reconhecimento facial com Visão Computacional . . . 55
5.4.2 IoT . . . 60

5.5 Resultados **60**
5.5.1 Módulo de Reconhecimento Facial 60
5.5.2 API 62
5.5.3 Website 63

6 ARQUITETURA DE INTEGRAÇÃO **66**
6.1 Integração Estrutura e Eletrônica **67**
6.2 Integração Software e Eletrônica **70**

7 CUSTOS DO PROJETO **72**
7.1 Custos **72**
7.1.1 Eletrônica 72
7.1.2 Estrutura 72
7.1.3 Software 73

REFERÊNCIAS **74**

APÊNDICES **77**

APÊNDICE A – PRINCIPAIS TOMADAS DE DECISÕES DE SOFTWARE **78**
A.1 Escolha por não fazer aplicativo móvel (19/02/2021) **78**
A.2 Escolha das tecnologias Django Rest Framework e PostgreSQL para o back-end (26/02/2021) **78**
A.3 Escolha da tecnologia JavaScript com a biblioteca React para o front-end (26/02/2021) **78**
A.4 Escolha por fazer o módulo de reconhecimento facial utilizando Visão Computacional com OpenCV ao invés de Rede Neural (03/03/2021) **78**
A.5 Escolha do protocolo MQTT para comunicação entre a Raspberry Pi e a API (10/04/2021) **79**
A.6 Implementação do reconhecimento facial apenas na Raspberry Pi (27/04/2021) **79**
A.7 Utilização do Protocolo HTTPS para comunicação do módulo embarcado e a API (03/05/2021) **79**

APÊNDICE B – ARTEFATOS DE SOFTWARE **80**
B.1 Organização **80**
B.2 API **80**
B.3 Frontend **80**
B.4 Protótipo de Alta Fidelidade **80**

B.5 **Módulo de Reconhecimento Facial** **80**
B.6 **Mock da API para Reconhecimento Facial** **81**

APÊNDICE C – ESCOLHA DOS COMPONENTES ELETRÔNICOS **82**
C.1 **Raspberry Pi** **82**
C.2 **Tela LCD** **82**
C.3 **Sistema de Aquisição** **83**
C.3.1 Reconhecimento facial 83
C.3.2 Leitura termográfica 84
C.3.3 RFID 85

APÊNDICE D – TESTES E REPOSITÓRIO ELETRÔNICA **89**
D.1 **Especificações Componentes e Módulos** **89**
D.1.1 *Raspberry Pi 4* 89
D.1.2 Câmera Raspberry Pi v2 8MP 90

APÊNDICE E – ESCOLHA DO MATERIAL DO GABINETE E DA PORTA **91**
E.1 **Polipropileno** **92**
E.2 **Aço inoxidável** **93**
E.3 **Porta: acrílico ou vidro laminado** **96**

APÊNDICE F – DESENHOS TÉCNICOS **97**

APÊNDICE G – TERMO DE ABERTURA DO PROJETO (TAP) . **124**
G.1 **Objetivos** **124**
G.1.1 Geral 124
G.1.2 Específico 124
G.2 **Oportunidade de negócios** **124**
G.3 **Escopo do projeto** **125**
G.3.1 Premissas 125

APÊNDICE H – METODOLOGIA DE GERENCIAMENTO **126**
H.1 **EAP** **126**
H.2 **Gerenciamento de tempo** **128**
H.2.1 Cronograma 129
H.2.2 Gráfico de Gantt 131

APÊNDICE I – PLANEJAMENTO DE GERENCIAMENTO DE RISCOS **132**

APÊNDICE J – MANUAL DE MONTAGEM **135**

J.0.1 Embalagem Padrão 137
J.1 Eletrônica 140
J.2 Preparação para montagem e instalação 141
J.2.1 Ferramentas Necessárias 142
J.3 Montagem 142
J.3.1 Fixação para engastamento do chassi 142
J.3.2 Placa com os componentes eletrônicos 143
J.3.3 Montagem dos Gabinetes 144
J.3.4 Antenas 145
J.3.5 Instalação do ED 100 dentro dos chassis 146
J.3.6 Montagem dos vidros 148
J.3.7 Fiação 154
J.3.8 Montagem da Moldura 156
J.3.9 *Case* Com o *Display* e as câmeras 157

APÊNDICE K – MANUAL DE FABRICAÇÃO 160
K.1 Chassi 160
K.1.1 Chassi inferior 160
K.1.2 Chassi superior 160
K.1.3 Chassi traseiro 161
K.1.4 Chassi frontal 162
K.1.5 Chassi meio traseiro 162
K.1.6 Chassi meio 163
K.1.7 Chassi meio frontal 163
K.1.8 Chassi completo 164
K.2 Moldura 164
K.3 Gabinete 165

APÊNDICE L – MANUAL DE MANUTENÇÃO 168
L.1 Gabinetes e moldura 168
L.2 Mecanismo de abertura pivotante ED100 169
L.3 Portas em vidro laminado 169
L.4 Componentes eletrônicos 169

APÊNDICE M – DATASHEET ED100 171

1 Introdução

O projeto *SmartDoor* consiste no desenvolvimento de uma porta automatizada inteligente com foco na segurança, possuindo várias etapas de verificação para validação do usuário, sendo uma delas um leitor RFID, além da capacidade de aferimento da temperatura corporal do usuário e reconhecimento facial por meio de duas câmeras, uma termográfica e uma comum, respectivamente

Contando com um sistema de controle de acesso integrado, eficiente e preciso com base no reconhecimento facial é muito importante para uma ampla variedade de aplicações comerciais e de segurança. Diversos países estão gradualmente adotando um sistema de controle de segurança residencial inteligente. A função mais importante de qualquer sistema de segurança é identificar com precisão os indivíduos que passam por ele(JAIN; ROSS; PANKANTI, 2006). O reconhecimento facial é provavelmente a forma mais natural de realizar autenticação biométrica entre seres humanos. Além disso, é a segunda característica biométrica mais popular depois das impressões digitais(JAIN; ROSS; PANKANTI, 2006).

Hoje em dia, o mundo está se conectando aos dispositivos inteligentes e há uma necessidade crescente em melhorar objetos e sistemas já existentes e torná-los mais integrados ao ambiente. Os sistemas embarcados estão automatizando o mundo, ajudando no progresso de diversas áreas. Esses sistemas em aplicações como vigilância e segurança privada provou ser muito eficaz.

1.1 Justificativa

Com o avanço da tecnologia da informação e da internet das coisas (IoT), está se tornando cada vez mais comum a automatização e coleta de dados nas mais diversas áreas, inclusive no atendimento ao público, conceder acesso a locais e registrar fluxo de pessoas. Visando atender a esses requisitos, uma possibilidade viável é a implementação de uma porta inteligente. Atualmente é possível em aeroportos brasileiros a identificação fácil ser um dos requisitos para o embarque do passageiro. Contudo, a identificação fácil é apenas um dos parâmetros possíveis para serem adquiridos em um sistema de identificação. Outros parâmetros como temperatura corporal e identificação por uma marcação na roupa ou em um crachá com RFID também seriam meios viáveis no auxílio da identificação do usuário ou funcionário.

A utilização de uma câmera termográfica auxiliaria na visualização da imagem no espectro infravermelho que, por meio de alguns métodos de análise termográfica e

visão computacional, poderia ser usada para estimar doenças (NGUYEN et al., 2010) e o consumo de entorpecentes como MDMA (RODSIRI et al., 2010) e opioides (CHE et al., 1996), já que a alteração da temperatura corporal é um parâmetro que está sendo estudado para identificar essas questões.

No que diz respeito à identificação de um usuário, uma marcação de RFID na roupa ou crachá seria uma forma de otimizar a liberação e prover o acesso de maneira mais rápida (FINKENZELLER, 2003).

A demanda por sistemas inteligentes de identificação e monitoramento é crescente em diversas áreas da sociedade, proveniente do avanço da indústria 4.0. A realidade é que cada vez mais os objetos e sistemas serão conectados à internet e conseguirão fazer esse tipo de identificação. Em um espaço controlado, ter um dispositivo primário para recolher dados é fundamental, pois em um contexto mais amplo os prédios inteligentes, em um futuro não tão distante, contarão com diversos dispositivos de liberação de acesso e controle de fluxo, além de protocolos de comunicação entre máquinas M_2M (Machine-to-Machine).

1.2 Escopo do projeto

1.2.1 Detalhamento do escopo

1.2.1.1 Projeto

O smart door pretende contornar as adversidades de fatores de segurança, realizando o controle de acesso das pessoas em diversos ambientes, além de fazer teste de aferição de temperatura nos usuários, notificando caso indique algo fora do padrão.

1.2.1.2 Produto

O sistema de automatização funcionará da seguinte maneira: o usuário irá passar por várias etapas de validação, tendo como o primeiro passo a identificação via RFID, que será realizada por meio de um mecanismo leitor instalado na porta. O transponder pode ser um crachá, um chaveiro ou outro objeto com marcação RFID. O segundo passo consistirá em duas capturas de imagem da face do usuário, uma térmica pela câmera termográfica infravermelho e outra por uma câmera comum, que serão usadas para a medição da temperatura e para o reconhecimento facial, respectivamente. O sistema pode fazer o reconhecimento facial localmente caso seja um usuário regular, ou pelo banco de dados, caso não seja regular, mas já tenha sido cadastrado. Por fim, dados de interesse definidos no escopo serão registrados no banco de dados, que poderão ser usados para gerar relatórios posteriores.

2 Requisitos

2.1 Requisitos Eletrônica

- Ser robusto com o objetivo de evitar gargalos de processamento;
- Ser seguro para a saúde e o bem-estar do usuário;
- Ser protegido para evitar invasões e fraudes;
- Ser um sistema operacional em tempo real;

2.2 Requisitos Estrutura

- Ser resistente a tentativas de passagem forçada;
- Ser leve, para facilitar sua instalação e melhorar sua eficiência;
- Abrigar todos os componentes referentes aos demais subsistemas;
- Ser acessível a cadeirantes e obesos;
- Ter manutenção simples;
- Acomodar motor de abertura/fechamento da porta.

2.3 Requisitos Software

2.3.1 Requisitos Funcionais

2.3.1.1 Requisitos Web/API

- O sistema deve cadastrar pessoas;
- O sistema deve consultar pessoas;
- O sistema deve editar as informações das pessoas cadastradas;
- O sistema deve desativar pessoas cadastradas;
- O sistema deve armazenar as informações de temperaturas recebidas da Raspberry Pi;

- O sistema deve receber comandos da Raspberry Pi;
- O sistema deve enviar comandos à Raspberry Pi;
- O sistema deve armazenar informações de entrada e saída de usuários;
- O sistema deve consultar históricos de temperaturas;
- O sistema deve fazer a verificação facial e enviar uma resposta à Raspberry Pi.

2.3.1.2 Requisitos Reconhecimento Facial

- O sistema deve receber as imagens;
- O sistema deve identificar se existe um rosto nas imagens recebidas;
- O sistema deve verificar se o rosto identificado é autorizado ou não;
- O sistema deve registrar informações de entrada e saída;
- O sistema deve enviar dados para API;
- O sistema deve receber dados da API;

2.3.2 Requisitos não Funcionais

- **Segurança:** a porta deve garantir que somente pessoas permitidas tenham acesso;
- **Segurança dos dados:** os dados precisam ser armazenados de maneira consistente e transmitidos de modo seguro, sem que haja riscos de vazamento ou perda dos dados dos usuários;
- **Disponibilidade:** o sistema deve estar disponível e em funcionamento em todo o tempo possível;
- **Usabilidade:** a porta deve ser de fácil uso e entendimento para o usuário.

3 Estrutura

As atividades principais do núcleo de estruturas para o ponto de controle 3 incluíram a redação dos manuais de fabricação, manutenção e montagem, os quais estão disponíveis no apêndice deste documento. Adicionalmente, estão apresentados nas seções abaixo os cálculos analíticos referentes aos requisitos para a abertura da porta, e novas simulações numéricas estruturais, atualizadas devido a alterações no chassis dos gabinetes.

3.1 Cálculos estruturais analíticos

Os cálculos analíticos realizados tem como objetivo garantir que o mecanismo de abertura escolhido para realizar a abertura pivotante da porta é suficiente para movimentar a porta na direção escolhida e não irá causar falhas na estrutura.

3.1.1 Carga total da porta

A porta fabricada inteiramente em vidro laminado possui as seguintes dimensões:

Largura da porta:

$$b = 0,5m$$

Altura da porta:

$$h = 1,9m$$

Espessura da porta:

$$t = 8 \times 10^{-3}m$$

Para encontrar a massa da porta e, consequentemente, encontrar a carga total que deverá ser movimentada deve-se especificar o volume da porta, que pode ser encontrado da seguinte maneira:

$$V = bht$$

Substituindo as dimensões da porta, tem-se:

$$V = 0,5m(1,9m)(8 \times 10^{-3}m) = 7,6 \times 10^{-3}m^3$$

Ao encontrar o volume total da porta, pode-se obter a massa ao multiplicar o volume pela densidade do vidro laminado, que é:

$$\rho = 2,5 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}$$

Assim, a massa da porta será:

$$m = \rho V$$

$$m = 2,5 \times 10^3 \frac{kg}{m^3}(7,6 \times 10^{-3} m^3) = 19kg$$

A carga total a ser movimentada será o peso da porta, que pode ser encontrado ao multiplicar a massa da porta pelo valor da aceleração da gravidade. Assim, a carga total será:

$$F_P = m \times g = 19kg \frac{9,81m}{s^2} = 186,39N$$

3.1.2 Inércia da porta

Outro aspecto relevante a se considerar na especificação do mecanismo de abertura é a inércia da porta, que representa o grau de dificuldade em se alterar o estado de movimento de um corpo em rotação. O mecanismo de abertura escolhido irá rotacionar a porta em torno de seus pontos de fixação. Assim, é necessário calcular a inércia da porta em torno do eixo vertical, representado por y, que pode ser encontrada da seguinte maneira:

$$I_y = \frac{hb^3}{12} = \frac{(1,9m)(0,5m)^3}{12} = 0,02m^4$$

3.1.3 Deslocamento da porta

Ao realizar uma abertura completa, a porta realizará uma rotação de 90 graus. Assim, o deslocamento realizado pela porta será de:

$$\Delta S = \frac{\pi}{2} \times b = \frac{\pi}{2} \times (0,5m) = 0,79m$$

3.1.4 Potência mínima necessária

Com base nos valores calculados, pode-se estimar um valor mínimo necessário de potência para o motor do mecanismo de abertura. Para isso, inicialmente é necessário encontrar o torque mínimo, que será de:

$$T = F \times d = F_p \times \Delta S = 186,39N \times 0,79m = 146,39Nm$$

Dessa forma, a potência mínima necessária, considerando que a porta deverá ser aberta completamente em cinco segundos, será:

$$P = \frac{T}{t} = \frac{146,39}{5}\frac{Nm}{s} = 29,28W$$

3.1.5 Dados do mecanismo de abertura

O mecanismo de abertura escolhido para realizar a abertura pivotante da porta é o Dorma ED 100. O fabricante fornece diversos dados para assegurar que o mecanismo é capaz de realizar a abertura. Consultando os dados fornecidos pelo fabricante, é possível comparar com os valores obtidos analiticamente, como visto na tabela abaixo:

Legenda	**Valores do Datasheet**	**Valores Analíticos**
Potência	120 W	29,28 W
Massa máxima suportada	100 kg	19 kg

Tabela 1 – Comparação entre os dados analíticos e os dados fornecidos pelo fabricante do mecanismo de abertura ED 100

Ao comparar os valores obtidos analiticamente e os valores fornecidos pelo fabricante do mecanismo de abertura ED 100 pode-se ver que o mecanismo de abertura possui uma potência superior a requerida pela porta, e dessa forma é suficiente para realizar a abertura da mesma. A massa da porta se encontra abaixo do valor máximo especificado no Datasheet do ED 100. A inércia da porta é muito pequena para influenciar significativamente no processo de abertura. Assim, é possível concluir com base nos cálculos realizados e nos dados fornecidos no Datasheet do ED 100 que o mecanismo de abertura escolhido é adequado para realizar a abertura pivotante da Smart Door.

3.2 Simulações estruturais atualizadas

De forma a avaliar o comportamento da estrutura em pontos considerados críticos, foram realizadas simulações exploratórias a fim de obter as respectivas tensões nos locais onde existem forças aplicadas. Inicialmente foi observado em como a malha se comportaria em razão das espessuras e para isso foi gerada uma malha global no sistema, sem aplicação de método específico ou redução no tamanho do elemento. Desta forma a figura 1 apresenta a malha global com elementos tetraédricos e uma distorção na qual pode ser considerada boa em razão de a espessura do chassi indicar simulações em elementos do tipo laminar, ou seja, elementos com capacidade de rotacionar e transladar nos eixos X, Y e Z.

Figura 1 – Qualidade de malha global do chassi do gabinete.

Como citado anteriormente, devido a espessura do chassi, pode ser considerado que o elemento por inteiro é do tipo laminar. Desta forma foi realizada uma análise da estrutura como um corpo livre de forma a observar se os graus de liberdade correspondem na condição que o gabinete se encontra conforme é apresentado na figura 2. Nela é possível observar que as seis frequências, três de translação e três de rotação estão de acordo com a resposta esperada.

Figura 2 – Gabinete atendendo as condições de corpo livre do elemento laminar.

Diante da observação da qualidade de malha e condições de corpo livre, foi realizada a simulação na estrutura do gabinete exatamente nos pontos que sofrem esforços devido a ancoragem das placas das portas e o ponto interno onde foi instalado o ED100,

conforme a figura 3 apresenta os pontos de aplicação bem como base fixa conforme seria o engastamento ao solo do ambiente de aplicação da SmartDoor.

Figura 3 – Pontos de aplicação da força.

A consideração desses pontos de ancoragem se deu pelo peso que as placas de vidro laminado e o mecanismo de abertura causam nestes e, portanto, observar o comportamento da estrutura e a deformação provocada. Na figura 4 e 5 é possível ver os resultados obtidos e a resistência da estrutura ao peso das placas de vidro. Isso pode ser confirmado com a qualidade do elemento na malha no qual apresenta baixa distorção.

Figura 4 – Tensão equivalente de von Mises.

Figura 5 – Comportamento da estrutura quando submetida a tensão máxima.

Diante disso, é possível observar que a tensão equivalente não ultrapassa o valor da tensão de escoamento do material e portanto, os esforços causados não causa danos expressivos à estrutura, de forma a induzir que a mesma possui uma vida infinita e um fator de segurança alto, ou seja, a estrutura não irá falhar por fadiga.

4 Eletrônica

4.1 Raspberry Pi 4

A placa Raspberry Pi é um computador de placa única reduzido, tem uma distribuição do sistema operacional Linux próprio e estará conectado ao controlador de portas do modelo EB100, das duas câmeras usadas para o reconhecimento facial e a termografia, dos sensores de presença e do sistema de banco de dados na nuvem. A Raspberry é o principal dispositivo do sistema, ela é responsável por autorizar a abertura da porta além de fazer a solicitação dos dados biométricos para a aplicação web e está conectado a todos os sistemas da porta de forma direta ou indireta.

Suas especificações podem ser vistas no Apêndice D.1.1.

4.1.1 Modo Quiosque e Economia de Energia

O modo quiosque é um recurso que permite ser executado dentro de um sistema operacional, limitando a navegação do usuário por uma página web específica.

No modo quiosque a página é vista em tela cheia, não é possível acessar o menu do browser ou mudar a URL pela barra de endereços. Também não é possível clicar com o botão direito do mouse e usar o menu. Ou seja, o usuário tem a navegação limitada a uma página específica e só consegue ir para outras páginas caso a página que ele esteja usando possua um link que o direcione para tal. O modo quiosque pode fornecer uma aplicação para execução uma tarefa específica, melhorando a eficiência durante a execução da tarefa.(FILIPEFLOP,)

Em resumo o modo quiosque na Raspberry foi utilizado para deixar só um programa aparecendo para preservar a segurança, fazendo uma separação de controle e interface. Esse modelo de aplicação é bem comum em caixas eletrônicos, totens de compras e maquinas de pagamento de estacionamento.

Ou seja, o modo quiosque foi utilizado para separar o controle de programa de sua interface, no estilo backend e fronted, melhorando tanto a manutenção (caso o código sofra algum erro, tendo em vista que esse está em fase de teste), quanto a legibilidade do código (caso esse tenha que passar por uma atualização geral), como também quanto a segurança. É uma ideia em fase de desenvolvimento, similar ao conceito de encapsulamento da linguagem orientação à objetos, onde se tem a interface do objeto pública e também uma área privada e protegida.

O código disponível fica ativo por dois segundos e se não houver presença iden-

tificada ele entrá no modo de repouso, dessa forma a Raspberry não ficará trabalhando interruptamente, então pode se dizer que essa será a forma de economia de energia.

A instalação e utilização do modo quiosque pode ser vista acessando o Apêndice D.

4.2 Sistema de Reconhecimento Facial e Termografia

O sistema integrado de reconhecimento termográfico e facial, tem o objetivo de garantir a segurança no acesso aos usuários assim como averiguando a temperatura avisando a pessoa e/ou impedindo o acesso ao local, tanto em caso de temperatura alta como em caso de não reconhecimento.

4.2.1 Reconhecimento facial

O sistema de reconhecimento facial conta com a integração com entre a câmera, Raspberry Pi 4 e o software de reconhecimento desenvolvido onde a imagem capturada passa pelo processamento e analise de comparação assim permitindo o reconhecimento. O sistema de reconhecimento facial, foi feito com base na linguagem python utilizando a biblioteca openCV.

Para a implementação do algorítimo de reconhecimento:

- Primeiro foi necessário se configurar o computador de placa única conectando e configurando a câmera.
- Instalar a biblioteca openCV no computador e confirmar o funcionamento da mesma.
- Implementação dos filtros de processamento de imagem.
- Implementação do algorítimo de reconhecimento.
- Teste de reconhecimento com imagens salvas no sistema.
- Integração do sistema de abertura de porta.
- Integração com API.
- Aviso de permissão.(Permitida/Negada).
- Os códigos e testes podem ser encontrados no diretório presente no Apêndice D.

4.2.2 Sistema de termografia

O sistema de termografia é responsável por analisar a temperatura do usuário, com o objetivo de avisar e/ou bloquear o acesso, essa decisão é de responsabilidade do gerente do sistema no local, podendo ele definir se ira ou não permitir o acesso. Alguns exemplos são condomínios onde não se pode bloquear o acesso dos moradores, mas se pode avisar que ele está com uma alteração na temperatura, agora outros locais como empresas, comércios e academias o dono do local pode escolher se permite ou não o acesso. Para a analise de temperatura:

- Conexão e configuração da câmera Flir Lépton 2.5 e testes.
- Conexão com o sistema de reconhecimento facial. Para localização e medição da temperatura da face.
- Implementação do sistema de analise da temperatura.
- Integração com o sistema de abertura da porta.
- Os códigos e testes podem ser encontrados no diretório presente no Apêndice D.

4.3 Controle do ED100 (Operador de Porta)

O EB100 necessita de um conversor DC-DC para ser ativado pela Raspberry Pi devido a diferença de tensão fornecida pela placa em relação a tensão que é entendido como um comando pelo controlador da porta.

Para resolver esse problema foi decidido pelo Conversor DC-DC XL6009E1, ele admite tensões mínimas de 3V na entrada e consegue disponibilizar até 35V na sua saída, no entanto essa tensão deve ser ajustado para 10V através do trimpot e de um voltímetro.

A Figura 6 demostra as ligações elétricas entre as placas e a conversão de tensão entre a entrada e saída do CL6009E1.

Figura 6 – Conexões da Raspberry Pi com o Conversor DC-DC CL6009E1

Serão usados dois ED100, um para cada porta, o da esquerda ficará ligado como ativo e receberá o comando diretamente da Raspberry Pi e o da direita ficará ligado no modo passivo e receberá os comando da porta anterior por meio do cado de sincronização, as instruções para a configuração do modo ativo-passivo foram colocadas no manual de instalação e na figura 7 pode ser visto como ficará a ligação dos motores e o cabo de sincronização passará por dentro da moldura.

Figura 7 – Disposição das portas

4.4 Sistema RFID

O RFID será responsável pela parte do sistema que fará o reconhecimento do usuário por meio da etiqueta eletromagnética transportada por ele, a distância de reconheci-

mento do transpônder é de pelo menos 1 metro de cada antena e o código transmitido pela etiqueta auxiliará na identificação e registro do usuário pelo sistema, pois está associado ao cadastro do usurário.

4.4.1 Antenas

As antenas do modelo ALR-A0501-F da fabricante The Alien Technology® foram especificadas de acordo com as normas da (ANATEL,) , e apresentam os gráficos de irradiação para os três planos descrito na figura 8, o modelo também possui dimensões reduzidas (128mm x 128mm x 20mm), para se encaixar no gabinete.

Figura 8 – Gráfico de Irradiação das antenas

A escolha por não projetar a antena ao contrario do Wilkinson se da por três motivos, pela proteção IP67 contra água e poeira, pela estética e por já ser um produto bem documentado o que facilita a implementação no mercado brasileiro.

4.4.2 Etiquetas

Algumas etiquetas que podem ser usadas na aplicação e que também estão em conformidade com as normas da (ANATEL,), as etiquetas trabalham na faixa de frequência de 902 à 928 Mhz, podem ser vistas nas figuras de 9 à 12.

Figura 9 – Etiquetas aplicadas a para-brisas

A etiqueta na figura 9, é muito comum em acessos a garagens, e em controle do fluxo de veículos em rodovias com pedágio que as utilizam para cobrança e acompanhamento e por ser flexível e ter adesivo, pode ser usado em outros contextos.

Figura 10 – Etiqueta em metal

A etiqueta da figura 10 é muito comum no transporte de grandes cargas por ser robusta, além de ter um alcance elevado mesmo trapassando metais, pode ser aplicado em cadeiras de rodas ou objetos com metais.

Figura 11 – Etiqueta metálica flexível

A etiqueta da figura 11 é muito utilizada no acesso de pessoas, transporte e acompanhe mento de cargas. Por ter um bom tamanho e poder ser aplicada a diferentes superfícies, podendo ser transformada assim em chaveiros, cartões e outros objetos.

Figura 12 – Etiqueta impressa em papel

A etiqueta da figura 12 é muito comum em locais com transito rápido de pessoas podendo ser aplicadas em superfícies de pulseiras para acompanhamento comum em alguns hospitais ou eventos, também podem ser usadas para controle de livros e documentos, tem diversas outras aplicações onde é exigido materiais leves e flexíveis .

4.4.3 Wilkinson

O Wilkinson de quatro vias foi a opção utilizada para manter a comunicação entre as antenas, o sinal enviado pelo sistema cottonwood é dividido em quatro, assim diminuindo o alcance de sinal das antenas para um tamanho o qual é desejado. Utilizando o software ADS, foi realizada as simulações do Wilkinson no qual demonstra o seu funcionamento. Na Figura 13 vemos como ficou o layout do circuito.

Figura 13 – Layout Wilkinson 4 vias no ADS

Pode ser observado na simulação do Wilkinson que a perda de ganho apresentada se encontra em uma faixa de $6dB$ para todos os canais de S(1,2) a S(1,5) o que é excelente pois significa que o circuitos está dissipando pouca energia na forma de calar e a maior parte se torna potência para transmissão. o canal S(1,1) e a potência que do canal 1 refletida nele mesmo, então quanto maior melhor pois esse potência refletida atrapalha a transmissão essa perda variou de $35dB$ a $49dB$, apresentando um funcionamento muito bom para a faixa de RFID autorizada pela (ANATEL,).

Figura 14 – Simulação otimizada do Wilkinson no ADS

Na simulação eletromagnética de potência pode ser observado no funcionamento da antena que a propagação se mantém estável, constante e próximo ao vermelho, isso significa que o circuito está transmitindo potência com um pouco menos de 3dB.

Figura 15 – Simulação eletromagnética Wilkinson 4 vias no ADS

5 Software

5.1 Arquitetura da Informação

Este tópico visa à definição de informações, de modo que especifica decisões relevantes na produção e implementação do projeto em relação ao assunto discorrido, explicitando como acontecerá a comunicação das diversas tecnologias contidas no software como um todo.

Contextualizando, a ideia inicial seria uma porta para empresas, que permite a entrada de um funcionário por meio de reconhecimento facial e de uma verificação de temperatura, para um maior controle do fluxo de pessoas e de prevenção ao contágio da COVID-19.

A aplicação web será uma espécie de painel administrativo, que será utilizado pelos funcionários responsáveis pelo controle do fluxo de pessoas, que vai ter funcionalidades como histórico de entrada e saída, juntamente a um histórico de temperatura, além de funcionalidades para o controle direto da porta.

5.1.1 Tecnologias utilizadas

As tecnologias utilizadas são baseadas requisitos levantados, nos estudos demonstrados anteriormente e conhecimento prévio da equipe de desenvolvimento.

5.1.1.1 Website

Para o desenvolvimento do site, será utilizada a linguagem JavaScript e a biblioteca de construção de interface de usuários React. Essas escolhas foram motivadas por o JavaScript ser a linguagem mais utilizada em navegadores (VIANA et al., 2015) e pelo React possibilitar a construção de interfaces reativas, proporcionando uma ótima usabilidade.

5.1.1.2 API

A API será desenvolvida utilizando a linguagem Python e Django Rest Framework. Segundo a documentação do (DJANGO,), é um um framework escrito em Python e utilizado para a construção de web APIs. As motivações para a escolha dessas tecnologias foram a fácil integração do Python com o OpenCV (MORDVINTSEV; ABID, 2014) e com a Raspberry Pi. Além disso, também ressalta-se a facilidade de construção de uma API utilizando o Django Rest.

5.1.1.3 Banco de dados

O banco de dados utilizado no projeto será o (POSTGRESQL,), que é open source e tem fácil integração com Python e Django.

5.1.1.4 OpenCV

O OpenCV é uma ferramenta open source que fornece uma infraestrutura comum para aplicação de visão computacional (BRADSKI; KAEHLER, 2000). Seu uso é multiplataforma, atendendo inúmeras empresas, tendo licenciamento BSD, o que torna aplicável e possibilita modificações para cada implementação(CULJAK et al., 2012).

A aplicabilidade está voltada a detecção de rostos, identificação de objetos, classificações de ações humanas, união de imagem para produção em alta qualidade, semelhanças e edição de objetos. Essa biblioteca foi utilizada para construção do módulo de reconhecimento facial.

5.1.1.5 facial_recognition

A biblioteca facial_recognition[1] é uma biblioteca em Python que contém funções de reconhecimento e manipulação rostos para reconhecimento facial.

Essa biblioteca foi construída a partir das etapas e algoritmos descritos no tópico 5.4, utilizando o reconhecimento de rosto de última geração do dlib [2] desenvolvido com aprendizado profundo.

5.1.2 Protótipo

O protótipo do website foi feito pensando em usabilidade e atender as necessidades dos usuários, fazendo com que ele tenha facilidade para acessar todas as funcionalidades disponíveis.

Para a construção do protótipo foi utilizada a ferramente Figma, uma ferramenta gratuita de design, que é amplamente utilizada para construção de protótipos de interface.

[1] https://github.com/ageitgey/face_recognition
[2] http://dlib.net/

Figura 16 – Screenshot da página Dashboard no protótipo

Figura 17 – Screenshot da página Lista de usuários no protótipo

5.2 Modelagem dos Requisitos

O objetivo deste tópico é apresentar a modelagem dos requisitos funcionais e não funcionais levantados, vide tópico 2.3, especificando como serão desenvolvidas, por meio de técnicas tradicionais. Assim, obtendo melhor entendimento do contexto e as necessidades a serem supridas.

5.2.1 Visão de Casos de Uso

O objetivo dos casos de uso é a identificação das funcionalidades, ou conjuntos de funcionalidades, que devem ser exercidas pelo sistema. É muito utilizado na representação dos requisitos funcionais de aplicações. O diagrama de casos de uso é uma representação gráfica dos casos de uso que servem de modo a facilitar o entendimento de um sistema, mostrando sua "visão externa". O diagrama de casos de uso do projeto pode ser visto na figura 18, e cada caso de uso é especificado nos tópicos seguintes.

Figura 18 – Diagrama de casos de uso

5.2.1.1 UC01 - Cadastrar pessoas

- **Descrição:** Possibilitar o cadastro de pessoas que utilizarão a porta.
- **Ator(es):** Administrador.
- **Pré-condições:** Administrador estar logado no sistema.
- **Fluxo principal:**
  1. Administrador preenche os campos do usuário: cpf, nome, data de nascimento, telefone, endereço;
  2. Administrador adiciona uma foto da pessoa;
  3. Clicar no botão "Cadastrar".
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:**
  1. Se o usuário digitar algum valor inválido: Retorna um erro de campo inválido;
  2. Se o sistema não conseguir cadastrar o usuário: Retorna um erro de conexão com o servidor.

5.2.1.2 UC02 - Consultar pessoas

- **Descrição:** Permitir a visualização das informações de cadastro do usuário.
- **Ator(es):** Administrador.
- **Pré-condições:** Administrador estar logado no sistema.
- **Fluxo principal:**
  1. Administrador acessa aba de usuário;
  2. Administrador clica em um usuário.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se a aplicação não conseguir recuperar os dados do usuário: Retorna um erro de conexão com o servidor.

5.2.1.3 UC03 - Armazenar temperatura

- **Descrição:** Dados da temperatura coletada são armazenadas no banco de dados.
- **Ator(es):** Administrador, funcionário e visitante.
- **Pré-condições:** Checagem de temperatura ocorrer corretamente.
- **Fluxo principal:**
  1. Dados da temperatura são enviados para o servidor;
  2. Os dados da temperatura são salvos corretamente no banco de dados.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:**
  1. Se a porta não conseguir enviar os dados para o servidor: Retorna um erro de comunicação com o servidor.
  2. Se a aplicação não conseguir salvar os dados no banco de dados: Retorna um erro de conexão com o banco de dados.

5.2.1.4 UC04 - Consultar histórico de temperatura

- **Descrição:** Administrador consegue consultar o histórico de temperaturas registradas.
- **Ator(es):** Administrador.
- **Pré-condições:** Administrador estar logado no sistema.
- **Fluxo principal:** Administrador acessa a aba de histórico.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se a aplicação não conseguir recuperar o histórico: Retorna um erro de conexão com o servidor.

5.2.1.5 UC05 - Realizar checagem de temperatura

- **Descrição:** A temperatura do usuário que está utilizando a porta é checada.
- **Ator(es):** Administrador, funcionário e visitante.
- **Pré-condições:** Detecção da presença de um usuário utilizando a porta.
- **Fluxo principal:** Temperatura da pessoa é corretamente aferida.

- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se a temperatura não puder ser aferida: Retorna erro ao aferir temperatura e o administrador é comunicado.

5.2.1.6 UC06 - Consultar *logs* de acesso

- **Descrição:** O Administrador consegue acessar o *log* de acesso a porta.
- **Ator(es):** Administrador.
- **Pré-condições:** Administrador estar logado no sistema.
- **Fluxo principal:** Administrador acessa a aba de histórico.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se a aplicação não conseguir recuperar o histórico: Retorna um erro de conexão com o servidor.

5.2.1.7 UC07 - Registrar *logs* de acesso

- **Descrição:** O *log* de acesso (ou acesso negado) é registrado no sistema.
- **Ator(es):** Administrador.
- **Pré-condições:** Um usuário tentou utilizar a porta.
- **Fluxo principal:**
  1. Dados de acesso são enviados para o servidor;
  2. Os dados de acesso são salvos corretamente no banco de dados.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:**
  1. Se a porta não conseguir enviar os dados para o servidor: Retorna um erro de comunicação com o servidor.
  2. Se a aplicação não conseguir salvar os dados no banco de dados: Retorna um erro de conexão com o banco de dados.

5.2.1.8 UC08 - Utilizar porta

- **Descrição:** Usuário utiliza a porta para acessar o estabelecimento.
- **Ator(es):** Administrador, funcionário e visitante.
- **Pré-condições:** Não se aplica.
- **Fluxo principal:**
  - É reconhecida a presença do usuário;
  - A aferição de temperatura ocorre corretamente;
  - O reconhecimento facial ocorre corretamente;
  - A porta abre para o usuário;
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Não presença de qualquer erro o usuário será notificado.

5.2.1.9 UC09 - Realizar identificação por RFID

- **Descrição:** Identificação do usuário por RFID
- **Ator(es): Administrador, funcionário e visitante.**
- **Pré-condições:** Detecção da presença de um usuário utilizando a porta.
- **Fluxo principal:**
  - Usuário aproxima objeto RFID do sensor;
  - Sistema faz a identificação corretamente.
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se o sistema não conseguir fazer a identificação do RFID: é retornado um erro de identificação de RFID

5.2.1.10 UC10 - Abrir/Fechar porta

- **Descrição:** Possibilitar o administrador abrir ou fechar a porta por meio do sistema.
- **Ator(es):** Administrador.
- **Pré-condições:** Administrador estar logado no sistema.
- **Fluxo principal:** Administrador clica no portão de abrir/fechar porta, e essa ação é refletida no estado da porta.

- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se a aplicação não conseguir se comunicar com a porta: Retorna erro de comunicação com a porta.

5.2.1.11 UC11 - Realizar reconhecimento facial

- **Descrição:** Possibilita o reconhecimento facial do usuário previamente cadastrado.
- **Ator(es):** Administrador, funcionário e visitante.
- **Pré-condições:** Detecção da presença de um usuário utilizando a porta.
- **Fluxo principal:** O reconhecimento do usuário é feito corretamente (o usuário é identificado).
- **Fluxo alternativo:** Não se aplica.
- **Fluxo de exceção:** Se a aplicação não conseguir reconhecer o usuário: Retorna erro de reconhecimento.

5.2.2 Especificação Suplementar

Nesta seção é apresentado os requisitos não funcionais que não são mapeados ou tratados nos casos de uso, seção 5.2.1. Estão divididos em 4 requisitos não funcionais, segurança, segurança dos dados, disponibilidade e Usabilidade. Os requisitos funcionais é possível visualizar na seção 2.3.

5.2.2.1 Segurança

O princípio de segurança pretende garantir acesso a porta, evitando falhas ao uso dos usuários.

- **Requisito de Segurança 1:**

  O sistema deve assegurar apenas pessoas permitidas o acesso pela porta além de garantir por meio dos requisitos funcionais o seu cadastro e disponibilidade caso a porta apresente algum erro.

- **Requisito de Segurança 2**:

  O sistema deve evitar falhas de mau uso por meio de verificação de três meios.

5.2.2.2 Segurança dos dados

Os dados persistentes dentro do sistema garantem o funcionamento do fluxo de pessoas que utilizam a porta, desta maneira deve ter uma segurança e uma manutenibilidade para o banco de dados.

- **Requisito de Segurança de dados 1:**

  Os dados precisam ser armazenados de maneira consistente e transmitidos de modo seguro, sem que haja riscos de vazamento ou perda dos dados dos usuários;.

5.2.2.3 Disponibilidade

Para que haja bom funcionamento da porta é necessário do sistema estar ativo e por isso é necessário mapear o requisito não funcional de disponibilidade.

- **Requisito de Disponibilidade 1:**

  O sistema deve estar disponível e ao ar em todo tempo possível e principalmente quando há fluxo de pessoas utilizando a porta.

5.2.2.4 Usabilidade

Para facilitar o uso é necessário uma implementação clara da aplicação, sendo assim é necessário mapear a facilidade com a qual o usuário tem praticidade ao uso do porta.

- **Requisito de Usabilidade 1:**

  O sistema deve apresentar cores vividas para facilitar a visão do usuário.

- **Requisito de Usabilidade 2:**

  O sistema deve apresentar letras de tamanho visível, sempre atendendo a todos os tipos de usuários.

- **Requisito de Usabilidade 3:**

  O sistema deve trazer informações simples, diretas e coesas para o usuário.

5.3 Arquitetura de Software

Este tópico tem como finalidade fornecer detalhes sobre a arquitetura do software.

5.3.1 Definição Arquitetural

A partir das definições iniciais de escopo e dos requisitos levantados, foi definido o modelo de arquitetura cliente-servidor.

Esta arquitetura é caracterizada pela divisão do processamento da informação em módulos distintos, em que o servidor é responsável pelo processamento e manutenção da informação e o cliente é responsável pela obtenção dos dados.

Figura 19 – Diagrama de Arquitetura

5.3.1.1 Descrição do Sistema

A figura 19 apresenta os componentes necessários para atender as necessidades de negócio identificadas para o presente projeto. A finalidade de cada componente é descrito a seguir:

- **Backend**
  - **API:** É a interface de comunicação do servidor com o aplicação frontend e com a Raspberry Pi (integrada à porta). Utiliza a Djando Rest Framework para a construção da api que adota o padrão REST.
  - **Módulo de Reconhecimento Facial:** Módulo responsável por efetivamente fazer o reconhecimento facial a partir das imagens recebidas. Este módulo é apoiado pelo uso das bibliotecas OpenCV e facial_recognition, e seu funcionamento é descrito no tópico 5.4.

  - **Banco de Dados:** O banco de dados utilizado é o PostgreSQL, e é responsável por armazenar os dados do usuário, logs de acesso, histórico de temperatura e imagens necessárias para o reconhecimento facial.

- **Frontend:** Será desenvolvida com o apoio da tecnologia React, este componente é a aplicação que será utilizada pela administrador do sistema para realizar as tarefas de apoio e manutenção do sistema, como, por exemplo, cadastro de usuários. Este módulo atua como cliente, obtendo recursos do servidor por meio do protocolo de comunicação *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), que segue um modelo cliente-servidor, em que um cliente abre conexão, executa uma requisição e espera até receber uma resposta.

- **Porta**

  - **Raspberry Pi:** É o componente integrado a porta responsável pela integração dos sensores e por se comunicar com a API por meio do protocolo *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT), que é o protocolo padrão pra comunicações IoT. Este é um protocolo de mensagens leve para sensores e pequenos dispositivos móveis otimizado para redes TCP/IP.

5.3.1.2 Diagrama de Implantação

O diagrama de implantação é um diagrama UML utilizado para representar a execução da arquitetura de um sistema, mostrando os relacionamentos entre os componentes de software e hardware no sistema, a organização física dos nós, os artefatos que estão armazenados em cada nó, os componentes e outros elementos que os artefatos implementam.

Figura 20 – Diagrama de Implantação

Na Figura 20 é possível visualizar a distribuição dos componentes de software no seus respectivos nós e a maneira como eles se comunicam, onde cada nó representa um dispositivo de hardware. No servidor do backend está alocado o módulo de reconhecimento facial, a API e o banco de dados, onde a API faz o papel de se comunicar com os outros nós. No servidor do frontend ficará alocado o website, que poderá ser acessado por um cliente por meio de um navegador.

5.3.2 Modelagem de Dados

Nesta seção foi trabalhado o Modelo de Entidade-Relacionamento (MER) onde está descrito os objetos e entidades envolvidos no sistema, suas características e como se dá seu relacionamento. Este modelo retrata de forma abstrata a estrutura do banco de dados.

Na figura 21 abaixo é possível visualizar o MER do software implementado na Smart Door:

Figura 21 – Modelo de Entidade-Relacionamento

Nesta seção foi feito o diagrama de Banco de Dados ou Diagrama de Entidade-Relacionamento (DER) a partir da abstração do MER visto na seção 5.3.2. Neste diagrama é utilizado alto nível de abstração a partir de uma análise de fluxo do MER, apresentando entidades e atributos que compõe o banco de dados.

Na figura 22 abaixo é possível visualizar o DER da aplicação:

Figura 22 – Diagrama de Entidade-Relacionamento

5.3.3 Diagrama de Atividades

Nesta seção está descrito o diagrama de atividades, que auxilia o entendimento do fluxo de atividades dentro do sistema de forma clara e coesa. Este diagrama demonstra a lógica do sistema, descreve as etapas realizadas apresentadas no diagrama de caso de uso visto na seção 5.2.1, ilustra e simplifica o fluxo de trabalho entre usuário e sistema e auxilia a modelagem de outros diagramas mais abrangentes.

Logo abaixo diagramas de atividades, primeiro, figura 23 representeando o fluxo do funcionário ou visitante para validar sua entrada e o segundo o fluxo do administrador para cadastro e exclusão de pessoas:

Figura 23 – Diagrama de atividades do fluxo de entrada

Figura 24 – Diagrama de atividades do fluxo de cadastro

5.3.3.1 Diagrama de Sequência

O diagrama de sequência é um modelo de diagrama dinâmico da UML, que tem como objetivo representar objetos e componentes, e como eles se comunicam, de maneira

simples e lógica.

Os digramas de sequência foram construídos a partir do diagrama de casos de uso, que pode ser visto na seção 5.2.1, onde é definido o papel do sistema, enquanto nos diagramas de sequência é definido como o software realizará o seu papel.

A figura 25 representa o fluxo de cadastro de um novo usuário, bem como a informação que é passada entre os componentes de software e o armazenamento dos dados.

Figura 25 – Diagrama de sequência - Fluxo de cadastro de usuário

O diagrama da figura 26 representa o fluxo para que um administrador consiga realizar o login, tanto quanto como é feita a verificação no banco de dados para saber se é um usuário válido.

Figura 26 – Diagrama de sequência - Fluxo de login

O diagrama da figura 27 representa o fluxo do administrador consultando os dados de todos os usuários cadastrados no sistema.

Figura 27 – Diagrama de sequência - Fluxo de consultar usuários cadastrados

O diagrama da figura 28 representa o fluxo do administrador consultando o histórico de entradas e saídas dos funcionários/visitantes.

Figura 28 – Diagrama de sequência - Fluxo de consultar histórico de acessos

5.3.3.2 Diagrama de Estados

O diagrama de estados é um diagrama UML que permite de maneira clara e eficiente descrever todos os possíveis estados de um sistema.

O diagrama da figura 29 representa o fluxo de estados do sistema funcionando de maneira automática.

Figura 29 – Diagrama de estados do funcionamento automático da Smart Door

O diagrama da figura 30 representa o cadastro de um novo usuário pelo website.

Figura 30 – Diagrama de estados do cadastro

O diagrama da figura 31 representa a alteração de configurações do sistema pelo website.

Figura 31 – Diagrama de estados de configurações

O diagrama da figura 32 representa o controle manual da porta pelo website.

Figura 32 – Diagrama de estados de controle manual da porta

5.3.3.3 Diagrama de Pacotes

O diagrama de pacote é um diagrama UML que representa a estrutura do sistema projetado no nível de pacotes, sendo possível representar as dependências módulos e subsistemas.

Na Figura 33 representa a estrutura de pacotes do frontend, suas dependências e como se relacionam entre eles.

No pacote src ficam todos os pacotes relacionados ao código fonte da aplicação, no pacote public ficam os arquivos gerados pelo build do código fonte e no pacote node modules, ficam os arquivos de cache relacionado as dependências do projeto.

Figura 33 – Diagrama de pacotes do frontend

O diagrama da figura 34 representa o diagrama de pacotes da API, mostrando suas dependências e como se relacionam.

No pacote smart door, ficam os pacotes relacionados ao núcleo central da aplicação, enquanto no pacote api, ficam os arquivos de configuração do projeto.

Figura 34 – Diagrama de pacotes da API

5.4 Inovação

5.4.1 Reconhecimento facial com Visão Computacional

Segundo (Khurana; Chauhan; Singh, 2020), o rosto é o principal ponto focal a ser considerado na atividade de transmissão e reconhecimento de identidade. Seres humanos conseguem facilmente reconhecer e diferenciar faces, e até lembrá-las por longos períodos, mesmo considerando diversos fatores que dificultam, como penteado, barba e envelhecimento, por exemplo.

O computador também é capaz de realizar essas atividades, porém, projetar um modelo capaz de reconhecer faces humanas pode se tornar bastante complicado, pois o rosto humano tem muitas complexidades, aspectos multidimensionais e estímulos visuais (Khurana; Chauhan; Singh, 2020). Esses fatores podem tornar o processo de detecção e reconhecimento complicado e demorado, ou até mesmo combiná-los com os dados armazenados.

Visão Computacional tem como principal objetivo criar um sistema de reconhecimento facial que consiga imitar e até mesmo exceder essa habilidade humana(MILANO; HONORATO, 2014). Assim, a proposta de inovação se dará por meio da implementação do sistema de reconhecimento facial para validação dos usuários. O desenvolvimento desse sistema será por meio da linguagem de programação Python, por possuir uma vasta quantidade de bibliotecas com classes que dão suporte para manipulação e tratamento de imagens, inclusive a biblioteca OpenCV, que será utilizada no projeto.

Nos últimos anos, esse tema tem crescido muito em relevância e é cada vez mais

abordado na literatura, como pode ser visto nas figuras 95 e 36, que são gráficos de publicações ao longo dos anos, nas bases (SCOPUS, 2021) e (WEBSCIENCE, 2021), respectivamente, a partir da string de busca: ("facial recognition"AND "computer vision").

Figura 35 – Gráfico de publicações ao longo dos anos na base (SCOPUS, 2021) - Próprios Autores

Figura 36 – Gráfico de publicações ao longo dos anos na base (WEBSCIENCE, 2021) - Próprios Autores

Para que seja possível realizar o reconhecimento facial, os seguintes problemas devem ser solucionados (Boyko; Basystiuk; Shakhovska, 2018):

1. Encontrar o rosto, seja em fotos ou em vídeos.
2. Posicionar rosto: enfrenta-se a tarefa de posicionar o rosto como se a foto/vídeo fosse tirada diretamente.

3. Definição das características exclusivas, análise da imagem e obtenção dos valores digitais do rosto.
4. Identificação de uma pessoa, comparação dos dados recebidos com dados já conhecidos.

Na etapa inicial os rostos devem ser encontrados, pois se algum rosto não for identificado ou se algum outro objeto for considerado um rosto, os resultados podem ser insatisfatórios. O algoritmo utilizado no projeto para encontrar expressões faciais na imagem é o Histogram of Oriented Gradients.

Primeiramente a imagem é transformada para a escala de cinza(grayscale), pois os dados de cores na imagem não são relevantes para encontrar o rosto. Após essa etapa, cada pixel da imagem será analisado e também os pixels que estão ao seu redor. O propósito do algoritmo é comparar o quão escuro é o pixel em análise em relação aos pixels que o cercam. Em seguida é desenhada uma "seta", que é um gradiente, que indica a direção em que a imagem está ficando mais escura. Essa etapa é aplicada a cada pixel da imagem.

Ao substituir os pixels por gradientes, independentemente da claridade da imagem, a representação se mantém. Porém, ao salvar o gradiente para cada pixel, a imagem ainda contém muita informação, portanto, deve ser dividida em pequenos quadrados de dimensão 16x16 pixels cada, e em cada quadrado são contados quantos gradientes apontam em cada direção principal e estes são substituídos pelas direções principais. O propósito dessa etapa é ver apenas o fluxo básico de claridade/escuridão. Assim, obtém-se uma representação simples que captura a estrutura básica de um rosto.

Figura 37 – Olho com filtro HOG - (ARAFAH et al., 2019)

Após encontrar o rosto na imagem. ele deve ser posicionado, pois na maior parte das imagens os rostos não estão centralizados, o que pode piorar o posterior reconhe-

cimento. Para isso, será utilizado o algoritmo *Landmark Estimation Algorithm*. A ideia principal desse algoritmo é encontrar 68 pontos de referência que estão presentes em cada rosto. Após encontrar os pontos de referência, com pequenas rotações, o rosto é centralizado.

Figura 38 – 68 pontos de referência do Landmark Estimation Algorithm - (Boyko; Basystiuk; Shakhovska, 2018)

Após o posicionamento do rosto, é necessário encontrar características únicas para o rosto, de modo a conseguir distinguir faces, etapa diretamente relacionada ao reconhecimento facial. Comparar o rosto adquirido, inicialmente desconhecido, com todos os rostos disponíveis no banco de dados pode ser ineficaz e de alta complexidade computacional, no caso de haver um grande volume de dados. Assim, será aplicado o uso de *Deep Convolutional Neural Networks*, treinada para identificar 128 características faciais únicas. O processo de treinamento dessa rede neural funciona com o seguinte princípio:

- Upload da imagem do rosto de uma pessoa já conhecida (classificada);
- Upload de outra imagem do rosto da mesma pessoa (classificada);

- Upload de uma imagem do rosto de outra pessoa;

Figura 39 – Visualização do algoritmo de reconhecimento das características únicas do rosto - (Boyko; Basystiuk; Shakhovska, 2018)

A rede neural ajustará os resultados dos valores obtidos de forma que 128 características das imagens carregadas nas duas primeiras etapas sejam o mais próximo possível, e a imagem carregada na última etapa seja o mais diferente delas possível. Esse processo de treinamento consiste em gerar características numéricas únicas da face.

A última etapa do algoritmo consiste em comparar as 128 características obtidas do rosto na etapa anterior com todos os dados armazenados no banco de dados. Se eles coincidirem, será possível identificar a pessoa na imagem. Nessa etapa, será utilizado um classificador *(*Support Vector Machine) que possa fazer as medições de uma nova imagem de teste e informe qual pessoa conhecida é a mais próxima.

5.4.2 IoT

A comunicação entre a Raspberry Pi acoplada a porta e a API ocorrerá por meio do protocolo MQTT. Este protocolo foi escolhido pois este é protocolo padrão para comunicações de IoT, é um protocolo leve que permite a implementação em hardware de dispositivo altamente restringido e em redes de largura da banda limitada e de alta latência (diferente do HTTPS que possui pesados cabeçalhos e regras) e possui flexibilidade que possibilita suporte para diversos cenários para dispositivos e serviços de IoT.

Como apontado por IBM (2017), o MQTT segue o modelo de publicação (*publisher*) e assinatura (*subscriber*), este modelo contém duas entidades: o *broker* e os clientes.

Clientes podem se conectar ao broker e assinar tópicos de mensagem (sendo essa conexão, por exemplo, via TCP/IP), clientes também podem publicar mensagens em um determinado tópico (enviando a mensagem e o tópcio ao broker), por fim, O broker encaminha a mensagem a todos os clientes que assinam determinado tópico. O funcionamento desse protocolo pode ser observado na figura 40, onde observa-se o broker, os clientes ("sensores"e "serviços") e os tópicos ("data_x"e "data_y").

Figura 40 – Exemplo de funcionamento do protocolo MQTT - Adaptado de (IBM, 2017)

5.5 Resultados

Nessa seção está descrito os resultados de software, que foram obtidos através das pesquisas, levantamentos de requisitos e desenvolvimento.

5.5.1 Módulo de Reconhecimento Facial

A partir dos estudos obtidos no tópico anterior e com o suporte das bibliotecas OpenCV e facial_recognition, foi desenvolvido o módulo de reconhecimento facial embarcado, que rodará na Raspberry Pi acoplada a porta.

O funcionamento deste módulos se dá nas três seguintes etapas:

1. **Obtenção dos dados dos usuários cadastrados:** Primeiramente é feita uma requisição para a API para obtenção dos dados, em formato JSON, de todos os usuários cadastrados com as URLs de suas respectivas fotos. Após isso, são feitas

novas requisições para obtenção dos dados, também em formato JSON, das imagens de cada usuário. Esse processo pode ser observado na figura 41;

2. **Reconhecimento facial:** Nesta etapa ocorre o reconhecimento facial em si, como proposto no tópico 5.4. O sistema reconhece o usuário detectado e em seguida é comparado os dados obtidos com as imagens de cada usuário cadastrado, dados estes que foram obtidos na etapa anterior.

3. **Apresentação do resultado:** Nesta etapa, o sistema já possui o resultado do reconhecimento facial. Assim, como pode ser observado nas figuras 42 e 43, caso seja verificado que o usuário cujo reconhecimento facial foi realizado já está cadastrado no sistema é desenhado um quadrado com bordas verdes e o nome do usuário, já se o usuário não for cadastrado é desenhado um quadrado com bordas vermelhas e juntamente com o texto "Desconhecido".

Figura 41 – Diagrama de sequência da obtenção dos dados dos usuários cadastrados

Figura 42 – Reconhecimento facial de um usuário cadastrado

Figura 43 – Reconhecimento facial de um usuário não cadastrado

A figura 42 demonstra o reconhecimento da aplicação após o usuário ser cadastrado no sistema. Já a figura 43 apresenta um usuário ainda não cadastrado e por isso mostrado como desconhecido.

5.5.2 API

Com a modelagem dos diagramas vistos na Seção 5.3 foi definida a estrutura e desenvolvida API da aplicação que tem como função conectar o Website e o reconhecimento facial. As comunicações utilizadas para comunicar estas partes definem como são as requisições feitas para a API. A seguir como a finalidade de cada requisição por módulo:

- Reconhecimento facial são feitas requisições do tipo GET para enviar uma lista de todos os usuários cadastrados e sua respectiva foto e requisições do tipo POST para

enviar a temperatura de todos os usuários para fins de validação de entrada e salvar no histórico.

- Para o Website são feitas requisições do tipo GET para obter informações de usuários cadastrados, PUT para atualizar estes cadastros, POST para criar novos usuários com diferentes perfis e DELETE para excluir usuários inativos. O formato JSON padrão para as requisições é visto na figura 44.

```
POST /accounts/all-profiles

HTTP 201 Created
Allow: GET, POST, HEAD, OPTIONS
Content-Type: application/json
Vary: Accept

{
    "cpf": "04508856152",
    "user": "teste",
    "nome": "dasdas",
    "data_nascimento": "1995-03-15",
    "telefone": "61996422283",
    "endereco_cep": "quadra",
    "endereco_nome_rua": "3",
    "endereco_numero": "344",
    "endereco_nome_cidade": "aguas claras",
    "endereco_estado": "df",
    "created_at": "2021-05-08T21:46:18.711508Z",
    "is_employee": false,
    "is_admin": true,
    "created_by": 1
}
```

Figura 44 – End-point padão para requisições do Website

O objetivo da API é completo quando as informações requisitadas pelos outros módulos são atingidas. Todo formato disponibilizado pela API está em formato JSON que permite usar os protocolos HTTPs e MQTT vistos na Seção 6.2.

5.5.3 Website

A partir da modelagem de dados e dos requisitos levantados, que podem ser encontrados nos tópicos 5.3.2 e 2.3, foi desenvolvido um website, com a finalidade de ser uma ferramenta administrativa, para realização de cadastros de novos usuários/visitantes, atualização dos dados e consultar o histórico de entradas e saídas.

As páginas do website foram construídas seguindo o protótipo, que pode ser encontrado no tópico 5.1.2.

A figura 45 representa página inicial da aplicação, nela é possível abrir ou fechar a porta, ver os últimos usuários/visitantes cadastrados e ver o histórico de entradas e saídas, assim como a temperatura, data e horário do usuário/visitante no momento em que passou pela porta.

Figura 45 – Dashboard

A figura 46 representa a página de login, é a página onde é realizada a autenticação do usuário.

Figura 46 – Página de login

A figura 47 representa a tela referente ao cadastro de usuários, onde tem os campos

para preenchimento dos dados pessoais da pessoa que será cadastrada e um campo onde é possível adicionar fotos para que seja feito o reconhecimento facial.

Figura 47 – Página de cadastro de usuário

6 Arquitetura de Integração

O diagrama da arquitetura de integração contém aspectos da soluções realizadas pelas áreas de estrutura, eletrônica e software. A solução para a área de energia será tratada como uma caixa preta. A visão geral dos subsistemas integrados que compõe a *Smart Door* está representada na Figura 48, onde pode-se observar os módulos conectados entre si para que ocorra o funcionamento do sistema.

Figura 48 – Subsistemas integrados

A estrutura tem por objetivo acoplar os componentes eletro-eletrônicos dentro dos gabinetes, como o sistema embarcado, o *Cottonwood* responsável pelo RFID, o NoBreak,

os cabos para a distribuição energética de todo o sistema, além dos cabos coaxial para a ligação das antenas. As antenas utilizadas serão instaladas nos gabinetes, sendo duas em cada gabinete de acordo com o Wilkison de 4 vias utilizado para potencializar a faixa de alcance do sistema RFID. O display LCD estará posicionado em uma caixa junto com as câmeras para reconhecimento facial e leitura térmica na moldura da porta.

A alimentação de todo o circuito ocorrerá através de uma caixa preta, que contém o NoBreak. Os cabos vão sair do NoBreak para alimentação do sistema, como os componentes eletrônicos necessitam de uma alimentação menor que a fornecida pelo NoBreak, será utilizado um regulador de tensão Dc-Dc, pois a tensão de saída da *Raspberry* é de 3.3V e a tensão de partida do motor é de 8V até 15V. Os motores serão alimentados diretamente da fonte pois trabalham com tensão na faixa de 110V ou 220V.

A solução eletrônica é representada pelo módulos de RFID, conversor USB-UART, câmera de reconhecimento facial, câmera de leitura térmica, display LDC para interação com o usuário. A conexão desses módulos é feita pela central de controle representada pelo sistema embarcado. Para a comunicação entre a solução eletrônica e o *backend* da arquitetura de software, é utilizado o protocolo de comunicação MQTT.

A integração de cada subsistema são detalhadas nas seções seguintes deste capítulo. A seção 6.1 contém a descrição do posicionamento dos componentes eletrônicos e a disponibilização dos cabos que alimentam todos os componentes. A seção 6.2 apresenta os detalhes de como é realizado a comunicação da API com o sistema embarcado, através do protocolo MQTT, que funciona por meio do modelo de publicação e assinatura.

6.1 Integração Estrutura e Eletrônica

O posicionamento dos componentes e módulos foram escolhidos em conjunto entre os membros de Eletrônica e da Estrutura, de acordo com as necessidades e pensando no melhor arranjo disponível dentro dos gabinetes. Os pontos mais importantes levantados foram a melhor disponibilização dos componentes e módulos eletrônicos para melhor aproveitamento do espaço interno e na facilidade da construção e manutenção da porta.

- **Disposição do Sistema de Alimentação , Componentes e Módulos Eletrônicos e Motores**

Como a área de energia está sendo tratada como uma caixa preta, foi apenas dimensionado e alocado um NoBreak e a partir dele o sistema de alimentação foi realizado, sistema este que no qual foram utilizados fios apenas de modo ilustrativo para mostrar a alimentação do projeto, sendo assim sem o dimensionamento das bitolas dos fios. A maior parte dos componentes eletrônicos foi alocado no mesmo gabinete que o NoBreak,

pensando na facilidade de alimentação da circuitaria além de melhor aproveitamento do espaço disponível na estrutura.

A disposição dos componentes externos é ilustrada na Figura 49, podemos destacar as câmeras tanto para leitura termográfica quanto de uso de reconhecimento facial, o display LCD que realiza a interação com o usuário, além da disposição das antenas.

Figura 49 – Componentes externos.

A vista lateral na Figura 50 nos mostra a disposição da *Raspberry*, sendo ela necessária ficar a uma distância de no máximo 200mm devido a limitação do cabo *flat* da câmera de reconhecimento facial e do display LCD.

Figura 50 – Vista Componentes Eletrônicos

Podemos ver na Figura 51 o módulo RFID, este foi necessário criar uma blindagem eletromagnética de circuito RF para que não houvesse interferências tanto nele quanto na *Raspberry*.

Por fim, podemos ver o módulo conversor que liga o módulo RFID à *Raspberry* visto na Figura 51.

Figura 51 – Vista Componentes Eletrônicos Dentro do Gabinete

Podemos notar que a disposição dos componentes foram pensadas de forma que seja fácil a construção e manutenção dos componentes internos , pelo fato das laterais do gabinete e da parte frontal onde se encontram as antenas, serem facilmente removidas como visto na Figura 52, pois são parafusadas.

Figura 52 – Vista Lateral e Frontal

6.2 Integração Software e Eletrônica

Como descrito no tópico 5.4.2, a comunicação da API do sistema de software fará a comunicação com a Raspberry Pi por meio do protocolo MQTT, que funciona por meio do modelo de publicação e assinatura.

A figura 53 apresenta o diagrama de integração de Software com Eletrônica.

Figura 53 – Diagrama de Integração de Software e Eletrônica

Dentro da API será implementado um gateway que operará como o *message broker* deste protocolo. Da parte de software existem os clientes responsáveis pelo reconhecimento facial, temperatura e RFID. Os clientes de temperatura e RFID atuarão como *subscribers* dos tópicos "temperature"e "rfID", respectivamente, apenas recebendo os dados transmitidos por esses canais. Já o cliente de reconhecimento facial atuará tanto como *subscriber* quanto *publisher* no tópico "facialRecognition", visto que esse além de receber os dados enviados por esse canal, também deverá enviar dados que serão utilizados pela Raspberry Pi.

Da parte de eletrônica terá a Raspberry Pi, que está conectada com os sensores de temperatura, RFID e o sensor visual, que atuará como cliente, sendo tanto *publisher* como *subscriber* dos tópicos "temperature", "rfID"e "facialRecognition".

Abaixo estão os tópicos e o dados esperados em cada um deles:

- **temperature:** Temperatura aferida em ºC (celsius).
- **rfID:** Valor identificador do RFID do respectivo usuário.
- **facialRecognition:** Dados da imagem detectada (lista de RGBs).

7 Custos do projeto

7.1 Custos

Os custos finais para a construção do projeto foram levantados a partir dos principais gastos de cada área, sendo especificados nas tabelas abaixo e somados no final.

7.1.1 Eletrônica

Os maiores custos relacionados à eletrônica estão relacionados serão com a aquisição de câmeras térmicas e comuns para o primeiro ponto de controle. Após o dimensionamento do sistema RFID a tabela sofrerá uma grande mudança.

Descrição	Quantidade	Total (R$)
Raspberry Pi 4	1	630,00
Câmera Raspberry Pi v2 8MP	1	300,00
Câmera termográfica Lepton 2.5	1	1100,00
Antenas ALR-A0501-F	4	3.749,36
Etiquetas RFID 900 MHz UHF	100	299,90
Cabo Flat 200mm Raspberry Pi	2	72,00
Cottonwood: TTL UART Long Range UHF RFID	1	979,23
Módulo Conversor USB-UART	1	22,00
Display Raspberry Pi Touchscreen 7 polegadas	1	999,00
SD Card32 GBs extreme	1	70,90
Total		R$ 8.086,38

Tabela 2 – Custos em eletrônica

7.1.2 Estrutura

Componente	Material	Quantidade	Total (R$)
Porta	Vidro laminado	2	646
Moldura	Tubo de aço 6m 2"	1	505,90
Chassi	Aço 2mm m^2	2	715,08
Gabinete	Aço 1mm m^2	5	1293,15
ED100	Mecanismo de abertura pivotante	2	4312
Parafusos	M5, M4, M3 e porcas	218	26,34
Total			R$ 7497,02

Tabela 3 – Custos em estrutura

7.1.3 Software

Os custos de software estão relacionados aos custos do servidor e do domínio. A escolha do servidor já foi feita pensando na demanda inicial de memória e processamento do módulo de reconhecimento facial e API.

Descrição	Valor (R$)
Servidor backend - Digital Ocean - 2 CPUs, 4GB e 80GB de SSD	104,73/mês
Servidor frontend - Netlify	99,50/mês
Domínio	3,33/mês
Total	R$ 207,56/mês

Tabela 4 – Custos em software

Referências

ANATEL. Disponível em: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/index.php/component/content/article?id=1244>. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 31.

ARAFAH, M. et al. Face recognition system using viola jones, histograms of oriented gradients and multi-class support vector machine. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1341, p. 042005, Oct 2019. ISSN 1742-6588, 1742-6596. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 57.

ARDUINO.ORG. *Display de 7 polegadas oficial do Raspberry Pi: como usar*. Acessado em 2021-04-10. Disponível em: <https://br-arduino.org/2016/10/display-de-7-polegadas-oficial-do-raspberry-pi-como-usar.html>. Citado na página 82.

Boyko, N.; Basystiuk, O.; Shakhovska, N. Performance evaluation and comparison of software for face recognition, based on dlib and opencv library. In: *2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining Processing (DSMP)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 478–482. Citado 4 vezes nas páginas 5, 56, 58 e 59.

BRADSKI, G.; KAEHLER, A. Opencv. *Dr. Dobb's journal of software tools*, v. 3, 2000. Citado na página 34.

CHE, X.-H. et al. *Antisense confirmation of ,U - and Ic-opioid receptor mediation of morphine's effects on body temperature in rats*. 1996. Citado na página 15.

CULJAK, I. et al. A brief introduction to opencv. In: IEEE. *2012 proceedings of the 35th international convention MIPRO*. [S.l.], 2012. p. 1725–1730. Citado na página 34.

DJANGO. <https://docs.djangoproject.com/en/3.1/>. Accessed: 2021-03-19. Citado na página 33.

DORMAKABA. *ED100 ED250 - Dormakaba*. Acessado em 2021-05-18. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj1k_XSiNfwAhUXH7kGHe93AZ4QFjAAegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fwww.dormakaba.com%2Fresource%2Fblob%2F135540%2Fdb9b375d6ad016588613e8f81af3c876%2Ftb-05374151532-ed100-ed250-a4-en-20190912-pdf-data.pdf&usg=AOvVaw0B_2A-nddL8VnResnLKFLz>. Citado na página 171.

DUARTE, M. C. da S. *Efeito do acabamento superficial na resistência à corrosão de aços inoxidáveis coloridos*. 2010. Citado 2 vezes nas páginas 93 e 94.

ENTENDA o que é polipropileno (PP) e para o que serve? 2018. <https://www.gruporpf.com.br/blog/entenda-o-que-e-polipropileno-pp-que-para-o-que-serve/>. Accessed: 2021-04-17. Citado na página 93.

EVANS, T. Film formation on stainless steel in a solution containing chromic and sulphuric acids. *Corrosion Science*, v. 17, n. 2, p. 105–124, 1977. ISSN 0010-938X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0010938X77900129>. Citado 2 vezes nas páginas 94 e 95.

FILIPEFLOP. *Modo Quioesque*. Acessado em 2021-05-2. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/modo-quiosque-com-raspberry-pi/>. Citado na página 24.

FINKENZELLER, K. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and near-Field Communication*. 2003. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 85.

FLIR LEPTON 2.5. *Datasheet - FLIR Lepton 2.5*. Acessado em 2021-04-10. Disponível em: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj65dH_1YjwAhXRIbkGHbOXAM0QFjAAegQIBhAD&url=https%3A%2F%2Flepton.flir.com%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F06%2Flepton-2pt5-datasheet-04195.pdf&usg=AOvVaw2SYS-FVJR_vuNxBY8AnIc3>. Citado na página 85.

HEATH, S. *Embedded Systems Design*. [S.l.]: Newnes, 2002. v. 2. Citado na página 82.

IBM. *Conhecendo o MQTT*. 2017. <https://developer.ibm.com/br/technologies/iot/articles/iot-mqtt-why-good-for-iot/>. Accessed: 2021-04-20. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 60.

JAIN, A. K.; ROSS, A.; PANKANTI, S. Biometrics: A tool for information security. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, v. 1, n. 2, p. 125–143, 2006. Citado na página 14.

Khurana, L.; Chauhan, A.; Singh, P. Comparative analysis of opencv recognisers for face recognition. In: *2020 10th International Conference on Cloud Computing, Data Science Engineering (Confluence)*. [S.l.: s.n.], 2020. p. 485–490. Citado na página 55.

KRAUSS, G. *Steels: Heat Treatment and Processing Principles*. [S.l.]: Asm Intl, 1990. v. 1. Citado na página 93.

MILANO, D. de; HONORATO, L. B. *Visao computacional*. 2014. Citado na página 55.

MORDVINTSEV, A.; ABID, K. Opencv-python tutorials documentation. *Obtenido de https://media.readthedocs.org/pdf/opencv-python-tutroals/latest/opencv-python-tutroals.pdf*, 2014. Citado na página 33.

NGUYEN, A. V. et al. *Comparison of 3 infrared thermal detection systems and self-report for mass fever screening*. 2010. Citado na página 15.

OGURA, K.; SAKURAI, K.; UEHARA, S. Room temperature-coloration of stainless steel by alternating potential pulse method. *Journal of The Electrochemical Society*, The Electrochemical Society, v. 141, n. 3, p. 648–651, mar 1994. Disponível em: <https://doi.org/10.1149/1.2054785>. Citado na página 94.

PICKERING, F. B. *Physical Metallurgy of stainless steel*. 1976. Citado na página 93.

POSTGRESQL. <https://www.postgresql.org/docs/>. Accessed: 2021-03-19. Citado na página 34.

RICALDONI, F. C. *Avaliação do Desempenho dos Aços Inoxidáveis Coloridos aplicados a Instrumentos Médico-Hospitalares*. 2013. Citado na página 95.

RODSIRI, R. et al. *Acute concomitant effects of MDMA binge dosingon extracellular 5-HT, locomotion and bodytemperature and the long-term effect on novelobject discrimination in rats*. 2010. Citado na página 15.

SCOPUS. 2021. <https://www-scopus.ez54.periodicos.capes.gov.br/term/analyzer.uri?sid=ea65fc77755f46294873da8797df3d78&origin=resultslist&src=s&s=TITLE-ABS-KEY("facial+recognition"AND+"computer+vision")&sort=plf-f&sdt=b&sot=b&sl=56&count=345&analyzeResults=Analyze+results&txGid=98b8497a36b612e95c793129ac690aae>. Accessed: 2021-03-19. Citado 2 vezes nas páginas 4 e 56.

SEDRIKS, A. J. *Corrosion of Stainless Steels*. [S.l.]: Wiley-Interscience, 1996. v. 1. Citado na página 93.

VIANA, M. et al. Jscity–visualização de sistemas javascript em 3d. In: *III Workshop de Visualização, Evolução e Manutenção de Software (VEM)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 73–80. Citado na página 33.

WEBSCIENCE. 2021. <http://wcs.webofknowledge.com/RA/analyze.do?product=WOS&SID=5A4NURUHO6vYfJbGUgW&field=PY_PublicationYear_PublicationYear_en&yearSort=true>. Accessed: 2021-03-19. Citado 2 vezes nas páginas 5 e 56.

Apêndices

APÊNDICE A – Principais Tomadas de Decisões de Software

A.1 Escolha por não fazer aplicativo móvel (19/02/2021)

O aplicativo móvel, que seria utilizado pelos usuários, não teria funcionalidades relevantes, serviria apenas como um meio de notificar o usuário. Devido a isso, e também levando em conta a complexidade de criar aplicativos móveis para as plataformas iOS e Android, optou-se por remover esse módulo.

A.2 Escolha das tecnologias Django Rest Framework e PostgreSQL para o back-end (26/02/2021)

A fácil integração do Python com o OpenCV e com a Raspberry Pi e a facilidade de construção de uma API utilizando o Django Rest nos levaram a essa escolha.

A.3 Escolha da tecnologia JavaScript com a biblioteca React para o front-end (26/02/2021)

JavaScript é a linguagem que roda na maioria dos navegadores, com React é possível construir interfaces reativas, proporcionando uma ótima usabilidade.

A.4 Escolha por fazer o módulo de reconhecimento facial utilizando Visão Computacional com OpenCV ao invés de Rede Neural (03/03/2021)

Após uma pesquisa bibliográfica, percebeu-se que ao utilizar de Redes Neurais não era uma abordagem viável para o desenvolvimento do módulo de Reconhecimento Facial. Assim, ainda com base na pesquisa, optou-se pela utilizada de Visão Computacional, com o auxílio da biblioteca OpenCV, para construção desse módulo.

A.5 Escolha do protocolo MQTT para comunicação entre a Raspberry Pi e a API (10/04/2021)

Essa decisão foi tomada com o apoio a equipe de eletrônica do projeto, que possui maior conhecimento sobre IoT. Esta decisão se deu por conta do protocolo MQTT ser o protocolo padrão de troca de mensagens em embarcados. Este é um protocolo leve que permite a implementação em hardware de dispositivo altamente restringido e em redes de largura da banda limitada e de alta latência. Além disso, sua flexibilidade possibilita o suporte a diversos cenários para dispositivos e serviços de IoT.

A.6 Implementação do reconhecimento facial apenas na Raspberry Pi (27/04/2021)

Devido ao curto tempo de desenvolvimento, o grupo optou por focar o desenvolvimento do módulo de reconhecimento apenas na Raspberry Pi, dessa forma, não desenvolvendo a parte de reconhecimento facial que aconteceria na API. Optou-se por esta decisão pois o funcionamento do reconhecimento facial apenas na Raspberry Pi não impede e não limita o produto de cumprir seu propósito e, além disso, seria possível implementar o reconhecimento facial na API no futuro e agregar isto a solução.

A.7 Utilização do Protocolo HTTPS para comunicação do módulo embarcado e a API (03/05/2021)

Devido ao curto tempo de implementação, o grupo optou por utilizar o protocolo HTTPS para comunicação da Raspberry Pi com a API, visto que esse protocolo pode ser implementado com maior velocidade e ele permite que a solução cumpra o seu propósito. Apesar disso, foi planejado e documentado o plano de integração de software com eletrônica por meio do protocolo MQTT, sendo essa uma melhoria futura.

APÊNDICE B – Artefatos de Software

B.1 Organização

Os artefatos de software do projeto ficam hospedados na plataforma em nuvem para versionamento de código GitHub, onde cada artefato tem um repositório próprio. Esses repositórios ficam centralizados em uma organização, onde é possível ter acesso a todos eles.

A organização pode ser acessada no seguinte link: PI2-G9

B.2 API

A API é a interface de comunicação do servidor com o aplicação frontend e com a Raspberry Pi. É feita com o framework Djando Rest. A API centraliza a comunicação do banco de dados, mantendo a consistência do mesmo.

O repositório da API pode ser acessado pelo link: API

B.3 Frontend

O frontend é o website que será utilizado pelo administrador para realizar funções administrativas, como por exemplo, cadastrar usuários, acessar histórico de entradas e saídas.

O repositório do frontend pode ser acessado pelo link: Frontend

B.4 Protótipo de Alta Fidelidade

O protótipo de alta fidelidade do website pode ser encontrado no seguinte link: Protótipo

B.5 Módulo de Reconhecimento Facial

O módulo de reconhecimento facial, suportado pelas bibliotecas facial_recognition e OpenCV, que atua na Raspeberry Pi, pode ser encontrado no seguinte link: Reconhecimento Facial

B.6 Mock da API para Reconhecimento Facial

Como o desenvolvimento do módulo de reconhecimento facial e a API estavam ocorrendo em paralelo, e visto que este módulo necessita de dados vindos da API para validação do usuário reconhecido, optou-se por desenvolver um Mock da API utilizado apenas em ambiente de desenvolvimento.

O respositório deste mock pode ser acessado pelo link: Mock API

APÊNDICE C – Escolha dos Componentes Eletrônicos

O sistema eletrônico da *SmartDoor* será composto por uma raspberry que vai atuar como sistema central do projeto, onde todas as requisições serão feitas por ela.

A raspberry será responsável pelo funcionamento do sistema, sendo responsável pela leitura térmica do usuário, comunicação com o display, comunicação com o sistema RFID para validação da etiqueta, o processamento de reconhecimento facial do usuário, além de enviar o sinal para o ED100 no qual realiza o acionamento dos motores, portanto, atuando como sistema de controle da abertura da porta. É utilizado também o sensor de presença do próprio ED100 e também o seu sensor de fim de curso.

C.1 Raspberry Pi

O sistema embarcado irá ocorrer através da Raspberry Pi. Um sistema embarcado é um sistema de computador com uma função dedicada dentro de um sistema mecânico ou elétrico maior e geralmente com restrições de computação em tempo real. E é incorporado como parte de um dispositivo completo, muitas vezes incluindo peças mecânicas e de hardware. Sistemas embarcados controlam muitos dispositivos em uso comum hoje em dia. Noventa e oito por cento de todos os microprocessadores são fabricados como componentes de sistemas embarcado.(HEATH, 2002)

A placa Raspberry Pi é um computador de placa única, ela estará acomplada a todos os componentes periféricos do sistema e ao banco de dados que ficará na nuvem. A raspberry, de modo geral, funcionará como a parte que tomará as decisões no sistema e atuará como sistema de controle também.

C.2 Tela LCD

Foi escolhido a tela de 7 polegadas Raspberry Pi 4 modelo B para realizar a interação com o usuário. Apesar de existir diversos modelos para conexão da Raspberry Pi a monitores, como por exemplo utilizando o HDMI, a própria Raspberry lançou um modelo de display torna mais confiável a utilização. Modelo escolhido, pois ele possui o tamanho ideal para se acoplado na moldura esquerda, conseguindo fornecer um *feedback* para o usuário.(ARDUINO.ORG,)

Para conectar a Raspberry Pi, utilizamos um cabo flat no qual conecta a placa

adaptadora ao conector DSI do Raspbery Pi, também é utilizado jumpers para alimentação ou um cabo USB.

C.3 Sistema de Aquisição

C.3.1 Reconhecimento facial

A câmera utilizada para o reconhecimento facial, foi escolhida com base em compatibilidade com o sistema de processamento, tamanho físico e resolução de imagem. Buscando nessas características a melhor compatibilidade com a raspberry, o menor tamanho para integração na estrutura e a melhor resolução. Entre as escolhas que atendem as especificações a escolhida foi a Câmera Raspberry Pi v2 com 8MP e sensor Sony IMX219, com uma grande compatibilidade com o sistema por ser da mesma companhia, com um tamanho pequeno de dimensões 25mm x 20mm x 9mm e com uma resolução de imagem de 8 mega pixeis podendo chegar a imagens de até 1080 pixeis, suas especificações podem ser vistas no apêndice D.1.2 .

O sistema de captura e comparação será feito pela raspberry, a qual conterá os arquivos de comparação e por meio da câmera ligada a ela implementara a captura de vídeo no qual será adquirida as imagens, as quais receberão filtros onde se selecionara o rosto e passara a imagem para escalas de cinza e realizará a comparação, como visto na Figura 54

Figura 54 – Diagrama simplificado do sistema de reconhecimento facial

C.3.2 Leitura termográfica

A FLIR Lepton 2.5 é uma câmera infravermelha de onda longa com capacidade radiométrica menor do que uma moeda, cabe dentro de um smartphone e é mais barata do que as câmeras infravermelhas tradicionais. Com uma matriz de plano focal de 80x60 pixels ativos, a câmera Lepton se integra facilmente em nosso sistema embarcado. O Lepton radiométrico captura dados de temperatura precisos, calibrados e sem contato em cada pixel. Sendo excelente para nossa finalizade, pois trabalha bem com ferramentas de desolvimento baseadas em ARM, que é o caso da Raspbery Pi.

A câmera Lepton 2.5 possui uma resolução de 80 x 60 pixels ativos em uma câmera com dimensões muito pequenas sendo elas 11.5 × 12.7 × 6.835 mm. A capturação da entrada de radiação infravermelha em sua banda de comprimento de onda tem uma resposta nominal de 8 a 14μm e produz uma imagem uniforme. O Lepton 2.5 gera um

valor de temperatura calibrado de fábrica para todos os 4800 pixels em um quadro. Ela aceita uma entrada de 3.5V ou 5V, para ler a imagem precisamos conectar a Lepton 2.5 a porta SPI da Raspberry, onde também faremos os ajustes da câmera. É possível utilizar sem a conexão I^2C, porém é indicado para mexer na interface de controle.(FLIR LEPTON 2.5,)

Para conexão da Lepton 2.5 com a Raspbeery, podemos utilizar de acordo com a figura 19.

Figura 55 – Tabela de conexões

C.3.3 RFID

Para o dimensionamento do sistema RFID foi escolhido o sistema de transponder passivo 868/915 MHz (IS0 18000). De acordo com o gráfico a seguir (FINKENZELLER, 2003), essa categoria possui as características solicitadas pelo escopo do projeto e uma distância considerável para a categoria passiva, podendo chegar a vários metros de distância. Essa tecnologia é comumente usada em sistemas de cobrança automática de pedágio em estradas e em depósitos com logística de mercadorias, conhecida comercialmente como RFID UHF (Ultra High Frequency).

Figura 56 – Classificação de Sistemas RFID low-end e high-end de acordo com sua funcionalidade

O RFID UHF passivo também possui aplicações em autenticação e criptografia, mas a criptografia no RFID não é um dos requisitos do projeto por se tratar de um sistema fechado com o número de usuários chegando no máximo a alguns milhares cadastrados, e tendo uma segunda identificação por reconhecimento facial, tornando o sistema RFID uma validação e associação do usuário à etiqueta que ele está portando para possíveis dispositivos detectores implementados no espaço interno.

O modelo de placa para a leitura e identificação da etiqueta RFID selecionado foi o modelo Cottonwood com Circuito Integrado AS3992, por ser de rápida manutenção e atender perfeitamente a distância solicitada pelo projeto, que pode variar de 1 a 2 metros.

O modelo Cottonwood tem em suas especificações a distância máxima de 5 metros em um cenário ideal, mas para solucionar os requisitos do projeto será usado um divisor de potência do tipo Wilkinson de quatro vias e quatro antenas, como demostrado na imagem a seguir.

O diagrama representando na Figura 57 representa o sistema RFID do projeto, sendo meramente ilustrativo para o entendimento da implementação.

Figura 57 – Diagrama do sistema RFID do projeto

As antenas serão dispostas na porta tanto na parte frontal quanto na parte traseira dos gabinetes, e as múltiplas identificações de usuários são contempladas pelo protocolo ISO 18000-6C (EPC Gen2) usado pelo CI AS3992.

O Wilkinson é um divisor de potência bem comum na eletrônica de radiofrequência, faz o balanceamento entre as cargas nas antenas com o objetivo de não sobrecarregar o resto do sistema e, caso alguma antena seja danificada, as restantes ainda conseguem se manter em funcionamento por um curto período até ter uma manutenção do dispositivo danificado.

Figura 58 – Simulação do Wilkinson ideal de quatro vias no ADS

Figura 59 – Simulação do Wilkinson não ideal e não otimizado de quatro vias no ADS

APÊNDICE D – Testes e Repositório Eletrônica

Para garantir a eficácia do produto, é necessário que seja realizado testes específicos que abranjam tanto hardware quanto software, sendo desenvolvidos para simular a aquisição de dados e analisando se a saída obtida está de acordo com o esperado.

- Verificar a continuidade dos fios que conectam todo o sistema.
- Verificar com multímetro as tensões de alimentação, saída dos módulos e do ED100.
- Verificar o encaixe dos cabos coaxiais das antenas.
- Verificar se o sensor de presença detecta quando uma pessoa entra na sua faixa de alcance.
- Verificar se as antenas detectam as etiquetas de RFDI dentro da faixa de alcance.
- Verificar se está ativando as mensagens de acesso autorizado ou acesso negado no Display.
- Verificar no sistema se armazena corretamente a leitura termográfica realizada pela câmera lepton 2.5.
- Verificar se a raspberry ativa os motores quando um acesso é autorizado.

Todos os códigos utilizados na montagem e testes dos módulos eletrônicos podem ser acessador pelo github da *SmartDoor*-Eletrônica, pelo link:

SmartDoor - Eletronica

D.1 Especificações Componentes e Módulos

D.1.1 *Raspberry Pi 4*

Suas especificações são:

- Processador Broadcom 2711 Quad-core Cortex-A72 @ 1.5GHz
- Clock
- Memória Ram

- Adaptador Wifi
- Bluetooth
- 2 conectores de vídeo HDMI de até 4k
- 4 portas USB (2 portas 2.0 e 2 portas 3.0)
- Conector Ethernet com suporte IEEE 1588
- Interface para câmera (CSI)
- Interface para display (DSI)
- Slot para cartão microSD
- Conector áudio e vídeo
- GPIO 40 pinos
- Número de homologação Anatel: 06004-19-10629 (ref)
- Dimensões: 85 x 56 x 17mm

D.1.2 Câmera Raspberry Pi v2 8MP

- Câmera Raspberry Pi v2 com 8MP e sensor Sony IMX219
- Conector CSI (Camera Serial Interface)
- Sensor: Sony IMX219
- Resolução: 8MP
- Dimensões: 25 x 20 x 9mm
- Peso: 3g

APÊNDICE E – Escolha do material do gabinete e da porta

Ao ponderar sobre o gabinete da porta, ocorreu 3 tipos de materiais para o mesmo, tais como: metal, madeira e polímeros

De acordo com o Instituto de Estudos e Marketing Industrial (Iemi) e a Associação das Indústrias de Móveis do Estado do Rio Grande do Sul (Movergs), os móveis de metal são compostos essencialmente por tubos (62% em peso) e por chapas (38%). O outro tipo de insumo metálico são as chamadas ferragens (como puxadores), utilizadas também em móveis de madeira e de outros materiais. As ferragens de melhor qualidade são produzidas em latão, liga de cobre e zinco que oferece inúmeras vantagens em relação a outros materiais, como zamak (ligas de zinco com alumínio, magnésio e cobre), alumínio, aço carbono e aço inoxidável. A forma e a disposição das ferragens constituem importante ferramenta para o design de móveis em geral.

A primeira matéria-prima empregada na fabricação de móveis foi a madeira nativa, ou madeira de lei. Suas características principais são a aparência das diferentes fibras e colorações, a alta resistência física e mecânica, a durabilidade e a usinabilidade (pode ser emoldurada, torneada ou entalhada). Como exemplo, podemos citar o jacarandá, o mogno, a imbuia, a cerejeira, o freijó e o marfim.

Os compostos laminados, que se caracterizam pela estrutura contínua de linha de cola através do processo de colagem, para fabricação de produtos como: compensado multilaminado, compensado sarrafeado (blockboard), compensado de lâminas paralelas (lammyboard), compensado de madeira maciça (three-ply) e painel de lâminas paralelas (laminated veneer lumber –LVL).

Entretanto há um inegável avanço em materiais poliméricos de forma a termos como opção o polipropileno. Uma opção mais barata e de fabricação ecologicamente correta podendo ser reciclada, seguindo normas técnicas da Anvisa, para as partes que deverão guardar peças e fios que utilizaremos para a confecção da porta.

Assim as opções para a confecção do gabinete são: o Polipropileno (PP) ou aço inoxidável.

E.1 Polipropileno

A maiorias dos materiais de construção, do ponto de vista de resistência, seguem aproximadamente a Lei de Hook. Eles são elásticos ou quase elásticos, sendo então possível conduzir os cálculos, pela Lei de Hook, com razoável segurança. Isto, entretanto, não se verifica para os materiais plásticos. Nestes, a deformação não é proporcional ao esforço, nem independente do tempo de duração da carga aplicada.

Quando o plástico é submetido a esforços, ocorre o creep no material semelhante ao que se observa no aço a alta temperatura. Este creep aumenta com a temperatura.

Tabela 5 – Propriedades mecânicas do Polipropileno

Propriedades Mecânicas	**Valores(MPA)**
Tensão de Escoamento à Tração	35
Tensão de ruptura à compressão	60
Tensão de ruptura à flexão	40
Módulo de elasticidade à tração	1100
Módulo de elasticidade à compressão	1030
Módulo de elasticidade à flexão	1300
Alongamento até a ruptura (porcentagem)	600

Vantagens do polipropileno:

- Alta tenacidade;
- Facilidade de pigmentação (semi-brilho);
- Resistência química;
- Tem alta resistência a detergentes e produtos de limpeza;
- Resistência ao mofo e intempéries;
- Absorção baixa a umidade;
- Material reciclável e possui o número 5 como código de identificação de reciclagem;
- Matéria-prima leve;
- Utilizando-se da usinagem CNC, pois através dele podemos obter placas com o acabamento milimétrico com curvas e detalhes;

- Garante produtos com precisão permite corte/recortes precisos, usinagem em todos os ângulos e sentidos e ótimos acabamentos;
- Pode atingir um grau de cristalinidade de até 70%, o que confere ao polímero elevada resistência à tração, rigidez e dureza e resistência à fadiga mecânica.

Desvantagens do polipropileno:

- Baixa resistência à variação brusca do clima, o que pode por exemplo causar manchas e perdas de propriedades quando expostas ao sol;
- Resistência à adição de tinta ou tinta após a conclusão do processo de resfriamento.

  (ENTENDA..., 2018)

E.2 Aço inoxidável

Aços inoxidáveis são considerados de extrema importância tecnológica e econômica pelo fato de serem matérias com alta resistência mecânica e resistência a corrosão, tornando então o mesmo mais durável em relação a outros materiais. (SEDRIKS, 1996), afirma que esse material tem sido amplamente utilizado em indústrias químicas, petroquímicas, de processos e de energia.

A característica mais importante a ser citada do aço inoxidável é a sua resistência à corrosão, em razão da presença de cromo em quantidades superiores a 10,5% em peso. (KRAUSS, 1990) cita que essa resistência é obtida devido a uma fina camada de óxido ou filme que o cromo produz, de forma que aquela fique firmemente aderida à superfície do aço, impedindo o processo de oxidação.

(PICKERING, 1976) menciona importantes fatores que devem ser levados em conta no momento do desenvolvimento de diversos tipos de aços inoxidáveis, os quais são:

- Resistência à corrosão e a oxidação em ambientes de operação;
- Propriedades físicas e mecânicas;
- Características induzidas na fabricação decorrente de trabalhos a quente e a frio.

De acordo com (DUARTE, 2010), nem sempre a tonalidade cinza metálica característica do aço inoxidável se ajusta harmoniosamente ao ambiente onde ele é aplicado. Dessa forma e visando aumentar a aplicabilidade desse material com vistas a atender os mercados da arquitetura e construção civil, diversos processos de coloração para o aço inoxidável têm sido desenvolvidos.

A coloração do aço inoxidável pode ser realizada em qualquer tipo de acabamento mecânico, seja ele escovado ou brilhante, o que amplia consideravelmente a utilização deste material.

(DUARTE, 2010), cita que a percepção de cor da superfície dos aços inoxidáveis coloridos, resulta de fenômenos de interferência luminosa que ocorrem na interação da luz ambiente com uma película de óxidos que reveste a superfícies do material. Este fenômeno ocorre quando a luz ambiente incide na superfície do filme de forma que uma parte será refratada e outra refletida, conforme apresenta a figura 1. A consequência desse efeito é a defasagem entres as ondas provocada pela distância que a luz percorre dentro do filme de oxido de forma que o feixe resultante apresente uma cor devido ao seu respectivo comprimento de onda a partir da interferência em diferentes intensidades.

Figura 60 – Esquema mostrando a interferência dos raios refletidos na superfície do filme e na interface substrato/filme dos aços coloridos

De acordo com (OGURA; SAKURAI; UEHARA, 1994), a sequência de cores pode ser obtida com a variação da espessura da camada de óxido, a concentração de componentes na solução, o tempo de imersão, a temperatura da solução e as condições do aço. Vale ressaltar que a qualidade da coloração de uma chapa de aço inoxidável é dependente do estado inicial da superfície da chapa, ou seja, quanto mais polida for a superfície da chapa, mais homogênea será a coloração obtida.

Basicamente existem três métodos para obter o crescimento de filmes coloridos por interferências, sendo eles o de oxidação térmica, química e eletroquímica.

O processo de oxidação térmica conforme apresenta o estudo de (EVANS, 1977), é realizado em uma atmosfera controlada em recipiente fechado sob uma corrente de gás, podendo ser este, argônio, hélio ou hidrogênio, e a temperatura do sistema deve estar variando na faixa entre 500e 900ºC, porém neste método, as cores são pouco intensas quando comparadas às obtidas pelo processo de oxidação química.

Já o método de oxidação química, consiste em um tratamento onde o aço inoxidável e imerso em uma solução concentrada de ácido crômico e ácido sulfúrico, a uma temperatura entre 80 e 85ºC, para então ser realizado um tratamento catódico de forma

aumentar o endurecimento do filme. (EVANS, 1977) desenvolveu este método que conduz à formação de filmes de óxidos interferentes que possuem diferentes cores e estas variam de acordo com o tempo de imersão e da concentração da solução.

Por fim, o processo eletroquímico consiste na formação do filme oxido na superfície do aço a partir da aplicação de pulsos alternados de potencial, pulsos alternados de corrente ou superposição de sinais de corrente alternada e corrente continua e conforma menciona (RICALDONI, 2013), este processo é mais vantajoso em relação ao último pelo menor tempo de imersão para formação do filme, maior uniformidade de cor e maior resistência ao desgaste.

Vantagens aço inoxidável:

- Resistência mecânica igual ou superior ao aço comum;
- Resistência a corrosão;
- Facilidade de limpeza;
- Baixa tensão superficial;
- Material inerte (não reage com outros materiais);
- Alta durabilidade e vida útil;
- Facilidade de modulação e soldagem;
- Estabilidade em altas temperaturas;
- Baixo custo de manutenção;
- Custo x Benefício;
- Reciclável;
- Possibilidade de aplicação de cores.

Desvantagens aço inoxidável:

- Baixa resistência a corrosão em meios alcalinos;
- Processamento mais difícil do material;
- Baixa resistência a corrosão por pites;
- Baixa dureza;
- No caso de chapas muito finas, existe risco de danificar / amassar durante manuseio;

- A depender do tipo de aço inox e dimensão do projeto, pode ser um material de alto custo.

*Observações

*Preço do aço inox varia de acordo com o Kg

*Quanto menor a espessura da chapa menor o peso

*Resistência a tração do aço inox 304 (mais utilizado) é de 586Mpa

*Limite de escoamento (mínimo) do aço inox 304 é de 234Mpa

E.3 Porta: acrílico ou vidro laminado

A seleção do material transparente para a porta ficou entre dois materiais o polímero, acrílico, e o cerâmico, vidro laminado, segue abaixo propriedades mecânicas e preço dos mesmos:

	Módulo de elasticidade	Resistência a flexão	Preço m^2
Vidro	75000 MPa	180 MPa	R$ 340
Acrílico	3216,58 MPa	109,83 MPa	R$ 218,98

Tabela 6 – Propriedades mecânicas e preço do vidro e do acrílico

O único quesito que o vidro laminado perde é no preço mas devido a suas propriedades mecânicas vamos escolhe-lo.

APÊNDICE F – Desenhos técnicos

Bill of Material: Product1

Number	Component Description
1	Chassis - cima
2	Chassis - frente
3	Chassis - meio 1
4	Chassis - trás
5	Chassis - baixo
6	Chassis - meio 2
7	Chassis - meio 3

SMART DOOR	CONJUNTO Chassis esquerdo		
DESENHISTA Mateus Barcelos	NOME DO COMPONENTE -		
REVISOR Gustavo Weffort	FOLHA A4	MATERIAL Aço	
DESENVOLVEDOR Gustavo Weffort	ESCALA 1:12	MASSA(kg) 18,371	UNIDADE (mm)

Figura 61 – Desenho técnico: Montagem do chassis

Bill of Material: Product22

Number	Component Description
1	Chassis
2	Placa com componentes eletrônicos
3	No break
4	ED 100
5	Suporte ED 100
6	Antena

SMART DOOR	CONJUNTO Interior do gabinete esquerdo - Componentes internos		
DESENHISTA Gustavo Weffort	NOME DO COMPONENTE -		
REVISOR Gustavo Weffort	FOLHA A4	MATERIAL Diversos	
DESENVOLVEDOR Gustavo Weffort	ESCALA 1:15	MASSA(kg) -	UNIDADE (mm)

Figura 62 – Desenho técnico: componentes internos do gabinete esquerdo

Bill of Material: Product2

Number	Component Description
1	Placa superior frontal
2	Placa frontal
3	Placa superior traseira
4	Placa lateral
5	Placa lateral 2
6	Placa traseira

SMART DOOR	CONJUNTO Gabinete esquerdo		
DESENHISTA Gustavo Weffort	NOME DO COMPONENTE -		
REVISOR Gustavo Weffort	FOLHA A4	MATERIAL Aço	
DESENVOLVEDOR Gustavo Weffort	ESCALA 1:22	MASSA(kg) 28,525	UNIDADE (mm)

Figura 63 – Desenho técnico: Montagem das placas ao gabinete

Figura 64 – Desenho técnico: encaixe da porta

Figura 65 – Desenho técnico: segundo encaixe da porta

Figura 66 – Desenho técnico: moldura

Figura 67 – Desenho técnico: vidro

Figura 68 – Desenho técnico: parte inferior do chassi

Figura 69 – Desenho técnico: parte superior do chassi

Figura 70 – Desenho técnico: parte frontal do chassi

Figura 71 – Desenho técnico: parte interior do chassi

Figura 72 – Desenho técnico: parte do meio do chassi

Figura 73 – Desenho técnico: parte de trás do chassi

Figura 74 – Desenho técnico: segunda parte do meio do chassi

Figura 75 – Desenho técnico: terceira parte do meio do chassi

Figura 76 – Desenho técnico: placa traseira dos gabinetes

Figura 77 – Desenho técnico: placa frontal dos gabinetes

Figura 78 – Desenho técnico: placa lateral dos gabinetes

Figura 79 – Desenho técnico: placa lateral dos gabinetes

Figura 80 – Desenho técnico: placa superior frontal dos gabinetes

Figura 81 – Desenho técnico: placa superior traseira dos gabinetes

Figura 82 – Desenho técnico: Painel

Figura 83 – Desenho técnico: reforço do vidro

Figura 84 – Desenho técnico: placa lateral dos gabinetes

Figura 85 – Desenho técnico: Montagem do *case* com o *display* e as câmeras

Figura 86 – Desenho técnico: frente do *case*

Figura 87 – Desenho técnico: trás do *case*

APÊNDICE G – Termo de Abertura do Projeto (TAP)

G.1 Objetivos

G.1.1 Geral

O objetivo geral do projeto é desenvolver uma porta automatizada inteligente. A porta contará com um sistema de reconhecimento facial, sensor de aferição de temperatura, identificador por radiofrequência, NoBreak para alimentação do circuito, estrutura com acessibilidade e uma tela de interação com o usuário.

G.1.2 Específico

- Câmera termográfica: A câmera termográfica tem como objetivo fazer a aferição de temperatura facial da pessoa, podendo detectar alguma adversidade.
- Sensor de presença: O sensor de presença tem como objetivo garantir que o usuário seja detectado e ativar a *Raspberry* que se encontra no modo de economia de energia.
- Câmera para reconhecimento facial: Tem como objetivo fazer captura da imagem do rosto do usuário para que o sistema possa fazer o processamento e posteriormente o reconhecimento facial, validando assim a sua entrada.
- Estrutura: O principal objetivo da estrutura é garantir que não haja tentativas de passagem forçada e a integridade dos componentes.

G.2 Oportunidade de negócios

Com base na necessidade de se ter um controle do fluxo de pessoas, uma porta inteligente que faça a certificação da real identidade do usuário e posteriormente libere a sua passagem se aplica em contextos como:

- Residências.
- Empresas.
- Aeroporto.

G.3 Escopo do projeto

G.3.1 Premissas

- O produto é uma medida de segurança.
- O produto é um sistema de controle de acesso.
- O produto possui diversas etapas de autenticação.
- O produto possui os requisitos de acessibilidade.
- O produto possui um sistema para funcionar em caso de quedas de energia.

APÊNDICE H – Metodologia de gerenciamento

H.1 EAP

Figura 88 – Estrutura analítica do projeto - Ponto de controle 1

Figura 89 – Estrutura analítica do projeto - Ponto de controle 2

Figura 90 – Estrutura analítica do projeto - Ponto de controle 3

H.2 Gerenciamento de tempo

O gerenciamento do tempo é necessário para estipular metas e prazos do projeto, no intuito de diminuir riscos e alocar recursos, tanto humanos quanto financeiros.

H.2.1 Cronograma

	Modo da	Nome da Tarefa	Duraçã	Início	Término
1		**Desenvolver Relatório 1**	**22 dias**	**Sex 19/02/21**	**Dom 21/03/21**
2		**Fase 1: Problematização**	**12 dias**	**Sex 19/02/21**	**Sáb 06/03/21**
3		Identificar escopo	2 dias	Sex 19/02/21	Seg 22/02/21
4		Identificar premissas	1 dia	Ter 02/03/21	Ter 02/03/21
5		Identificar requisitos funcionais e não funcionais	2 dias	Ter 02/03/21	Qua 03/03/21
6		Analisar viabilidade técnica de implementação	1 dia	Qua 03/03/2	Qua 03/03/21
7		Propor solução dos Subsistemas	2 dias	Qui 04/03/21	Sex 05/03/21
8		Definir Plano de Gerenciamento de RH	2 dias	Sex 05/03/21	Sáb 06/03/21
9		Definir Custos	1 dia	Sex 05/03/21	Sex 05/03/21
10		**Documentação**	**0,88 dias**	**Sex 05/03/21**	**Sex 05/03/21**
11		Montar estrutura do relatório 1	1 dia	Sex 05/03/21	Sex 05/03/21
12		**Fase 2: Concepção e detalhamento da solução**	**7 dias**	**Sex 05/03/21**	**Seg 15/03/21**
13		**Detalhamento do escopo**	**12 dias**	**Sex 19/02/21**	**Seg 08/03/21**
14		Definir os pacotes da EAP	3 dias	Qui 04/03/21	Sáb 06/03/21
15		Desenvolver EAP	2 dias	Sáb 06/03/21	Seg 08/03/21
16		**Definir TAP**	**1 dia**	**Seg 08/03/21**	**Seg 08/03/21**
17		Definir requisitos do projeto	1 dia	Seg 08/03/21	Seg 08/03/21
18		Definir objetivos do projeto	1 dia	Seg 08/03/21	Seg 08/03/21
19		Desenvolver cronograma macro	1 dia	Seg 08/03/21	Seg 08/03/21
20		**Desenvolver Atividades de Gerenciamento**	**6 dias**	**Sex 05/03/21**	**Sáb 13/03/21**
21		**Definir plano de gerenciamento de RH**	**1 dia**	**Sex 05/03/21**	**Dom 07/03/21**
22		Alocação de recursos humanos nas subáreas	2 dias	Sex 05/03/21	Dom 07/03/21
23		**Definir Gerenciamento de Tempo**	**4 dias**	**Ter 09/03/21**	**Sáb 13/03/21**
24		Seguimento das atividades	1 dia	Ter 09/03/21	Ter 09/03/21
25		Definir Cronograma de atividades	5 dias	Ter 09/03/21	Sáb 13/03/21
26		**Definir Gerenciamento de Riscos**	**3,88 dias**	**Sáb 06/03/21**	**Qui 11/03/21**
27		Indicar planejamento de riscos	2 dias	Sáb 06/03/21	Seg 08/03/21
28		Realizar Plano de Contingências	4 dias	Seg 08/03/21	Qui 11/03/21
29		**Definir Plano de Hardware**	**6 dias**	**Sex 05/03/21**	**Sáb 13/03/21**
30		Definir modelos de sensores	3 dias	Sex 05/03/21	Ter 09/03/21
31		Definir controle do motor	2 dias	Ter 09/03/21	Qua 10/03/21
32		Definir componentes embarcados	4 dias	Qua 10/03/2	Sáb 13/03/21

Figura 91 – Cronograma do Projeto

		Modo da	Nome da Tarefa	Duraçã	Início	Término
31			Definir controle do motor	2 dias	Ter 09/03/21	Qua 10/03/21
32			Definir componentes embarcados	4 dias	Qua 10/03/2	Sáb 13/03/21
33			**Definir Plano de Software**	**6,88 dias**	**Qui 04/03/21**	**Sex 12/03/21**
34			Definir arquitetura da solução de software	3 dias	Qui 04/03/21	Dom 07/03/21
35			Definir atividades para a API	2 dias	Dom 07/03/2	Seg 08/03/21
36			Definir tecnologias para reconhecimento facial	5 dias	Seg 08/03/21	Sex 12/03/21
37			**Definir Plano da Estrutura**	**7 dias**	**Sex 05/03/21**	**Seg 15/03/21**
38			Definir modelo da estrutura	6 dias	Sex 05/03/21	Sex 12/03/21
39			Definir materiais	2 dias	Sex 12/03/21	Seg 15/03/21
40			Entrega relatório Ponto de Controle 1	1 dia	Dom 21/03/2	Dom 21/03/21
41			Desenvolvimento da Apresentação	3 dias	Seg 22/03/21	Qua 24/03/21
42			Apresentação Ponto de Controle 1	1 dia	Sex 26/03/21	Sex 26/03/21
43			**Desenvolver Relatório 2**	**19 dias**	**Sáb 27/03/21**	**Dom 18/04/21**
44			**Fase 3: Projeto e construção de subsistemas das soluções propostas**	**19 dias**	**Sáb 27/03/21**	**Dom 18/04/21**
45			**Construção das soluções de engenharia**	**15 dias**	**Seg 29/03/21**	**Sex 16/04/21**
46			**Projeto e solução de Software**	**14 dias**	**Seg 29/03/21**	**Qui 15/04/21**
47			Desenvolvimento dos diagramas do sistema	3 dias	Seg 29/03/21	Qua 31/03/21
48			Modelagem do banco de dados	3 dias	Seg 29/03/21	Qua 31/03/21
49			Modelagem da arquitetura	1 dia	Qua 31/03/2	Qua 31/03/21
50			Finalização do protótipo	4 dias	Qui 01/04/21	Ter 06/04/21
51			Definições finais da arquitetura da informação	4 dias	Ter 06/04/21	Sex 09/04/21
52			Desenvolvimento do website	5 dias	Ter 06/04/21	Seg 12/04/21
53			Desenvolvimento da api	5 dias	Qua 07/04/2	Ter 13/04/21
54			Desenvolvimento do modulo de reconhecimento facial	7 dias	Qua 07/04/2	Qui 15/04/21
55			**Projeto e solução de Eletrônica**	**14 dias**	**Seg 29/03/21**	**Qui 15/04/21**
56			Dimensionamento RFID	2 dias	Seg 29/03/21	Ter 30/03/21
57			Dimensionamento do consumo energético dos componentes	2 dias	Ter 30/03/21	Qua 31/03/21
58			Dimensionamento espacial dos componentes	1 dia	Qua 31/03/2	Qua 31/03/21
59			Implementação do sistema de controle e proteção anti esmagamento	2 dias	Qui 01/04/21	Sex 02/04/21
60			Iniciar desenvolvimento do firmware para Raspberry Pi	5 dias	Qui 01/04/21	Qua 07/04/21
61			Dimensionar controle do motor	2 dias	Sáb 03/04/21	Seg 05/04/21
62			Finalizar a implementação do sistema RFID	3 dias	Qui 08/04/21	Sáb 10/04/21

Figura 92 – Cronograma do Projeto

		Modo da	Nome da Tarefa	Duraçã	Início	Término
61			Dimensionar controle do motor	2 dias	Sáb 03/04/21	Seg 05/04/21
62			Finalizar a implementação do sistema RFID	3 dias	Qui 08/04/21	Sáb 10/04/21
63			Comunicação com software: Aquisição e transmissão de dados	3 dias	Qui 08/04/21	Dom 11/04/21
64			Finalizar o sistema de reconhecimento facial e o processamento das imagens térmicas	5 dias	Qui 08/04/21	Qua 14/04/21
65			Finalizar o desenvolvimento do firmware.	4 dias	Qua 07/04/2	Seg 12/04/21
66			Teste e calibração dos sensores	2 dias	Seg 12/04/21	Ter 13/04/21
67			Teste e simulação dos circuitos	3 dias	Ter 13/04/21	Qui 15/04/21
68			**Projeto e solução de Estrutura**	**14 dias**	**Seg 29/03/21**	**Qui 15/04/21**
69			Estruturar porta	6 dias	Seg 29/03/21	Seg 05/04/21
70			Desenhar os CADs	6 dias	Ter 06/04/21	Ter 13/04/21
71			Simulação dos esforços	3 dias	Ter 13/04/21	Qui 15/04/21
72			Avaliação dos Resultados	3 dias	Qui 15/04/21	Sáb 17/04/21
73			Entrega relatório Ponto de Controle 2	0,88 dias	Dom 18/04/2	Dom 18/04/21
74			Desenvolvimento da Apresentação	2,88 dias	Seg 19/04/21	Qua 21/04/21
75			Apresentação Ponto de Controle 2	1 dia	Sex 23/04/21	Sex 23/04/21
76			**Desenvolver Relatório 3**	**12 dias**	**Sáb 24/04/21**	**Dom 09/05/21**
77			**Fase 4: Integração de subsistemas e finalização do produto**	**12 dias**	**Sáb 24/04/21**	**Dom 09/05/21**
78			Projetar integração das soluções	4 dias	Sáb 24/04/21	Qua 28/04/21
79			Realizar a integração dos subsistemas	6 dias	Qui 29/04/21	Qui 06/05/21
80			Testes da integração	2 dias	Sex 07/05/21	Dom 09/05/21
81			Entrega relatório Ponto de Controle 3	1 dia	Dom 09/05/2	Dom 09/05/21
82			Desenvolvimento da Apresentação	2,88 dias	Seg 10/05/21	Qua 12/05/21
83			Apresentação Ponto de Controle 3	1 dia	Sex 14/05/21	Sex 14/05/21
84			Entrega de repositórios de projeto	1 dia	Qua 19/05/2	Qua 19/05/21
85			Apresentação de projetos na FIT/FGA	1 dia	Sex 21/05/21	Sex 21/05/21

Figura 93 – Cronograma do Projeto

H.2.2 Gráfico de Gantt

1	**Desenvolver Relatório 1**	**22 dias**	**Sex 19/02/21**	**Seg 22/03/21**
2	**Fase 1: Problematização**	**12 dias**	**Sex 19/02/21**	**Sáb 06/03/21**
12	**Fase 2: Concepção e detalhamento da solução**	**13 dias**	**Qui 04/03/21**	**Seg 22/03/21**
13	**Detalhamento do escopo**	**12 dias**	**Sex 05/03/21**	**Seg 22/03/21**
16	**Definir TAP**	**1 dia**	**Seg 08/03/21**	**Seg 08/03/21**
20	**Desenvolver Atividades de Gerenciamento**	**6 dias**	**Sex 05/03/21**	**Sáb 13/03/21**
26	**Definir Gerenciamento de Riscos**	**3,88 dias**	**Sáb 06/03/21**	**Qui 11/03/21**
29	**Definir Plano de Hardware**	**6 dias**	**Sex 05/03/21**	**Sáb 13/03/21**
33	**Definir Plano de Software**	**6,88 dias**	**Qui 04/03/21**	**Sex 12/03/21**
37	**Definir Plano da Estrutura**	**7 dias**	**Sex 05/03/21**	**Seg 15/03/21**
40	Entrega relatório Ponto de Controle 1	1 dia	Dom 21/03/2	Dom 21/03/21
41	Desenvolvimento da Apresentação	3 dias	Seg 22/03/21	Qua 24/03/21
42	Apresentação Ponto de Controle 1	1 dia	Sex 26/03/21	Sex 26/03/21
43	**Desenvolver Relatório 2**	**19 dias**	**Sáb 27/03/21**	**Dom 18/04/21**
44	**Fase 3: Projeto e construção de subsistemas das soluções propostas**	**19 dias**	**Sáb 27/03/21**	**Dom 18/04/21**
45	**Construção das soluções de engenharia**	**15 dias**	**Seg 29/03/21**	**Sex 16/04/21**
72	Avaliação dos Resultados	3 dias	Qui 15/04/21	Sáb 17/04/21
73	Entrega relatório Ponto de Controle 2	0,88 dias	Dom 18/04/2	Dom 18/04/21
74	Desenvolvimento da Apresentação	2,88 dias	Seg 19/04/21	Qua 21/04/21
75	Apresentação Ponto de Controle 2	1 dia	Sex 23/04/21	Sex 23/04/21
76	**Desenvolver Relatório 3**	**12 dias**	**Sáb 24/04/21**	**Dom 09/05/21**
77	**Fase 4: Integração de subsistemas e finalização do produto**	**12 dias**	**Sáb 24/04/21**	**Dom 09/05/21**
81	Entrega relatório Ponto de Controle 3	1 dia	Dom 09/05/2	Dom 09/05/21
82	Desenvolvimento da Apresentação	2,88 dias	Seg 10/05/21	Qua 12/05/21
83	Apresentação Ponto de Controle 3	1 dia	Sex 14/05/21	Sex 14/05/21
84	Entrega de repositórios de projeto	1 dia	Qua 19/05/2	Qua 19/05/21
85	Apresentação de projetos na FIT/FGA	1 dia	Sex 21/05/21	Sex 21/05/21

Figura 94 – Cronograma do Projeto

APÊNDICE I – Planejamento de gerenciamento de riscos

De acordo com o PMBOK, a aplicação do gerenciamento de riscos é vital para a comunicação, obtenção de acordo e apoio entre as partes interessadas. A probabilidade de ocorrência de um risco ou oportunidade é classificada em baixa, média e alta. De forma similar, o impacto de um risco ou oportunidade também é classificado como baixo, médio ou alto. Por fim, a prioridade de um risco ou oportunidade é uma relação entre sua probabilidade e seu impacto, e varia de 1 (baixa prioridade) a 3 (alta prioridade).

ID	Descrição do risco	Probabilidade	Impacto	Prioridade
1	Escolha equivocada dos equipamentos	Média	Alto	2
2	Dificuldade na integração hardware e software	Baixa	Alto	3
3	Dificuldade na integração hardware e energia	Baixa	Alto	3
4	Dificuldade na integração hardware e estrutura	Baixa	Alto	3
5	Documentação inconstante	Média	Médio	2
6	Ocorrer mudança no escopo	Baixa	Alto	2
7	Falta de recursos financeiros	Média	Alto	3
8	Mal funcionamento dos sensores	Baixa	Alto	2
9	Saída de membro da equipe	Média	Alto	2
10	Curto circuito dos componentes eletrônicos	Baixa	Alto	2

Tabela 7 – Tabela e descrição dos riscos, impactos, probabilidades e prioridades.

Figura 95 – Riscos

1. Escolha equivocada dos equipamentos
   Consequências: Dificuldade na integração dos sistemas, atraso no projeto e aumento dos custos.

Ações: Prevenir. Realizar estudos e pesquisas dos componentes a serem utilizados com precisão.

2. Dificuldade na integração entre hardware e software
   Consequências: Atraso em alguma etapa do projeto e mau funcionamento dele.
   Ações: Mitigar. Capacitar as equipes de hardware e software realizando estudos detalhados da comunicação e compatibilidade dos componentes.

3. Dificuldade na integração entre hardware e energia
   Consequências: Atraso em alguma etapa do projeto e mau funcionamento do dele.
   Ações: Mitigar. Capacitar as equipes de hardware e energia realizando estudos detalhados do consumo energético dos componentes e suas conexões.

4. Dificuldade na integração entre hardware e estrutura
   Consequências: Atraso em alguma etapa do projeto e mau funcionamento do controle da abertura da porta.
   Ações: Prevenir. Capacitar as equipes de hardware e estrutura realizando estudos detalhados do controle e ações do motor e calibração do sensoriamento.

5. Documentação inconstante
   Consequências: Falha na comunicação das equipes devido à grande quantidade de membros, atraso nas etapas a serem realizadas, mau entendimento do escopo.
   Ações: Mitigar. Revisão e validação da documentação e gerenciamento das alterações feitas nos documentos.

6. Ocorrer mudança no escopo
   Consequências: Aumento do tempo de entrega do projeto.
   Ações: Mitigar. Avaliar se é realmente uma mudança necessária para o projeto.

7. Falta de recursos financeiros
   Consequências: Atraso na compra de materiais, na integração dos componentes e na entrega do produto.
   Ações: Prevenir. Realizar um bom levantamento dos custos com a equipe para a aquisição dos materiais.

8. Mau funcionamento dos sensores
   Consequências: Prejuízo financeiro, aquisição de dados incorretos, má calibração dos sensores e atraso na fabricação e integração dos sistemas.
   Ações: Mitigar. Aquisição de componentes eletrônicos que possuem excelentes *feedbacks*, realizar *debug* dos sensores e utilizar corretamente o *datasheet* do fabricante.

9. Saída de membro da equipe
   Consequências: Aumento na demanda de trabalho para os demais membros da

equipe.
Ações: Aceitar. Realocação do trabalho a ser feito de acordo com a subárea a qual o membro pertencia.

10. Curto-circuito dos componentes eletrônicos
    Consequências: Não funcionamento do sistema e da porta.
    Ações: Prevenir. Estudo e análise detalhada do diagrama e distribuição dos componentes elétricos e eletrônicos.

APÊNDICE J – Manual de Montagem

A Smart Door é composta pela junção de componentes em vidro laminado, chassi e chapas de aço 304, bem como moldura tubular vazada de aço galvanizado. A principal função é controle e identificação no acesso de pessoas a locais previamente autorizados. A Smart Door conta com design leve e fácil adaptação em qualquer ambiente arquitetônico, destacando-se pelo reconhecimento facial de usuários e aferição de temperatura corporal com vistas a controle de possíveis sintomas epidemiológicos. Recomenda-se que toda montagem, instalação e manutenção contida neste manual do usuário seja realizada por um profissional técnico qualificado do fabricante ou revendedor para tais ações.

Figura 96 – Componentes principais da porta

Tabela 8 – Dimensões da Smart Door

Dimensões do conjunto Gabinete	**Altura: 1000mm** **Largura: 246mm** **Comprimento: 700mm** **Composição: Aço inoxidável 304**
Dimensões moldura	Diâmetro:2”Altura: 2,1m Distância entre barras: 1,518m Composição: Aço galvanizado
Dimensões portas (placas)	Largura: 500mm Altura: 1,9m Espessura: 8mm] Composição: Vidro Laminado

J.0.1 Embalagem Padrão

Após receber a Smart Door, confira na tabela abaixo se todos os componentes se encontram na embalagem. Em casos de falta de peças, por favor entre em contato com o serviço de atendimento ao cliente. Certifique-se também de verificar as imagens correspondentes a cada uma das peças listadas na tabela abaixo. O conteúdo descrito para a Smart Door é referente a apenas um conjunto a ser instalado no local.

Tabela 9 – Tabela de componentes da estrutura

Legenda	Componentes	Quantidade
1	Chassis	2
2	Chapas de aço	20
3	Pivotante ED100	2
4	Suporte para motor	2
5.1	Parafuso M3	12
5.1	Parafuso M3 (Allen)	12
5.2	Parafuso M4	144
5.3	Parafuso M5	30
5.4	Parafuso M6	20
6	Portas	2
7	Encaixe da porta - p1	4
8	Encaixe da porta - p2	4
9	Moldura	1
10	Capa para porca	40
11	Conjunto de Porcas	46
11.1	Porcas M3	16
11.2	Porcas M4	24
11.3	Porcas M5	30
12	Buchas 6mm	20
13	Proteção elétrica moldura	1

Conjuntos de parafusos, porcas e buchas contidos na embalagem:

Figura 97 – parafusos, porcas e buchas da embalagem padrão

Figura 98 – Porcas e buchas da embalagem padrão

Para que haja maior confiabilidade do sistema, há uma fonte de alimentação secundária de energia, *no break*, que alimentará os dispositivos quando houver interrupção do fornecimento primário, seguindo as normas vigentes, como a NBR 15014 - Conversor a semicondutor - Sistema de alimentação de potência ininterrupta, com saída em corrente alternada (*nobreak*).

Figura 99 – Gabinete esquerdo, inclusão do nobreak e do ED 100

Para a montagem do *nobreak* (número 1 da figura 99), encaixe o *nobreak* no espaço definido e faça a ligação com o sistema. Para a montagem do ED100 (número 2 da figura 99), fixe a peça no chassi utilizando a chave *phillips* e os parafusos parafusos indicados.

Para a abertura automática das portas temos o mecanismo de abertura pivotante ED100. Suas especificações estão na Tabela 10 e no Apêndice M para mais detalhes.

Legenda	**Componentes**
Voltagem	220V
Potência	120 W
Força de fechamento EN 1154	En 2-4, ajustável
Massa máxima suportada	100 kg
Largura da porta	700 a 1.100 mm

Tabela 10 – Especificações do ED100

Figura 100 – Mecanismo de abertura pivotante ED100

1. Conexão de Rede
2. Unidade de conexão
3. Conexão de eixo em ambos os lados
4. Sistema de Acionamento (motor/ engrenagem/ mola)
5. Ajuste de fechamento
6. Unidade de controle
7. Unidade de alimentação de força liga-desliga
8. Slot para cartões de atualização
9. Interface do usuário com exibição de informações
10. Interruptor de programa interno
11. Canal deslizante
12. Braço Padrão
13. Capa Completa

J.1 Eletrônica

Para a montagem do sistema eletrônico, a tabela J.1 apresenta todos os componentes eletrônicos que acompanham a *SmartDoor*.

Legenda	Componentes	Quantidade
C1	Raspberry Pi 4	1
C2	Módulo Conversor Rs 232	1
C3	Cottonwood: USB Long Range UHF RFID	1
C4	Divisor de Potência Wilkinson de 4 vias	1
C5	Blindagem eletromagnética de circuito RF	1
C6	XL6009E1	1
C7	Câmera Raspberry Pi v2	1
C8	Câmera Lepton 2.5	1
C9	Display Raspberry Pi	1
C10	Antenas ALR-A0501	4

Tabela 11 – Componentes eletrônicos da SmartDoor

Figura 101 – Componentes Eletrônicos

J.2 Preparação para montagem e instalação

Após certificar-se de que a *Smart Door* foi recebida com todos os componentes, listados na tabela 11, separe as ferramentas necessárias conforme são listadas abaixo para montagem e instalação do produto. Lembre-se de utilizar equipamentos de proteção individual durante a instalação de forma a evitar qualquer risco à integridade física em caso de acidentes.

J.2.1 Ferramentas Necessárias

Para a montagem do equipamento será necessário as ferramentas abaixo:

Figura 102 – Chaves utilizadas para montagem

J.3 Montagem

J.3.1 Fixação para engastamento do chassi

O primeiro passo para montagem da Smart Door será a verificação do local apropriado para instalação da mesma, desta forma, certifique-se de instalar em um local plano, sem desníveis e firme para fixação.

Para a fixação do chassi ao chão separe os 20 parafusos M6 e 20 buchas de 6mm. Será necessário a furação do solo conforme o gabarito da imagem abaixo e para isso, utilize uma trena.

Figura 103 – Base do chassi

O chassis esquerdo é posicionado a uma distância de 1020 mm do chassis direito.

Insira as buchas em cada furo e em seguida posicione o chassi sobre as furações para que então seja feito o aperto dos parafusos, conforme ilustração a seguir.

Faça o aperto correto dos parafusos mas com cuidado para evitar danos e cuidado no manuseio do chassi para evitar qualquer desalinhamento do mesmo.

J.3.2 Placa com os componentes eletrônicos

No Gabinete esquerdo serão alocados todos os componentes eletrônicos, incluindo o ED100. Por outro lado, o gabinete direito contém apenas um dos pares de antenas e o outro ED100. O primeiro passo referente ao sistema eletrônico é montar a placa com os componentes eletrônicos do gabinete esquerdo. De modo a priorizar a facilidade de montagem do equipamento, deve-se seguir os passos abaixo:

1. Fixe a Raspberry (C1) com os espaçadores no local indicado de acordo com a Figura 104.
2. Fixe o módulo conversor (C2) com os espaçadores no local indicado de acordo com a Figura 104 .
3. Fixe o Cottonwood: USB Long Range UHF RFID (C3) com os espaçadores no local indicado de acordo com a Figura 104.
4. Fixe o Wilkinson (C4) com os espaçadores no local indicado de acordo com a Figura 104.
5. Fixe a Blindagem Eletromagnética de Circuito RF (C5) por cima do C4, com os espaçadores no local indicado de acordo com a Figura 104.
6. Fixe o módulo conversor Dc-Dc (C6) com os espaçadores no local indicado de acordo com a Figura 104.
7. Concluindo a montagem da placa com os componentes eletrônicos, insira-a dentro do chassis esquerdo e a parafuse, na posição indicada pela Figura 105

Figura 104 – Componentes Gabinete Esquerdo

Figura 105 – Vista dos Componentes Eletrônicos Dentro do Gabinete Esquerdo

Adicionalmente, insira o *nobreak* dentro do chassis esquerdo, como ilustrado na Figura 105. Em nota final referente a esta subseção, a Figura 105 ilustra também o ED 100 já instalado à estrutura. No entanto, sua presença na figura é apenas para fins ilustrativos, para indicar sua posição no interior do chassis junto com os outros componentes internos. Os passos de instalação do ED 100 serão apresentados na subseção J.3.5.

J.3.3 Montagem dos Gabinetes

A superfícies dos gabinetes são compostas por placas conforme mostra a Figura 106 e cada uma possui uma identificação.

Figura 106 – imagem explodida do gabinete esquerdo

Para a montagem da estrutura, siga a ordem dos passos abaixo:

1. Selecione a placa C e com a utilização dos parafusos M4, faça a união com os furos correspondentes no chassi. (Para ambos os lados o mesmo procedimento);
2. Selecione duas placas A e com a utilização dos parafusos M4, faça a união com os furos correspondentes na placa. (Para ambos os lados o mesmo procedimento);
3. Selecione a placa frontal D e com utilização dos parafusos M4, faça a união com os furos correspondentes no chassi;
4. Selecione a placa traseira E e com utilização dos parafusos M4, faça a união com os furos correspondentes no chassi;
5. As peças F e G correspondem ao topo do chassi e não são unidas entre si, somente são presas diretamente no chassi. Utilize parafusos M4 para unir as duas peças ao chassi e finalizar a estrutura do gabinete.

Repita o processo para o gabinete direito.

J.3.4 Antenas

Fixe as Antenas (C10), duas em cada gabinete, sendo uma na parte frontal e outra na parte traseira, de acordo com a Figura 107. Utilize os parafusos M4. A Figura 108 indica como a antena fica posicionada com a estrutura já montada completamente.

Figura 107 – Montagem das Antenas

Figura 108 – Antena instalada na frente do gabinete esquerdo

J.3.5 Instalação do ED 100 dentro dos chassis

O ED 100 é fixado por meio de um suporte, no formato de uma chapa com furos, que é fixada à superfície à qual se quer instalar o equipamento. Portanto, primeiramente, insira o suporte do ED 100 na lateral interna do chassis e o parafuse em sua posição, como ilustrado na figura 110. Os parafusos são inseridos por fora do gabinete, atravessando a placa lateral e alcançando o suporte. Como as placas externas já estão instaladas, utilize as aberturas para manutenção nas laterais dos gabinetes para inserir o suporte.

Figura 109 – Chassis esquerdo e seu suporte do ED 100 (chapas externas invisíveis para facilitar a visualização)

Figura 110 – Chassis esquerdo com o suporte do ED 100 montado (chapas externas invisíveis para facilitar a visualização)

Com o suporte instalado, insira o ED 100 dentro do gabinete, também utilizando as passagens de manutenção, e o parafuse ao suporte. Seu posicionamento final é ilustrado na figura 111.

Figura 111 – ED 100 instalado no chassis esquerdo (chapas externas invisíveis para facilitar a visualização)

J.3.6 Montagem dos vidros

Tendo ambos os gabinetes prontos é possível instalar os vidros. Os vidros são presos ao chassis por meio do conjunto formado pelas peças "Encaixe da porta - p1"e "Encaixe da porta - p2". Há dois desses conjuntos para cada vidro. O processo de montagem é ilustrado abaixo. Insira o Encaixe da porta - p2 dentro do ponto de articulação no chassis, de acordo com a figura 112.

Figura 112 – Inserção de um Encaixe da porta - p2 dentro de uma das articulações

A seguir, posicione um Encaixe de porta - p1 no ponto de articulação, como na Figura 113, e parafuse de acordo com a figura 114.

Figura 113 – Posicionamento de um Encaixe da porta - p1 em uma das articulações

Figura 114 – Finalização da montagem de um dos conjuntos de Encaixe de porta

As figuras anteriores ilustram o ponto de articulação inferior. Repita os passos para o ponto superior. Depois de montar outro conjunto de Encaixe de porta ao ponto de articulação superior, posicione-os na mesma direção e encaixe o vidro, como ilustrado na Figura 115. Termine a fixação inserindo todos os parafusos referentes (tamanho M5).

Figura 115 – Posicionamento do vidro esquerdo

Posicione o reforço do vidro como ilustrado na Figura 116 e o parafuse.

Figura 116 – Reforço do vidro em sua posição correta

Por fim, monte o braço articulado. Uma ponta se encaixa no eixo do ED 100, visível sobre a superfície de cima do gabinete, e a outra ponta é parafusada à porta, no reforço.

Figura 117 – Montagem do braço de atuação do ED 100

Repita o mesmo processo desde o início desta subseção, agora para o vidro do lado direito.

J.3.7 Fiação

Para as ligações dos componentes e sua alimentação, apresenta-se a Figura 118, que possui a tabela com as cores dos cabos a serem utilizados e suas respectivas funções.

Caixa Preta	**Positivo** - vermelho **Negativo** - preto	
Cottonwood	**Vcc** – vermelho **GND** – preto **Coaxial** – branco	
Wilkinson	**Coaxial** – branco	
Antenas	**Coaxial** – branco	
Lepton 2.5	**Vcc** – vermelho **GND** – preto **I2C** – azul **SPI** – roxo	
Câmera v2	**Vcc** – vermelho **GND** – preto **Cabo Flat** – verde	
Display	**Vcc** – vermelho **GND** – preto **Cabo Flat** – verde	
ED100	**Vcc** – vermelho **GND** – preto **10V** – vermelho (saída do XL60091E1)	
XL6009E1	**Vcc** – vermelho **GND** – preto **10 V** – vermelho (saída convertida Dc-Dc para o ED100	

Figura 118 – Tabela com os cabos e suas funções

O primeiro passo referente à fiação é estabelecer as conexões dentro do gabinete esquerdo. A figura 119 ilustra uma vista focando na placa com os componentes eletrônicos construída na subseção J.3.2, demonstrando as conexões entre as placas eletrônicas e das placas com os outros componentes da porta. A Figura 120 ilustra todas as conexões dentro do gabinete esquerdo.

Figura 119 – Ligações dos componentes do gabinete esquerdo

Figura 120 – Fiação no interior do gabinete esquerdo

Estabeleça as conexões de acordo com as duas figuras acima, referindo-se também

à Figura 118 para garantir que não hajam erros.

Concluídas as conexões dentro do gabinete esquerdo, deve-se seguir com as conexões para alimentar os componentes do outro gabinete e os componentes dentro do *case*, fixado à moldura, de acordo com a figura 121. Estes cabos passarão por dentro da moldura. Os fios brancos, o fio vermelho e o fio preto percorrem a moldura completa, chegando ao outro gabinete, pois estes fios conectam as antenas e o ED100 do gabinete direito. A passagem desses fios para dentro do gabinete direito é igual à ilustrada na Figura 121, isto é, a passagem é feita através de uma pequena abertura lateral no chassis, escondida pela moldura.

Figura 121 – Cabos de conexão saindo do gabinete para a moldura

J.3.8 Montagem da Moldura

Para concluir a montagem das estruturas principais da porta, resta a instalação da moldura. À medida que posiciona a moldura, passe por dentro dela os fios indicados na Figura 121, atentando-se a separar os dois conjuntos diferentes de fios: os que seguem para o *case* e os que seguem para o outro gabinete. Os fios que seguem para o *case* devem sair por uma abertura no lado esquerdo da moldura, enquanto que o resto dos fios percorre todo o resto da moldura.

Antes de fixar a moldura com os parafusos e porcas M5 a ambos os chassis, certifique-se que todos os fios destinados ao gabinete direito estão passando corretamente pela abertura, similar à ilustrada na figura 121.

Figura 122 – Moldura destacada do conjunto

Terminando a fixação da moldura, faça todas as conexões referentes às antenas e ao ED 100 do gabinete direito. Essas conexões são iguais às conexões das antenas e do ED 100 do lado esquerdo, ilustradas na figura 120.

J.3.9 *Case* Com o *Display* e as câmeras

O passo final para a montagem da porta é a instalação do *Case* Com o *Display* e as câmeras.

Antes de encaixar o *case* à moldura, deve-se montá-lo com todos os seus componentes referentes, similarmente à placa com os componentes eletrônicos montada na subseção J.3.2. O processo é indicado abaixo.

Figura 123 – Montagem dos componentes dentro do case

1. Fixe a Câmera Raspberry Pi v2 (C7) no local indicado na caixa de acordo com a Figura 123.

2. Fixe a Câmera Lepton 2.5 (C8) no local indicado na caixa de acordo com a Figura 123.

3. Fixe o Display Raspberry Pi (C9) com os parafusos no local indicado de acordo com a Figura 123.

4. Faça todas as conexões como ilustrado pela Figura 124, e então parafuse a tampa de trás do *case* (C10) de acordo com a Figura 123. Certifique-se de passar os fios por dentro da proteção elétrica, que pode ser vista atrás e à esquerda do *case* na Figura 125.

5. Por fim, parafuse o *case* à moldura, no local indicado na figura 125.

Figura 124 – Alimentação dos componentes da moldura

Figura 125 – Montagem do *case* à moldura

APÊNDICE K – Manual de fabricação

As soldas serão do tipo TIG e o material que será usado é a vareta TIG com especificação ER70S-3, conforme norma AWS A5.18.

K.1 Chassi

O chassis é composto de peças individuais soldadas juntas. Essas peças formam o contorno externo do chassis e seu reforço estrutural interno, que são três peças diferentes posicionadas ao longo do meio do chassis.

K.1.1 Chassi inferior

De uma chapa de aço com 2mm de espessura tira-se um pedaço de 700x246mm, desta chapa recorta-se outras duas chapas como mostrado na Figura 126 de 186x250mm a 30mm das bordas, então solda-se quatro tiras: duas de 246x30mm e duas de 700x30mm.

Figura 126 – Chassi inferior

K.1.2 Chassi superior

De uma chapa de aço com 2mm de espessura tira-se um pedaço de 625x246mm, desta chapa recorta-se outras duas chapas como mostrado na Figura 127 de 205x186mm e 250x186mm a 30mm das bordas, então solda-se três tiras: uma de 246x30mm e duas de 625x30mm

Figura 127 – Chassi superior

K.1.3 Chassi traseiro

De uma chapa de aço com 2mm de espessura tira-se um pedaço de 246x944mm. Desta chapa recorta-se outras duas chapas, como mostrado na Figura 128, de 182x370mm, e depois solda-se duas tiras de 30x944mm nas laterais e um encaixe de 28x28x242mm na parte superior e inferior.

Figura 128 – Chassi traseiro

K.1.4 Chassi frontal

De uma chapa de aço com 2mm de espessura tira-se um pedaço de 900x246mm. Desta chapa recorta-se outras duas de 370x182mm e de 358x182mm como mostrado na figura 129. Então solda-se dois encaixes de 28x28x242mm na parte inferior, na parte superior e solda-se um pedaço de chapa de 116x30mm inclinado 45 graus.

Figura 129 – Chassi frontal

K.1.5 Chassi meio traseiro

De uma chapa de aço com 2mm de espessura tira-se um pedaço de 888x242mm. Desta chapa tira-se outras três de 186x350mm, 270x186mm e 80x218mm como se vê na figura 130. Solda-se um encaixe de 28x28x242mm na parte inferior e na parte superior.

Figura 130 – Chassi do meio traseiro

K.1.6 Chassi meio

De uma chapa de aço com 2mm de espessura tira-se um pedaço de 944x246mm, então tira-se três pedaços de 200x186mm, 200x186mm e 320x186mm. Solda-se duas tiras de 944x30mm. Solda-se um encaixe de 28x30x242mm na parte superior e inferior. A 111mm da base inferior solda-se um suporte para a porta, e a 111mm da base superior solda-se outro suporte para a porta como pode-se ver na figura 131.

Figura 131 – Chassi do meio

K.1.7 Chassi meio frontal

De uma chapa de aço com 2mm de espessura tira-se dois pedaços de 170x186mm e de 80x214mm. Lateralmente solda-se duas tiras de 944x30mm. Solda-se um encaixe de 28x30x242mm na parte superior e inferior, como pode-se observar na figura 132.

Figura 132 – Chassi do meio frontal

K.1.8 Chassi completo

Existem furações por todos as sete partes do chassi onde serão parafusadas as placas do gabinete, a moldura e onde será feita a fixação com o solo. As sete partes são soldadas como pode ser visto na figura 133.

Figura 133 – Chassi completo

K.2 Moldura

A moldura é um tubo de aço galvanizado de 2 polegadas. O cano é comprado com 6 metros, e corta-se o cano para que este tenha 5745mm de comprimento. A 2100mm de uma das pontas, dobra-se o cano em 90 graus, e após mais 1545mm a partir da dobra, dobra-se novamente em 90 graus como pode-se observar na figura 134. A partir de ambas as pontas da moldura, corta-se metade da seção transversal (de modo que o corte fique para os lados de dentro, isto é, os lados que têm contato com os gabinetes) ao longo de um comprimento de 1000mm. No lado esquerdo da moldura, a 1500mm acima do chão, solda-se uma pequena chapa dobrada que servirá como apoio ao *case* que contém a tela e as câmeras. Logo abaixo dessa chapa, são feitos furos na moldura para a passagem dos cabos vindos do *case* e furos para parafusos que fixam a cobertura dos fios.

Figura 134 – Moldura

K.3 Gabinete

O gabinete será composto de placas de 1mm de espessura: 246x855mm com cortes de 129.2x129.2mm; Placas com 700x300mm; 700x150mm com furo de raio 50,8mm; 900x853mm com dois cortes de 175x700mm; 900x853mm com três cortes, dois de 175x700mm e um de 30x30mm; 1004x256mm com um corte de 129.2x129.2; Quatro painéis de 730x205mm; 547x800mm com um dobramento em 149mm e outro dobramento em 249mm, furo um retangular de 30x36mm, outro furo retangular de 20x20mm e outro furo com 17mm de raio como pode ser visto na figura 135. Todas as partes tem furações para conexão com chassi, totalizando 144 furações.

Figura 135 – Cobertura de cima do gabinete

A peça mais complexa é a frontal do gabinete que tem corte como mostrado na figura 136. Ela é dobrada para ficar como na figura 137.

Figura 136 – Desenho da parte frontal do gabinete

Figura 137 – Peça após dobramentos

Por fim, o gabinete completo fica como na figura 138.

Figura 138 – Gabinete montado

APÊNDICE L – Manual de Manutenção

L.1 Gabinetes e moldura

Os gabinetes e a moldura da Smart Door são fabricados em aço 304 e em aço galvanizado, respectivamente. Assim, recomenda-se inspeção nos componentes em aço a cada dois anos, de acordo com a NBR 8800. O inspetor deve assegurar que os parafusos e porcas estejam de acordo com as especificações do manual de montagem e que a instalação foi realizada da maneira correta. O inspetor deverá assegurar se o procedimento de aperto especificado está sendo seguido de forma adequada, devendo verificar se todos os parafusos estão apertados. O inspetor também deverá verificar se há alguma deficiência, deformação, deflexão de elementos, corrosão, defeitos em conexão, defeitos em fixação de estruturas e defeitos causados pelo contraventamento.

- **Cuidados:**
  - Deve-se realizar a limpeza rotineira da parte exterior do gabinete e da moldura, utilizando preferencialmente água, sabão e detergente neutro, tomando o devido cuidado para que esses produtos não entrem em contato com os componentes eletrônicos. Podem ser utilizados também produtos de limpeza para vidros, que não contenham cloreto. Pano macio e úmido pode ser usado para remover sujeiras leves, como poeira ou marcas de dedos. Decapantes devem ser utilizados quando houver um processo de oxidação das peças em aço. Álcool, álcool isopropílico e acetona são indicados na remoção de graxas e óleos. Polidores de metais podem ser utilizados. Removedores alcalinos podem ser utilizados para a limpeza de tintas.
  - Recomenda-se também que seja realizada a limpeza do interior do gabinete a cada seis meses. A limpeza deve ser feita utilizando um pano seco feito em microfibra, para não danificar os componentes eletrônicos. A aplicação de produtos de limpeza pode ser feita, mas para isso deve-se retirar todos os componentes eletrônicos para que eles não sejam danificados.
  - Não se deve utilizar: Ácido clorídrico, Alvejantes, Polidores de prataria, Buchas abrasivas e Ácidos fosfórico e nítrico, pois essas substâncias danificam a estrutura.
  - A umidade pode manchar o aço, originando manchas de água na sua superfície. Estas manchas não representam danos estruturais aos componentes em aço,

sendo apenas prejudicial para sua estética. Assim, recomenda-se que a Smart Door fique em um ambiente onde a umidade não seja elevada.

L.2 Mecanismo de abertura pivotante ED100

O mecanismo de abertura ED100 deve passar por uma vistoria a cada ano ou a cada 1000000 de ciclos. Recomenda-se realizar um teste de abertura total da porta com máxima potência para verificar o bom funcionamento do mecanismo mensalmente.

- **Cuidados:**
  - Recomenda-se que o mecanismo seja lubrificado adequadamente em cada vistoria.

L.3 Portas em vidro laminado

Recomenda-se a realização anual de uma vistoria nas portas para verificar possíveis danos no vidro laminado. O inspetor deverá verificar se há alguma trinca nos pontos de junção com a moldura e com os gabinetes. Deve-se verificar também se há alguma trinca na junção com o mecanismo de abertura ED100. Caso seja constatado algum dano no vidro, recomenda-se a substituição imediata.

- **Cuidados:**
  - Recomenda-se a limpeza com sabão neutro e água sendo feita pelo menos uma vez ao mês.
  - Caso a porta seja exposta a fuligem e fumaça recomenda-se que a limpeza seja feita semanalmente.
  - Recomenda-se que a instalação seja feita em um ambiente limpo, ventilado, seco, isolado de produtos químicos e livre de poeira ou material particulado para conservar o vidro.

L.4 Componentes eletrônicos

Os componentes eletrônicos utilizados na *Smart Door* não necessitam de manutenção preventiva. Caso alguma funcionalidade seja interrompida, recomenda-se a realização de uma inspeção imediata e que a alimentação do sistema seja interrompida para evitar danos em componentes não afetados.

- **Cuidados:**

- Recomenda-se que os componentes eletrônicos fiquem em lugares frescos e secos, longe do sol, água e poeira para evitar curtos e oxidação.
- Recomenda-se a limpeza periódica de seis em seis meses para garantir o bom funcionamento dos componentes.

APÊNDICE M – Datasheet ED100

O mecanismo de abertura da porta escolhido foi o ED100. Toda a sua estrutura pode ser vista no datasheet acessando (DORMAKABA,)