



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROCTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA-LABORAL
Relatório de Estágio Profissional

**Projecto de melhoramento do sistema de notificação de
eventos das subestações eléctricas da EDM - Sul**

Autor:

Chaúque, António Albertina

Supervisores:

Eng^o Aristides Anselmo (UEM)

Eng^a Lessefina Ngovene (EDM)

Maputo, Dezembro de 2023



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROCTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA-LABORAL
Relatório de Estágio Profissional

Projecto de melhoramento do sistema de notificação de eventos das subestações eléctricas da EDM - Sul

Autor:

Chaúque, António Albertina

Supervisores:

Eng^o Aristides Anselmo (UEM)

Eng^a Lessefina Ngovene (EDM)

Maputo, Dezembro de 2023



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROCTÉCNICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATORIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante António Albertina Chaúque entregou no dia ___/___/20

as ___cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: _

_____ intitulado: Projecto de
melhoramento do sistema de notificação de eventos das subestações eléctricas da EDM
- Sul

Maputo, _____ de _____ de 20

O Chefe de Secretaria

FICHA RESUMO DO EP



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROCTÉCNICA

FICHA-RESUMO DO RELATORIO DE ESTAGIO PROFISSIONAL

Referência do tema:

Título do tema: **Projecto de melhoramento do sistema de notificação de eventos das subestações eléctricas da EDM - Sul**

Nome do autor: Antonio Albertina Chauque

Supervisores: Eng.^o Aristides Anselmo e Eng.^a Lessefina Ngovene

O projeto de gerenciamento de notificações para subestações elétricas representa uma evolução notável na otimização do monitoramento e comunicação sobre o status dessas instalações. Utilizando componentes como ESP32, A9G, módulo MP3, cartão SD e integrando-os ao *Realtime Firebase*, o sistema oferece uma estrutura ampla para gerenciar dados e notificações. Destacam-se três avanços principais: integração de bancos de dados local e em nuvem para garantir redundância e acesso remoto, uma plataforma web centralizada para análise em tempo real e um recurso de chamadas pré-gravadas para alertas sonoros personalizados. O ESP32 coleta dados dos sensores, envia-os ao *Realtime Firebase*, enquanto o A9G facilita comunicações via chamadas, SMS ou dados para notificar eventos críticos. Uma plataforma web foi desenvolvida para monitoramento remoto, permitindo acesso instantâneo e decisões informadas sobre as subestações. Essa solução marca uma mudança significativa no gerenciamento de eventos em subestações, destacando-se pelos recursos oferecidos e sua potencial contribuição para a eficiência operacional.

GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROCTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: António Albertina Chaúque

Referência do tema: _____ Data: _/_____/_____

Titulo do Tema: **Projecto de melhoramento do sistema de notificação de eventos das subestações eléctricas da EDM - Sul**

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa Bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal(max: 45)										

3. Argumentação

3. 1. Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2. Rigor	1	2	3	4	5					
3.3. Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4. Relação objectivos/ métodos/ resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5. Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4. Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal(max: 20)					

Total de pontos (max:)

Nota (=Total*0,2)

Nota: quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA (PELO JÚRI)



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROCTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: António Albertina Chauque

Referência do tema:

Data: ____/____/____

Titulo do Tema: Projecto de melhoramento do sistema de notificação de eventos das subestações eléctricas da EDM - Sul

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves naintrodução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal(max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal(max: 25)										

3. Estilo da apresentação										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal(max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos Resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal(max: 50)										

Total de pontos (max:100)		Nota (=Total*0,2)	
--------------------------------------	--	--------------------------	--

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROCTÉCNICA

FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE

(Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: António Albertina Chaúque

Referência do tema:

Data: ____/____/____

Titulo do Tema: Projecto de melhoramento do sistema de notificação de eventos das subestações eléctricas da EDM - Sul

Indicador	Classificação				
	1	2	3	4	5
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)	1	2	3	4	5
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)	1	2	3	4	5
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)	1	2	3	4	5
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)	1	2	3	4	5
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)	1	2	3	4	5
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)	1	2	3	4	5
Criatividade (contribuiu com imaginação e novas ideias)	1	2	3	4	5
Total de pontos (max: 35)					

--	--

Valor do classificador	Cotação Obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)

Total de pontos (max: 35)	
----------------------------------	--

Nota (=Total*20/35)	
----------------------------	--

FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROCTÉCNICA

F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: António Albertina Chaúque

Referência do tema: _____ Data: ____/____/____

Titulo do Tema: Projecto de melhoramento do sistema de notificação de eventos das subestações eléctricas da EDM - Sul

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO(%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $=(N1*A+N2*B)/100$

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

--	--

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, pelo apoio incondicional e pela inspiração contínua ao longo desta jornada acadêmica. Agradeço aos meus professores, pela dedicação em partilhar conhecimento e estimular meu crescimento intelectual. À minha família e amigos, pelo incentivo e compreensão nos momentos desafiadores. Dedico também a todos os mentores e colegas que compartilharam seus conhecimentos e experiências, enriquecendo meu aprendizado. Este trabalho é fruto do apoio e carinho de cada pessoa que cruzou meu caminho durante esta trajetória.

Agradecimentos

Quero expressar minha profunda gratidão a todos que tornaram este percurso possível: à minha família, pelo amor incondicional, incentivo constante e apoio emocional diante dos desafios acadêmicos enfrentados. Aos amigos e colegas que compartilharam ideias, experiências e apoio ao longo deste caminho. Aos professores e profissionais que enriqueceram meu conhecimento com sabedoria e orientação. À Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane, por proporcionar um ambiente propício ao crescimento acadêmico, e à EDM, pelo estágio profissional que me foi concedido. Cada um de vocês contribuiu de forma valiosa para este trabalho. Agradeço imensamente pelo apoio e pela confiança depositada em meu potencial.

Resumo

O sistema de gerenciamento de notificações para subestações elétricas representa um avanço marcante na otimização do monitoramento e comunicação do estado dessas instalações essenciais. Utilizando uma combinação de tecnologias, como ESP32, A9G, módulo MP3 e cartão SD, integrados ao poderoso *Realtime Firebase*, este sistema oferece uma estrutura abrangente para o gerenciamento eficaz de dados e notificações. O ESP32 é responsável pela coleta de dados dos sensores, enviando-os diretamente ao *Realtime Firebase*, enquanto o A9G simplifica a comunicação, permitindo alertas via chamadas, SMS ou dados para eventos críticos. Uma plataforma web dedicada foi desenvolvida para monitoramento remoto, oferecendo acesso imediato e embasando decisões informadas sobre as subestações. Três avanços principais se destacam: a fusão entre bancos de dados local e em nuvem, garantindo redundância e acesso remoto; uma plataforma web centralizada para análises em tempo real; e a inclusão de chamadas pré-gravadas para alertas sonoros personalizados. Essa solução representa uma mudança substancial na gestão de eventos em subestações, graças aos seus recursos avançados, indicando um potencial notável para melhorar a eficiência operacional.

Palavras chaves: Subestações Elétricas, *Realtime Firebase*, Monitoramento Centralizado.

Abstract

The notification management system for electrical substations represents a remarkable advancement in optimizing the monitoring and communication of these essential facilities' status. Utilizing a combination of technologies such as ESP32, A9G, MP3 module, and SD card, integrated into the powerful *Realtime* Firebase, this system offers a comprehensive framework for efficient data and notification management. The ESP32 handles sensor data collection, sending it directly to *Realtime* Firebase, while the A9G simplifies communication, enabling alerts via calls, SMS, or data for critical events. A dedicated web platform has been developed for remote monitoring, providing immediate access and supporting informed decisions about the substations. Three key advancements stand out: the fusion of local and cloud databases, ensuring redundancy and remote access; a centralized web platform for real-time analysis; and the inclusion of pre-recorded calls for customized sound alerts. This solution represents a substantial shift in event management in substations, owing to its advanced features, signaling notable potential for enhancing operational efficiency.

Keywords: Electrical Substations, Realtime Firebase, Centralized Monitoring.

Índice

Dedicatória	II
Agradecimentos.....	III
Resumo	IV
Abstract	V
Nomenclaturas das siglas e acrônimos	X
Índice de Figuras	XII
Capítulo I: Introdução	1
1.1. Nota Introdutória	1
1.2. Problematização.....	2
1.3. Relevância da Pesquisa	2
1.4. Justificativa	3
1.5. Objectivos.....	4
1.5.1. Objectivo Geral	4
1.5.2. Objectivos específicos	4
1.6. Metodologia	4
1.7. Estrutura do Relatório.....	5
Capitulo II: Local do Estágio	6
2.1 Perfil da Empresa	6
2.2 Missão	6
2.3 Visão	6
2.4 Valores	6
2.5 Actividades desenvolvidas durante o Estágio	7
2.6.1 Manutenção Preventiva do Armário de Telecomunicações (CCOM).....	7
2.6.2 Manutenção Preventiva da Unidade Central de Processamento.....	8
2.6.3 Inspeção de Cabos de Fibra Ótica.....	8
2.6.4 Fontes de Alimentação de Reserva, Baterias e Retificadores	8
2.6.5 Instalação e Manutenção de Sistemas de Notificação de Eventos	9

2.6.1	Instalação de Rádio de Comunicação.....	9
2.6.2	Manobras de controle da Subestação através do Sistema local e remoto....	10
Capítulo III: Revisão de Literatura		12
3.1	Sistemas de Gerenciamento de Eventos Existentes	12
3.1.1.	Sistemas Tradicionais de Supervisão	12
3.1.2.	Sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)	13
3.1.3.	Sistemas de Notificação e Registro de Eventos	13
3.2	Desafios no Gerenciamento de Eventos em Subestações.....	14
3.3	Benefícios do Melhoramento do Sistema de Gerenciamento de Eventos.....	16
3.4.	Banco de Dados na Nuvem	17
3.4.1.	Firestore	17
Capítulo IV: Escolha da Melhor Solução		20
4.1.	Descrição da situação	20
4.1.1.	Dependência de Notificações por SMS	20
4.1.2.	Armazenamento Temporário de Dados	20
4.2.	Procura da solução.....	21
4.2.1	Projeto de um Sistema de Notificação de Eventos Melhorado	21
4.2.2	Integração das Subestações no Sistema SCADA	21
4.2.3	Integração de um Banco de Dados no Sistema Atual.....	22
4.3.	Fase de decisão	22
Capítulo V: Desenvolvimento da solução		25
5.1.	Memória Descritiva.....	25
5.1.1.	Funcionalidades do sistema.....	25
5.1.2.	Utilizadores do sistema	25
5.2.	Descrição Técnica.....	27
5.2.1.	Microcontrolador	27
5.2.2.	Modulo GSM.....	29
5.2.3.	Modulo mp3	30

5.2.4. Modulo SD Card (dispositivo de armazenamento físico)	31
5.2.5. Sistema de coleta de dados ou aquisição de sinais.....	31
5.2.6. Fonte de Alimentação do Sistema e de carregamento da bateria	35
5.3. Desenvolvimento da Plataforma Web	37
5.3.1. Protocolos de comunicação usados	39
5.4. Software do Microcontrolador.....	39
5.4.1. Software de Leitura e Verificação da Mudança de Estado	40
5.4.2. Software para Armazenamento dos Dados no Firebase	41
5.4.3. Software para Armazenamento de Dados no <i>MicroSD</i>	41
5.4.4. Software de Notificação de Eventos por SMS e Chamadas/Voz	42
5.5. Compilação e ensaios do projecto	44
5.5.1. Teste do Leitura e Verificação da Mudança de Estado.....	44
5.5.2. Teste de Armazenamento dos Dados no <i>Firestore</i>	45
5.5.3. Teste de Armazenamento de Dados no <i>MicroSD</i>	47
5.5.4. Teste de Notificação de Eventos por SMS e Chamadas/Voz	48
5.6. Custo do Projecto	49
Capítulo VI.....	50
6. Conclusão	50
6.1. Recomendações.....	50
7. Referência Bibliografia	51
8. Anexos.....	A.1
8.1. Anexo 1: Manutenção das Baterias de 48 Volts. fonte: autor	A.1
8.2. Anexo 2: Manutenção preventiva do rectificador de 48 volts: fonte: autor	A.2
8.3. Anexo 3: Manutenção preventiva das Repetidoras VHF E UHF.	A.2
8.4. Anexo 4: Fusão da fibra optica.	A.3
8.5. Anexo 5: Manutenção preventiva do sistema de gerenciamento de notificações de subestações elétricas.....	A.4
8.6. Anexo 6: Manutenção preventiva do sistema supervisorio (SCADA).	A.4

8.7. Anexo 7: Montagem de Radio base nas Subestações eléctricas.	A.5
8.8. Anexo 8: Montagem da antena do Radio Base.....	A.5
8.9. Anexo 9: Montagem e Configuração do PLC SELTA.....	A.6
8.10. Anexo 10: Reparação do sistema de gerenciamento de notificações de subestações eléctricas.....	A.6
8.11. Anexo 11: Folha de dados do regulador da família 78xx-79xx.	A.7
8.12. Anexo 12: Folha de dados do regulador LM317	A.7
8.13. Anexo 13: Folha de dados do opoacoplador PC817.....	A.8
8.14. Anexo 14: Folha de dados do transístor TIP147.....	A.9
8.15. Anexo 15 : Folha de dados do transístor BC547	A.10
8.16. Anexo 16: Modelo icónico do Armário do protótipo.....	A.11
8.17. Anexo 17: Fonte de alimentação do sistema e carregamento da bateria	A.11
8.18. Anexo 18 : Modem WI-FI usado no protótipo.....	A.12
8.19. Anexo 19: Montagem do circuito principal do sistema	A.12
8.20. Anexo 20: Circuito de carregamento da bateria e a bateria de 12v	A.13
8.21. Anexo 21:Código do Software do Sistema.....	A.13
8.22. Anexo 22: Pagina inicial da plataforma web.	A.20
8.23. Anexo 23: Pagina de Login da plataforma web.....	A.20
8.24. Anexo 24: Pagina de cadastro da subestação.....	A.21
8.25. Anexo 25: pagina de visualização dos dados.	A.21
8.26. Anexo 26: pagina de visualização dos históricos dos dados.	A.22
8.27. Anexo 27: Circuito do Sistema.....	A.23

Nomenclaturas das siglas e acrônimos

API - Application Programming Interface

AT - Attention

Backend - Parte do Sistema não Acessível ao Usuário

Backup - Cópia de Segurança

Bugs - Problemas ou Falhas no Software

CCU - Central de Controle de Unidades

CCOM - Centro de Controle de Operações e Manutenção

CE - Chip Enable

CSS - Cascading Style Sheets

CLOCK - Relógio

EDM - Eletricidade de Moçambique

EUA - United States of America

Firebase SDK - Software Development Kit do Firebase

Frontend - Parte do Sistema Acessível ao Usuário

GPRS - General Packet Radio Service

GSM - Global System for Mobile Communications

GTW - Gateway

HTML - HyperText Markup Language

HTTPS - Hypertext Transfer Protocol Secure

IHM - Interface Homem-Máquina

IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers

IED - Intelligent Electronic Device

I2C - Inter-Integrated Circuit

IoT - Internet of Things

ISSO - International Organization for Standardization

JavaScript - Linguagem de Programação

LED - Light-Emitting Diode

MISO - Master Input Slave Output

MOSI - Master Output Slave Input

MP3 - MPEG-1 Audio Layer 3

MicroSD - Micro Secure Digital

Multiplayer - Multijogador

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health

OSHA - Occupational Safety and Health Administration

PHP- Hypertext Preprocessor

REST API - Representational State Transfer Application Programming Interface

Realtime Firebase - Firebase em Tempo Real

SCK - Serial Clock

SMS - Short Message Service

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition

SIM - Subscriber Identity Module

SPI - Serial Peripheral Interface

SD Card - Secure Digital Card

Tx - Transmissão

Rx - Receptor

Taps - Toques

UPS - Uninterruptible Power Supply

VPN - Virtual Private Network

Web - Rede Mundial de Computadores

Websocket - Protocolo de Comunicação

Índice de Figuras

Figura 1: Sistemas de Gerenciamento de Eventos Existentes. Fonte: [15].....	12
Figura 2: Sistemas Tradicionais de Supervisão. Fonte: [16]	12
Figura 3: Sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Fonte: Autor .	13
Figura 4: Sistemas de Notificação e Registro de Eventos. Fonte: Autor	14
Figura 5: Exemplo de projecto de segurança de uma subestação automatizada. Fonte: [17]	15
Figura 6: Monitoramento ambiental de uma subestação electrica. Fonte: [18].....	16
Figura 7: Estrutura de um banco de dados do Realtime Database. Fonte: autor	18
Figura 8: Estrutura de um banco de dados do Realtime Database. Fonte: autor	18
Figura 9: Firebase Authentication. Fonte: autor.....	19
Figura 10:Arquitectura da Solução proposta. Fonte: autor	26
Figura 11: Blocos funcionais da solução. Fonte: O autor	27
Figura 12: Esp32. Fonte: adaptado	28
Figura 13: Modulo A9G. Fonte: adaptado	29
Figura 14: Modulo mp3. Fonte: adaptado.....	30
Figura 15: Modulo SD card. Fonte: adaptado.....	31
Figura 16: Optoacoplador PC817. Fonte: adaptado	32
Figura 17: Circuito do opto-acoplador de entrada DC. Fonte: autor	33
Figura 18: circuito de entrada optoacoplada para corrente AC. Fonte: autor	34
Figura 19: Fonte de Alimentação do Sistema e de carregamento da bateria. Fonte: autor	35
Figura 20: Arquitectura da pagina web. Fonte: autor.....	37
Figura 21: Fluxograma do Software de Leitura e Verificação da Mudança de Estado. Fonte: autor	40
Figura 22: Fluxograma do Software para Armazenamento dos Dados no Firebase. Fonte: autor	41
Figura 23: Fluxograma do Software para Armazenamento de Dados no MicroSD. Fonte: autor	42
Figura 24: Fluxograma do Software de Notificação de Eventos por SMS e Chamadas/Voz. Fonte: autor.....	43
Figura 25: Protótipo Final do Projecto. fonte: autor	44
Figura 26: Verificação da leitura precisa dos sensores conectados ao ESP32 a partir do Arduíno IDE. Fonte: autor.....	44

Figura 27: Simulação das entradas opto-acopladas com a tensão mínima para sua o nível alto e a tensão máxima para o nível baixo no MULTISIN. Fonte: autor	45
Figura 28: Verificação da conexão do ESP32 para o Firebase. Fonte: autor	45
Figura 29: Verificação da transmissão dos dados do ESP32 para o Firebase através do Arduino IDE. Fonte: autor	46
Figura 30: Verificação de falha na transmissão dos dados para firebase a partir do Arduino IDE . Fonte: autor	46
Figura 31: Teste de acesso remoto e em tempo real aos dados armazenados no Firebase. Fonte: autor	46
Figura 32: Confirmação da correta gravação e leitura de dados no microSD apartir do monitr serial. Fonte: autor	47
Figura 33: Vsualizacao dos dados guardados no cartao SD atraves do laptop. Fonte: autor	47
Figura 34: Envio de mensagens SMS para notificar eventos críticos identificados pelo sistema. Fonte: autor	48
Figura 35: Realização de chamadas de voz com mensagens pré-gravadas em resposta a situações de emergência. Fonte: autor	48

Capítulo I: Introdução

1.1. Nota Introdutória

A infraestrutura de distribuição de energia elétrica é sustentada por um elemento essencial e frequentemente imperceptível, mas de importância monumental: as subestações elétricas. Estas instalações desempenham um papel crucial, como pontos de transição e controle entre as complexas instalações de geração de eletricidade e as diversas redes de distribuição. A confiabilidade e segurança destas subestações são alicerce fundamental para garantir um fornecimento contínuo de energia elétrica às comunidades e indústrias.

No entanto, a crescente complexidade das redes elétricas, aliada aos desafios inerentes à detecção eficaz e ágil de eventos, tem gerado uma demanda ininterrupta por sistemas avançados de gerenciamento de eventos em subestações elétricas.

O gerenciamento de eventos em subestações elétricas abrange um conjunto de práticas, tecnologias e sistemas engendrados para possibilitar a detecção, classificação e notificação de eventos ocorridos nestas instalações. Estes eventos podem variar desde falhas elétricas e sobrecargas até anomalias em equipamentos e interrupções no fornecimento de energia. A precisão e prontidão na detecção desses eventos desempenham um papel de vital importância na preservação da integridade do sistema elétrico, na prevenção de danos a equipamentos e, acima de tudo, na salvaguarda da segurança pública. [6]

Historicamente, os sistemas de gerenciamento de eventos em subestações elétricas baseavam-se em abordagens tradicionais que dependiam, principalmente, da supervisão humana e da análise retrospectiva de dados pós-evento. Entretanto, com o avanço tecnológico e a cada vez maior disponibilidade de sensores, sistemas de automação e análise de dados em tempo real, a capacidade de detecção e resposta a eventos tem evoluído substancialmente [7].

A notificação de eventos em subestações elétricas desempenha um papel vital na supervisão e controle remoto dessas instalações. Este sistema de comunicação remota possibilita o monitoramento em tempo real, conferindo a capacidade de tomar decisões cruciais para aprimorar a eficiência e confiabilidade do sistema elétrico. Especialmente em locais remotos que não estão integrados a um sistema SCADA, essa abordagem permite uma supervisão detalhada dos dispositivos na subestação, proporcionando um panorama abrangente das operações críticas.

1.2. Problematização

Os sistemas de gerenciamento de notificação de eventos em subestações elétricas enfrentam desafios significativos, como a dependência exclusiva de notificações por SMS e o armazenamento temporário de dados [6]. O sistema de gerenciamento de notificação de eventos em subestações elétricas envolve a comunicação remota para monitorar e controlar dispositivos. Isso é realizado transmitindo dados de *status*, alarmes e medições através de telecomunicações, permitindo tomadas de decisão em tempo real para aprimorar a eficiência e confiabilidade do sistema elétrico. Esse método é especialmente útil em instalações remotas sem integração ao sistema SCADA, permitindo supervisão remota dos dispositivos na subestação. Detectar eventos precocemente e notificar rapidamente para evitar interrupções no fornecimento de energia de modo que se tome ações para resolução do problema. Contudo, essa notificação é exclusivamente por SMS e os dados são temporários, o que dificulta relatórios detalhados.

Nesse contexto, o projeto busca otimizar a notificação de eventos nas subestações da EDM, considerando limitações de acesso e armazenamento temporário. O objectivo é melhorar a geração de relatórios e análises operacionais. O projeto foi desenvolvido para responder à pergunta: ***como otimizar o sistema de notificação de eventos, dadas as restrições de acesso e armazenamento temporário, a fim de aprimorar a produção de relatórios, controlo centralizado e análises operacionais em subestações elétricas da EDM?***

1.3. Relevância da Pesquisa

A pesquisa sobre sistemas de gerenciamento de notificação de eventos em subestações elétricas é de extrema relevância no cenário atual da distribuição de energia elétrica. Esses sistemas desempenham um papel fundamental na supervisão e controle de dispositivos em subestações, permitindo a detecção precoce de eventos e a notificação rápida dos eventos para garantir a confiabilidade e a eficiência do fornecimento de energia [6].

A relevância dessa pesquisa se estende a várias áreas:

- **Melhoria da Confiabilidade Energética:** O aprimoramento dos sistemas de notificação de eventos contribui diretamente para a confiabilidade do sistema elétrico, reduzindo o tempo de inatividade e minimizando interrupções no fornecimento de energia.

- **Eficiência Operacional:** um sistema eficaz de gerenciamento de eventos permite que as operadoras de subestações otimizem suas operações, respondendo de maneira mais eficiente a incidentes e eventos não planejados.
- **Economia de Recursos:** ao detectar problemas precocemente e permitir ações proativas, os sistemas de notificação de eventos podem economizar recursos valiosos, como tempo e dinheiro, tanto para as empresas de distribuição de energia quanto para os consumidores.
- **Sustentabilidade:** A otimização dos processos nas subestações elétricas contribui para uma distribuição mais eficiente de energia, o que está alinhado com metas de sustentabilidade e redução do consumo de recursos.

1.4. Justificativa

A abordagem desta pesquisa se justifica pela necessidade de superar desafios existentes nos sistemas de gerenciamento de notificação de eventos em subestações elétricas. Atualmente, esses sistemas frequentemente dependem exclusivamente de notificações por SMS e não possuem armazenamento temporário de dados, o que limita a capacidade de produzir relatórios detalhados e análises operacionais abrangentes [7].

A justificativa para esta pesquisa baseia-se nas seguintes razões:

- **Melhoria da Tecnologia:** com a evolução das tecnologias de comunicação e armazenamento de dados, há uma oportunidade de explorar soluções mais avançadas para o gerenciamento de eventos em subestações.
- **Necessidade de Dados Sólidos:** Relatórios detalhados e análises operacionais são cruciais para tomar decisões informadas e melhorar a eficiência operacional em subestações elétricas.
- **Desafios em Subestações Remotas:** em locais remotos, onde a integração com sistemas SCADA pode ser limitada, a notificação de eventos precisa ser otimizada para manter a supervisão eficaz.

Portanto, esta pesquisa busca explorar maneiras de otimizar a notificação de eventos, levando em consideração as restrições de acesso e armazenamento temporário, a fim de melhorar a produção de relatórios e análises operacionais em subestações elétricas. A pesquisa visa contribuir para aprimorar a eficiência, confiabilidade e sustentabilidade da distribuição de energia elétrica.

1.5. Objectivos

1.5.1. Objectivo Geral

- Desenvolver um sistema de notificação de eventos em subestações elétricas da EDM melhorado

1.5.2. Objectivos específicos

- Implementar um sistema de alerta de falha através de ferramentas IOT.
- Optimizar o sistema de gerenciamento de eventos por meio da centralização e automação das informações e processos;
- Projectar um protótipo para a simulação da solução proposta;

1.6. Metodologia

Tendo em conta os objectivos gerais do trabalho, foi feita uma pesquisa de modo a permitir não só a fundamentação técnico-científica do tema, mas também para a materialização do tema do trabalho. O presente projecto desenrolar-se-á com intuito de responder as questões do problema em causa:

a) Classificação da Metodologia de Pesquisa

Os fundamentos teóricos sobre a solução que se propõe, no presente trabalho, foram exclusivamente extraídos de fontes citadas nas referências bibliográficas e legalmente reconhecidas, tendo sido adoptados os métodos com base nas classificações abaixo descritos:

b) Quanto a técnica de análise de dados:

- **Pesquisa documental** – é uma técnica de pesquisa qualitativa responsável por colectar e seleccionar informações através da leitura de documentos, livros, revistas, gravações, filmes, jornais, bibliografias, etc.
- **Pesquisa bibliográfica** – consiste nos recursos e fontes secundárias, isto é, consultas bibliográficas publicas (livros físicos e electrónicos) que versa assuntos relacionados com o tema em estudo.

c) Quanto a abordagem do tema:

O processo de investigação e projecção do presente projecto obedeceu a quatro fases destacadas abaixo:

- Fase Conceptual;
- Fase de Desenvolvimento do Software;

- Fase de Desenvolvimento do Hardware;
- Compilação e ensaios do projecto.

1.7. Estrutura do Relatório

O presente relatório de estágio obedeceu á seguinte estrutura durante a sua elaboração:

- **Capítulo I (Introdução):** neste capítulo será abordado a problematização, justificativa, objectivos geral e específicos e a metodologia usada para a resolução do problema identificado durante o estagio profissional.
- **Capítulo II (Identificação do local de estágio):** esta sessão teve como objectivo identificar e descrever informações acerca da empresa onde o estudante finalista irá realizar o seu estágio, bem como situar a área de trabalho na qual o estagiário se vai dedicar e descrever as actividades nas quais teve a oportunidade de participar durante o decorrer do seu estágio na empresa;
- **Capítulo III (Revisão de literatura):** neste capítulo serão abordados alguns conceitos e definições relevantes para o entendimento do sistema proposto.
- **Capítulo IV (Escolha da Melhor Solução):** neste capítulo serão apresentadas as possíveis solução para o problema em causa e a descrição dos critérios usados para a seleção da melhor solução.
- **Capítulo V (Desenvolvimento da Solução):** nesta capítulo, o estagiário teve a oportunidade de se focar no estudo de um problema da área por si identificado, passando pelas etapas necessárias para a resolução de um problema de engenharia. Esta sessão permitiu ao estagiário experienciar e aplicar as técnicas de resolução de problemas num problema de carácter realista;
- **Capítulo VI (Conclusão):** esta sessão foi dedicada para que o estagiário pudesse apresentar as ilações retiradas durante o estágio, dar o desfecho sobre a sua experiência durante o tempo em que esteve a estagiar na empresa e deixar recomendações sobre aspectos que tenha achado relevantes

Capítulo II: Local do Estágio

2.1 Perfil da Empresa

A Electricidade de Moçambique (EDM) é uma empresa estatal de serviços de eletricidade em Moçambique. Fundada em 1977, a EDM é responsável pela geração, transmissão e distribuição de eletricidade em todo o país. A empresa desempenha um papel crucial no fornecimento de energia elétrica para residências, indústrias e instituições em Moçambique. Ela também está envolvida em projetos de expansão da infraestrutura elétrica para atender às crescentes necessidades de eletricidade no país. A EDM desempenha um papel importante no desenvolvimento econômico de Moçambique, fornecendo energia para impulsionar setores como manufatura, mineração e agricultura [2].

2.2 Missão

A missão da Electricidade de Moçambique (EDM) é fornecer energia elétrica confiável e acessível para apoiar o desenvolvimento sustentável de Moçambique. Isso envolve a geração, transmissão e distribuição eficientes de eletricidade, bem como o investimento em infraestrutura para atender às necessidades crescentes de energia no país. Além disso, a EDM busca promover a eficiência energética, a utilização de energias renováveis e a prestação de serviços de alta qualidade aos seus clientes. Sua missão também está relacionada a contribuir para o crescimento econômico e o bem-estar da população moçambicana por meio do fornecimento de energia elétrica confiável [3].

2.3 Visão

Ser a principal empresa de serviços públicos de energia elétrica em Moçambique, líder em qualidade, inovação e sustentabilidade, contribuindo para o crescimento econômico e o bem-estar da nação [3].

2.4 Valores

- **Qualidade:** Compromisso com a prestação de serviços de alta qualidade, garantindo a confiabilidade do fornecimento de eletricidade.
- **Sustentabilidade:** Compromisso em operar de maneira ambientalmente responsável, promovendo a eficiência energética e o uso de energias renováveis.
- **Integridade:** Adesão rigorosa aos mais altos padrões éticos em todas as operações da empresa.

- Inovação: Busca constante por soluções inovadoras para melhorar a prestação de serviços e a infraestrutura elétrica.
- Compromisso com a Comunidade: Contribuição ativa para o desenvolvimento social e econômico das comunidades atendidas.
- Eficiência: Busca pela eficiência operacional e financeira, garantindo o uso eficaz dos recursos. [4]

2.5 Atividades desenvolvidas durante o Estágio

O departamento de Telecomunicações e SCADA é responsável por uma ampla gama de atividades críticas que garantem a operação eficaz dos sistemas de comunicação e controle em uma organização. Estas atividades incluem:

Execução de inspeções e procedimentos de manutenção programada para garantir que todos os sistemas funcionem corretamente e minimizar falhas inesperadas.

2.6.1 Manutenção Preventiva do Armário de Telecomunicações (CCOM)

Realização de verificações e reparos programados no armário de telecomunicações para garantir seu funcionamento contínuo.

O Armário de Comunicações de uma subestação, é uma parte importante da infraestrutura que desempenha um papel crucial na operação e monitoramento eficazes da subestação elétrica [10]. Ele é projetado para acomodar e proteger equipamentos de comunicação e controle essenciais para o funcionamento da subestação. Aqui estão algumas das funções e componentes típicos de um CCOM:

- **Equipamentos de Comunicação:** O CCOM abriga equipamentos de comunicação, como switches de rede, *roteadores*, modems e sistemas de comunicação de dados. Esses dispositivos são usados para transmitir dados e informações entre a subestação e o centro de controle.
- **Sistemas de Monitoramento:** O CCOM pode conter sistemas de monitoramento que coletam informações em tempo real sobre o estado dos equipamentos na subestação, como tensão, corrente e temperatura.
- **Equipamentos de Controle:** alguns CCOMs também abrigam sistemas de controle que permitem aos operadores realizar ações remotas, como abrir ou fechar disjuntores, controlar transformadores e regular a operação da subestação.
- **Redundância e Backup:** para garantir a confiabilidade das comunicações, os CCOMs frequentemente possuem configurações redundantes e fontes de energia de

backup, como UPS e geradores, para manter a operação mesmo em caso de falha de energia.

- **Proteção e Segurança:** os CCOMs são projetados com medidas de segurança para proteger os equipamentos críticos contra intrusões e danos.
- **Interfaces de Conexão:** eles geralmente têm portas de conexão para dispositivos locais, como computadores e monitores, permitindo que os operadores interajam com os sistemas de controle e comunicação.
- **Gerenciamento Remoto:** Muitas vezes, os CCOMs oferecem capacidades de gerenciamento remoto para que os operadores possam monitorar e controlar a subestação a partir de um local centralizado.

2.6.2 Manutenção Preventiva da Unidade Central de Processamento

Manutenção programada da unidade central de processamento para garantir seu desempenho ideal. A Unidade de Controle Central (CCU) em uma subestação elétrica é um componente crítico que desempenha um papel fundamental no monitoramento e controle de operações na subestação. A CCU é responsável por coletar dados em tempo real, gerenciar dispositivos e sistemas de proteção, bem como fornecer informações cruciais para a operação segura e eficiente da subestação [11].

A CCU é uma parte essencial de uma subestação moderna, permitindo o controle preciso e seguro da infraestrutura elétrica e contribuindo para a estabilidade e confiabilidade do sistema elétrico como um todo.

2.6.3 Inspeção de Cabos de Fibra Ótica

Verificação cuidadosa dos cabos de fibra ótica para garantir que não haja danos ou perda de sinal, assegurando uma comunicação de alta qualidade.

- **Fundição da Fibra e Teste de Funcionamento:** Fusão de fibras óticas e verificação de seu desempenho para garantir conexões sólidas e confiáveis.

2.6.4 Fontes de Alimentação de Reserva, Baterias e Retificadores

Garantia de que os sistemas permaneçam operacionais durante falhas de energia por meio da instalação de fontes de alimentação de reserva, baterias e retificadores para carregá-las.

2.6.5 Instalação e Manutenção de Sistemas de Notificação de Eventos

A instalação e manutenção de sistemas de notificação de eventos em subestações elétricas é uma parte crítica para garantir a confiabilidade e eficiência do sistema [12].

Aqui estão algumas considerações relacionadas a esse tópico:

1. Instalação

- **Seleção de Dispositivos e Sensores:** escolher os sensores e dispositivos adequados para monitorar eventos, como relés de proteção, sensores de corrente, tensão, temperatura, pressão, etc.
- **Software de Gerenciamento de Eventos:** instalar e configurar o software de gerenciamento de eventos que lidará com a detecção, classificação e notificação de eventos.
- **Testes e Integração:** realizar testes completos para garantir que todos os dispositivos e sistemas estejam integrados e funcionando corretamente.

2. Manutenção

- **Calibração de Dispositivos:** realizar calibração regular dos dispositivos de monitoramento para garantir que eles forneçam leituras precisas.
- **Monitoramento Contínuo:** implementar monitoramento contínuo do desempenho do sistema para identificar problemas ou falhas em potencial.
- **Atualizações de Software e Firmware:** manter o software do sistema e o firmware dos dispositivos atualizados para garantir segurança e eficiência.
- **Backup e Recuperação de Dados:** estabelecer rotinas de backup de dados e planos de recuperação de desastres para proteger os dados críticos do sistema.
- **Substituição de Hardware:** planejar a substituição de hardware obsoleto ou com falhas antes que causem interrupções.

A instalação e manutenção adequadas desses sistemas são essenciais para garantir que as subestações elétricas funcionem de maneira confiável e segura, ajudando a evitar interrupções no fornecimento de energia e a responder rapidamente a eventos críticos quando ocorrem.

2.6.1 Instalação de Rádio de Comunicação

A instalação de uma estação de rádio base envolve vários passos críticos, incluindo a instalação da antena e do cabo coaxial, bem como a realização de testes de comunicação com outras pontes [12].

A instalação da estação de rádio base, a montagem da antena e o teste de comunicação com outras pontes são partes essenciais da implementação de uma rede de comunicação confiável. A conformidade com regulamentações e padrões locais é fundamental para garantir que a instalação esteja em conformidade e que a comunicação seja eficaz.

2.6.2 Manobras de controle da Subestação através do Sistema local e remoto

Supervisão contínua das subestações por meio do sistema SCADA para detectar e responder a anomalias e eventos.

O controle de uma subestação elétrica, tanto de forma local quanto remota, é essencial para garantir o funcionamento eficiente e seguro do sistema elétrico. As manobras de controle envolvem a operação de equipamentos e dispositivos na subestação para lidar com situações diversas [13]. Aqui estão algumas manobras comuns que podem ser realizadas localmente e remotamente:

- **Abertura e Fechamento de Disjuntores:** os disjuntores são usados para conectar ou desconectar circuitos na subestação. As manobras locais ou remotas envolvem a operação manual dos disjuntores.
- **Manobras de Chave Seccionador:** chaves seccionadoras são usadas para isolar equipamentos e circuitos para manutenção. Operações locais ou remotas envolvem a abertura e fechamento dessas chaves.
- **Controle de Transformadores:** os transformadores podem ser comutados em diferentes configurações (por exemplo, *taps*) para controlar a tensão. Isso pode ser feito localmente.
- **Controle de Capacitores:** para correção do fator de potência, os bancos de capacitores podem ser ligados ou desligados localmente e remotamente.
- **Ativação de Geradores Auxiliares:** em caso de falha na alimentação, geradores auxiliares podem ser ativados para fornecer energia à subestação e aos sistemas de controle.
- **Operação de Sistemas de Ventilação e Resfriamento:** o controle de sistemas de ventilação e resfriamento local é importante para manter a temperatura de equipamentos dentro dos limites aceitáveis.

É fundamental que as operações de controle, tanto locais quanto remotas, sejam realizadas com rigoroso acompanhamento e procedimentos de segurança, pois erros podem ter sérias consequências no sistema elétrico. Além disso, o controle remoto pode ser habilitado por sistemas de supervisão e controle de subestações (SCADA) para garantir o gerenciamento eficaz e seguro da subestação.

Capítulo III: Revisão de Literatura

Nesta capítulo, explora-se a evolução do gerenciamento de eventos em subestações elétricas, abordando os sistemas existentes, seus desafios e limitações, bem como as tecnologias emergentes e soluções inovadoras que estão moldando o futuro dessa disciplina. Além disso, examinaremos os padrões e normas que regem o gerenciamento de eventos em subestações e destacaremos os benefícios intrínsecos ao aprimoramento desses sistemas [6].

3.1 Sistemas de Gerenciamento de Eventos Existentes

Os sistemas de gerenciamento de eventos em subestações elétricas desempenham um papel central na supervisão e controle das operações elétricas críticas. Esses sistemas são projetados para detectar, classificar e notificar eventos que ocorrem nas subestações, permitindo uma resposta eficaz a situações anormais



Figura 1: Sistemas de Gerenciamento de Eventos Existentes. Fonte: [15]

3.1.1. Sistemas Tradicionais de Supervisão

Os sistemas de gerenciamento de eventos nas subestações elétricas evoluíram a partir de sistemas tradicionais de supervisão que dependiam fortemente da intervenção humana. Nesses sistemas, os operadores monitoravam continuamente os painéis de controle e dependiam de alarmes visuais e sonoros para alertar sobre eventos. A detecção de eventos muitas vezes ocorria após a ocorrência, resultando em tempos de resposta mais longos.



Figura 2: Sistemas Tradicionais de Supervisão. Fonte: [16]

3.1.2. Sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

Com o avanço da automação industrial, os sistemas SCADA foram amplamente adotados nas subestações elétricas. Esses sistemas permitem a coleta de dados em tempo real de sensores e equipamentos, oferecendo uma visão mais detalhada do estado das subestações. No entanto, a capacidade de detecção de eventos varia e, em muitos casos, esses sistemas ainda dependem da intervenção humana para decisões críticas.



Figura 3: Sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Fonte: Autor

3.1.3. Sistemas de Notificação e Registro de Eventos

Em muitas subestações, sistemas de notificação e registro de eventos são usados em conjunto com outras tecnologias para documentar eventos e permitir análises pós-evento. No entanto, esses sistemas geralmente não oferecem detecção em tempo real e têm um papel mais passivo na gestão de eventos.

Embora esses sistemas tenham avançado consideravelmente nas últimas décadas, eles enfrentam desafios significativos, como a detecção precisa de eventos não planejados, a integração de dados de vários sensores e sistemas, e a automação de processos de tomada de decisão em tempo real. Além disso, a complexidade crescente das redes elétricas e a necessidade de respostas mais rápidas tornam imperativo o desenvolvimento de sistemas de gerenciamento de eventos mais avançados e adaptativos.



Figura 4: Sistemas de Notificação e Registro de Eventos. Fonte: Autor

3.2 Desafios no Gerenciamento de Eventos em Subestações

Apesar dos avanços tecnológicos e das melhorias nos sistemas de gerenciamento de eventos em subestações elétricas, uma série de desafios persistentes continua a afetar a eficácia e a confiabilidade desses sistemas [6]. A compreensão desses desafios é crucial para identificar áreas-chave de aprimoramento. Nesta seção, destacaremos alguns dos principais desafios enfrentados no gerenciamento de eventos em subestações:

- **Detecção Precisa de Eventos de Falhas**

Um dos desafios fundamentais é a detecção precisa e rápida de eventos de falha, como curtos-circuitos, sobrecargas e avarias de equipamentos. A capacidade de identificar com precisão a causa e a localização de tais eventos é essencial para uma resposta eficaz.

- **Integração de Dados de Sensores Diversificados**

Subestações elétricas contêm uma variedade de sensores que monitoram parâmetros elétricos, mecânicos e ambientais. Integrar dados de diferentes tipos de sensores e formatos é um desafio significativo, mas essencial para uma compreensão abrangente das condições da subestação.

- **Redução de Alarmes Falsos**

A geração de alarmes falsos é um problema comum que pode sobrecarregar os operadores e diminuir a confiança no sistema. É importante desenvolver algoritmos de análise de dados capazes de distinguir eventos reais de anomalias benignas.

- **Resposta Rápida a Eventos Críticos**

Em casos de eventos críticos, como falhas de equipamento ou ameaças à segurança, a resposta deve ser imediata. Garantir a capacidade de tomar decisões rápidas e acionar contramedidas é um desafio operacional.

- **Segurança Cibernética:**

Com a crescente digitalização das subestações, a segurança cibernética se tornou um desafio crítico. Proteger os sistemas de gerenciamento de eventos contra ameaças de segurança é fundamental para garantir a confiabilidade do sistema elétrico.

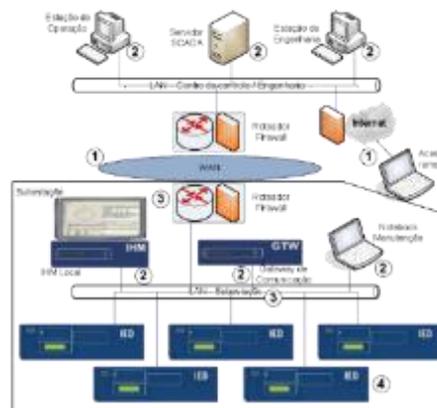


Figura 5: Exemplo de projecto de segurança de uma subestação automatizada. Fonte: [17]

- **Manutenção Preditiva**

A manutenção de equipamentos é um aspecto crítico das operações de subestações. Desenvolver sistemas que possam prever com precisão a necessidade de manutenção e programá-la de forma eficiente é um desafio significativo.

- **Integração de Sistemas**

A integração eficaz de sistemas de gerenciamento de eventos com sistemas de proteção, controle e automação é essencial para uma operação fluida da subestação. Isso requer protocolos de comunicação padronizados e interoperabilidade.

- **Treinamento e Capacitação de Operadores**

À medida que os sistemas se tornam mais complexos, é importante investir na formação e capacitação de operadores para lidar com eventos variados e complexos de maneira eficaz.

- **Monitoramento Ambiental**

A subestação deve estar preparada para eventos ambientais extremos, como tempestades, enchentes ou incêndios. Monitorar essas condições ambientais e responder adequadamente é um desafio crítico.

Compreender e abordar esses desafios é essencial para melhorar a eficiência, a confiabilidade e a segurança das subestações elétricas. O próximo segmento desta revisão de literatura examinará as soluções emergentes e as tecnologias inovadoras que estão sendo desenvolvidas para enfrentar esses desafios.



Figura 6: Monitoramento ambiental de uma subestação eléctrica. Fonte: [18]

3.3 Benefícios do Melhoramento do Sistema de Gerenciamento de Eventos

O aprimoramento do sistema de gerenciamento de eventos em subestações elétricas traz benefícios significativos para a operação, confiabilidade e segurança do sistema elétrico [8]. Esses benefícios incluem:

- Detecção precoce de falhas, permitindo respostas rápidas e reduzindo o tempo de inatividade.
- Redução de custos de manutenção, com a transição para manutenção preditiva.
- Aumento da confiabilidade do sistema, minimizando interrupções não planejadas de energia.
- Melhoria da segurança operacional, prevenindo acidentes e protegendo operadores.
- Uso eficiente de recursos, otimizando o consumo de energia e reduzindo o desperdício.
- Maior sustentabilidade, detectando e respondendo rapidamente a eventos ambientais adversos.
- Melhor capacidade de integração de energias renováveis, gerenciando eficazmente sua variabilidade na rede elétrica.

- Melhor experiência do cliente, reduzindo interrupções e melhorando a qualidade do fornecimento de energia.
- Conformidade com normas e regulamentos, evitando multas e penalidades regulatórias.

Esses benefícios não apenas melhoram a eficiência das subestações, mas também impactam positivamente a economia, a segurança pública e o meio ambiente. A próxima seção da revisão de literatura explorará as tendências futuras no gerenciamento de eventos em subestações, visando melhorias contínuas no setor elétrico.

3.4. Banco de Dados na Nuvem

Banco de dados na nuvem refere-se a sistemas de gerenciamento de banco de dados (SGBDs) hospedados e acessados pela internet. Em vez de serem armazenados localmente em servidores físicos, esses bancos de dados residem em servidores remotos mantidos por provedores de serviços em nuvem, como Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform (GCP) e outros.

Há diversos tipos de banco de dados na nuvem, como bancos de dados relacionais (SQL) e não relacionais (NoSQL), cada um com suas vantagens e casos de uso específicos. A migração para a nuvem oferece benefícios como escalabilidade, flexibilidade, acessibilidade remota, segurança aprimorada e gerenciamento simplificado.

A escolha do provedor de nuvem e do tipo de banco de dados depende das necessidades específicas do projeto, como requisitos de desempenho, segurança, custo e escalabilidade.

3.4.1. Firebase

O **Firestore** é uma plataforma de desenvolvimento de aplicativos móveis e web oferecida pela Google. Ele fornece uma variedade de serviços e ferramentas para ajudar os desenvolvedores a criar, implantar e gerenciar aplicativos de alta qualidade. O **Firestore** inclui recursos para desenvolvimento de aplicativos, autenticação de usuários, armazenamento de dados em tempo real, hospedagem de sites, mensagens em tempo real, análise de aplicativos e muito mais. O **Firestore** oferece dois principais serviços de banco de dados na nuvem:

3.4.1.1. Firestore Realtime Database

Este é um banco de dados em tempo real na nuvem que armazena os dados em formato JSON e permite a sincronização em tempo real entre clientes. Os dados são atualizados automaticamente em todos os dispositivos conectados quando ocorrem alterações. Isso é particularmente útil para aplicativos que exigem atualizações instantâneas, como aplicativos de bate-papo em tempo real, jogos *multiplayer* e colaboração em tempo real.

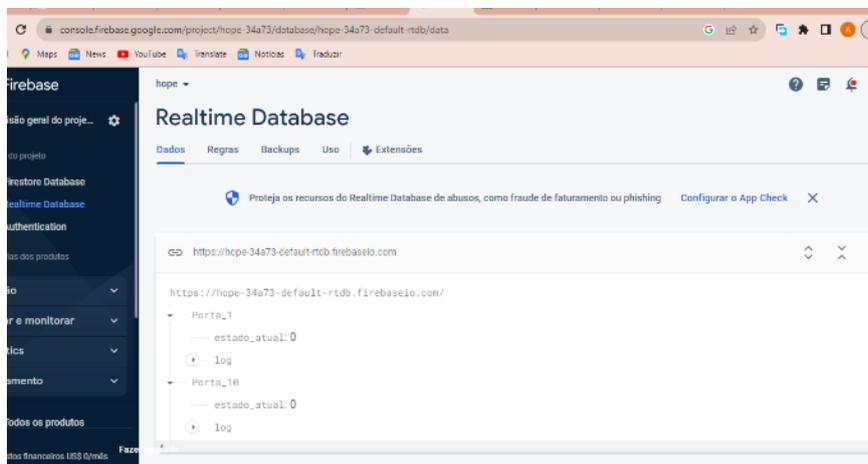


Figura 7: Estrutura de um banco de dados do Realtime Database. Fonte: autor

3.4.1.2. Firebase Cloud Firestore

O *Cloud Firestore* é um banco de dados NoSQL documental na nuvem que oferece uma estrutura de dados mais flexível do que o *Realtime Database*. Ele permite que você armazene, consulte e sincronize dados em tempo real em um formato de coleção e documento. O *Firestore* também é escalonável e adequado para aplicativos que precisam de estruturas de dados mais complexas e consultas avançadas.

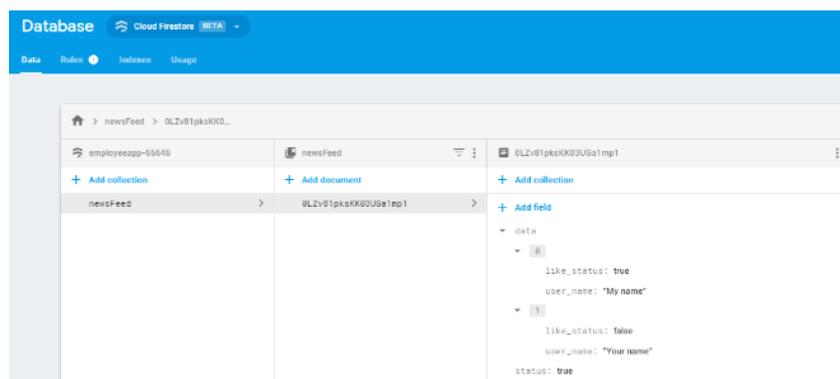


Figura 8: Estrutura de um banco de dados do Realtime Database. Fonte: autor

Ambos os serviços do *Firebase* fornecem armazenamento de dados na nuvem e integram-se perfeitamente com outros serviços do *Firebase*, como autenticação, análises e notificações em tempo real. Eles são amplamente utilizados em aplicativos móveis e da web para armazenar e recuperar dados de forma segura e escalonável na nuvem.

3.4.1.3. Firebase Authentication

A autenticação do Firebase é um serviço oferecido pela plataforma Firebase do Google que facilita a autenticação de usuários em aplicativos. Ele fornece métodos simples para autenticar usuários usando diferentes provedores de identidade, como e-mail/senha, Google, Facebook, Twitter, GitHub e outros, além de permitir a autenticação anônima. Com a autenticação do Firebase, os desenvolvedores podem integrar rapidamente um sistema de login seguro em seus aplicativos, permitindo que os usuários se registrem, façam login e acessem o aplicativo com segurança. O Firebase Authentication oferece recursos como verificação de e-mail, redefinição de senha, controle de acesso baseado em funções e gerenciamento de identidade de usuário.

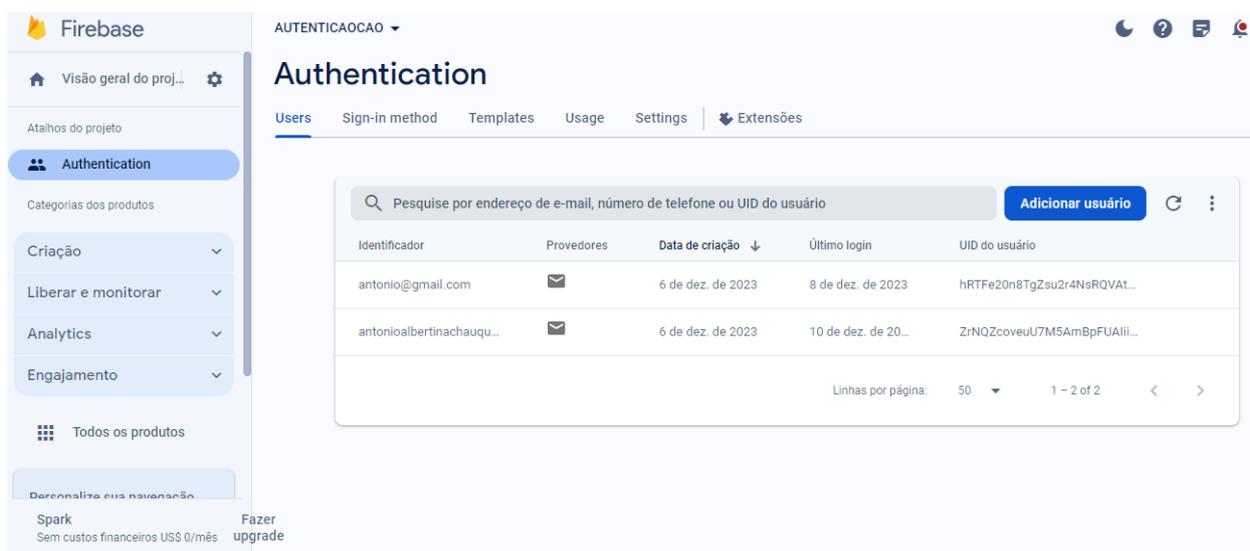


Figura 9: Firebase Authentication. Fonte: autor

Os desenvolvedores podem utilizar as SDKs (kits de desenvolvimento de software) do Firebase para várias plataformas (iOS, Android, Web) para implementar a autenticação de forma simples e eficiente em seus aplicativos. Além disso, o Firebase Authentication oferece integração fácil com outros serviços do Firebase, como o Realtime Database e o Cloud Firestore, para criar aplicativos seguros e com funcionalidades avançadas de forma mais simplificada.

Passos para criação de um banco de dados no firebase:

1. Acessar o Console do Firebase “<https://console.firebase.google.com/>”.
2. Criar um novo projeto ou selecione um existente.
3. Escolher o tipo de banco de dados: Realtime Database ou Cloud Firestore.
4. Configurar as opções conforme necessário (modo de teste, regras de segurança etc.).
5. Acessar e utilizar o banco de dados usando as bibliotecas SDK do Firebase para interagir com seus dados.

Capítulo IV: Escolha da Melhor Solução

4.1. Descrição da situação

A situação em questão envolve os sistemas de gerenciamento de notificação de eventos em subestações elétricas, que estão enfrentando desafios significativos. Esses desafios estão relacionados à dependência exclusiva de notificações por SMS e ao armazenamento temporário de dados, o que está impactando negativamente a eficiência e a confiabilidade do sistema elétrico. Vamos explorar cada um dos aspectos problematizados

4.1.1. Dependência de Notificações por SMS

A dependência exclusiva de notificações por SMS é uma questão crítica a ser abordada. Isso se deve ao fato de que os SMS podem não ser o método mais eficaz para notificar eventos críticos em subestações elétricas. É importante considerar alternativas mais eficazes e avaliar a confiabilidade das notificações por SMS diante de problemas de rede ou congestionamento, bem como seu impacto no tempo de resposta para detecção e resposta a eventos críticos.

4.1.2. Armazenamento Temporário de Dados

O armazenamento temporário de dados é uma prática crucial que envolve a retenção de informações por um curto período antes de sua posterior utilização, processamento ou exclusão. Essa estratégia desempenha um papel fundamental na otimização do desempenho e da funcionalidade de sistemas de computação, proporcionando benefícios como o acesso mais ágil a informações frequentemente acessadas e facilitando a transferência de dados entre diferentes componentes de um sistema [9].

No entanto, é importante observar que o armazenamento temporário de dados também é uma questão de considerável importância, pois pode impactar negativamente a geração de relatórios e análises operacionais precisos e abrangentes.

A gestão adequada do armazenamento temporário de dados é essencial para garantir a confiabilidade e a eficácia das operações, especialmente em cenários onde a precisão e a integridade dos dados desempenham um papel crítico.

4.2. Procura da solução

A busca por soluções para os desafios enfrentados pelos sistemas de gerenciamento de notificação de eventos em subestações elétricas requer uma abordagem abrangente e estratégica. Abaixo, são descritas detalhadamente algumas possíveis soluções para cada um dos aspectos problematizados:

4.2.1 Projeto de um Sistema de Notificação de Eventos Melhorado

Para superar a dependência exclusiva de notificações por SMS e melhorar a detecção e resposta a eventos críticos, pode-se considerar o seguinte:

- **Utilização de Tecnologias de Comunicação Avançadas:** em vez de depender exclusivamente de SMS, adotar tecnologias de comunicação mais avançadas, como aplicativos móveis dedicados, e-mails ou mensagens instantâneas, para garantir a entrega rápida e confiável de notificações em tempo real.
- **Integração de Sensores Inteligentes:** instalar sensores inteligentes nas subestações que possam detectar eventos anormais, como sobrecargas, falhas de equipamento, ou variações de tensão. Esses sensores podem enviar automaticamente alertas para o sistema de gerenciamento, permitindo uma resposta imediata.
- **Implementação de Análise de Dados em Tempo Real:** usar análise de dados em tempo real para identificar padrões e tendências nos eventos da subestação. Isso permitirá a previsão de problemas iminentes e uma resposta proactiva.

4.2.2 Integração das Subestações no Sistema SCADA

Para superar os desafios de integração das subestações no sistema SCADA, as seguintes medidas podem ser consideradas:

- **Atualização de Protocolos de Comunicação:** adotar protocolos de comunicação padronizados e modernos, como o IEC 61850, para permitir uma integração mais eficiente entre as subestações e o sistema SCADA.
- **Desenvolvimento de Gateways de Integração:** implementar gateways de integração que possam traduzir os dados das subestações em formatos compatíveis com o sistema SCADA. Isso permite uma comunicação suave entre os sistemas.
- **Uso de Redes Privadas Virtuais (VPNs):** estabelecer conexões seguras entre subestações remotas e o sistema SCADA por meio de VPNs, garantindo a segurança dos dados durante a transmissão.

4.2.3 Integração de um Banco de Dados no Sistema Atual

Para melhorar o armazenamento de dados e a geração de relatórios precisos, considere as seguintes ações:

- Implementação de um Banco de Dados Centralizado: introduzir um banco de dados centralizado que possa armazenar todas as informações relevantes das subestações de forma organizada e segura.
- Automatização da Coleta de Dados: automatizar a coleta de dados das subestações para garantir a atualização constante do banco de dados, reduzindo o armazenamento temporário.
- Desenvolvimento de Painéis de Controle e Relatórios Personalizados: criar painéis de controle e relatórios personalizados que permitam aos operadores visualizar facilmente os dados e extrair informações significativas para análises operacionais.
- Backup de Dados Redundante: implementar backups de dados redundantes para garantir a integridade dos dados, mesmo em caso de falha do sistema principal.

Essas soluções propostas podem ser implementadas de forma combinada ou individual, dependendo das necessidades e recursos específicos de cada subestação elétrica. A chave para o sucesso é adotar uma abordagem escalável e flexível que permita a adaptação às mudanças nas condições operacionais e às novas tecnologias que surgirem no futuro. Além disso, a segurança cibernética deve ser uma consideração fundamental ao implementar qualquer uma dessas soluções para proteger contra ameaças potenciais.

4.3. Fase de decisão

A tabela a seguir descreve as razões para a escolha de "Projeto de melhoramento do Sistema de Notificação de Eventos Melhorado" como solução do problema, em vez de "Integração das Subestações no Sistema SCADA" e "Integração de um Banco de Dados no Sistema Atual" para o problema proposto:

Tabela 1: Escolha da melhor solução para a resolução do problema. Fonte: autor

Critério de Escolha	Projeto de um Sistema de Notificação de	Integração das Subestações no Sistema SCADA	Integração de um Banco de Dados no Sistema Atual
----------------------------	--	--	---

	Eventos Melhoramento		
1. Melhoria na detecção e notificação de eventos	A solução de notificação aprimorada prioriza a melhoria na capacidade de detecção e resposta a eventos críticos, permitindo notificações em tempo real por meio de tecnologias avançadas.	A integração no SCADA melhora a supervisão e controle, mas pode não resolver efetivamente a dependência de notificações por SMS e atrasos na resposta.	A integração de um banco de dados não tem como foco principal a melhoria da notificação de eventos críticos, mas sim o armazenamento e gerenciamento de dados.
2. Flexibilidade de Comunicação	A solução de notificação aprimorada permite a escolha de tecnologias de comunicação mais flexíveis, como aplicativos móveis, e-mails e mensagens instantâneas, adaptando-se às necessidades específicas de comunicação da subestação.	A integração no SCADA implica no uso de protocolos específicos que podem ser menos flexíveis e mais padronizados.	A integração de um banco de dados não aborda diretamente a flexibilidade de comunicação em tempo real.
3. Redução da Dependência de SMS	O projeto de notificação aprimorada visa eliminar a dependência exclusiva de notificações por SMS, proporcionando uma	A integração no SCADA não necessariamente elimina a dependência de SMS, uma vez que ainda pode ser	A integração de um banco de dados não aborda diretamente a dependência de SMS, uma vez que se concentra no

	solução mais confiável e eficaz.	usada como meio de notificação.	armazenamento de dados.
4. Adoção de Tecnologias Emergentes	A solução de notificação aprimorada permite a incorporação de tecnologias emergentes, como IoT e análise de dados em tempo real, para aprimorar a eficiência operacional.	A integração no SCADA não necessariamente implica a adoção imediata de tecnologias emergentes, uma vez que é voltada para a integração de sistemas existentes.	A integração de um banco de dados não aborda diretamente a adoção de tecnologias emergentes, pois está focada no armazenamento de dados.
5. Resposta a Eventos em Subestações Remotas	O projeto de notificação aprimorada pode ser adaptado para melhorar a notificação de eventos em subestações remotas, mesmo onde a integração com o SCADA é limitada.	A integração no SCADA pode ser desafiadora em subestações remotas devido à conectividade limitada e, portanto, pode não ser a solução mais viável para esses locais	. A integração de um banco de dados não aborda diretamente a questão da conectividade em subestações remotas.

Capítulo V: Desenvolvimento da solução

5.1. Memória Descritiva

Este projeto tem como objetivo melhorar o sistema de gerenciamento de notificações de eventos em subestações elétricas, a fim de aumentar a eficiência, a confiabilidade e a capacidade de resposta a eventos críticos.

5.1.1. Funcionalidades do sistema

As capacidades de um sistema são caracterizadas pelas funções que executa. As principais funcionalidades do sistema proposto são:

- Leitura dos estados das entradas e saídas;
- Notificação da mudança dos estados;
- Armazenamento dos históricos dos estados das entradas no banco de dados local e na nuvem;
- Garantia de integridade dos dados adquiridos;
- Monitoramento através de plataformas digitais;

5.1.2. Utilizadores do sistema

O sistema de notificação de eventos das subestações eléctricas agrega um conjunto de pessoas que interagem directamente com ele, no entanto os utilizadores do sistema são divididos em dois grupos:

- **Consumidores:** todos utilizadores que irão receber a mensagem via SMS e visualizar as notificações através da plataforma IoT;
- **Administradores:** responsáveis por efectuar a gestão do sistema, integração de novas subestações, cadastrar os consumidores legíveis e avaliar possíveis falhas no sistema.

5.1.3. Modelagem do sistema proposto

A modelagem do sistema é mencionada como o processo de compor os requisitos e restrições que definem o funcionamento do sistema. Esta etapa é fundamental para o desenvolvimento do sistema, pois define como o sistema irá operar e quais restrições deve

- **Restrições do Sistema:**

São mencionadas diversas restrições que o sistema deve cumprir, incluindo baixo custo, baixo consumo, alimentação via rede elétrica e bateria para *backup*, especificações de tensão e frequência, fiabilidade e dimensões reduzidas. Essas restrições são importantes para limitar o escopo do projeto e garantir que o sistema atenda às condições específicas do ambiente em que será implantado.

- **Requisitos do Sistema:**

Os requisitos funcionais e não funcionais do sistema são claramente definidos. Os requisitos funcionais descrevem as funções que o sistema deve executar, como monitoramento dos estados das I/O em tempo real, segurança de dados, avaliação do estado da alimentação, entre outros. Os requisitos não funcionais abordam questões como autonomia de operação, usabilidade, disponibilidade 24/24 e acessibilidade via web.

5.1.4. Arquitectura do sistema

A arquitetura do sistema de gerenciamento de notificação de eventos de subestações elétricas pode ser representada de forma abstrata e compreensível com base nos componentes mencionados. A seguir, apresento uma visão geral da arquitetura:

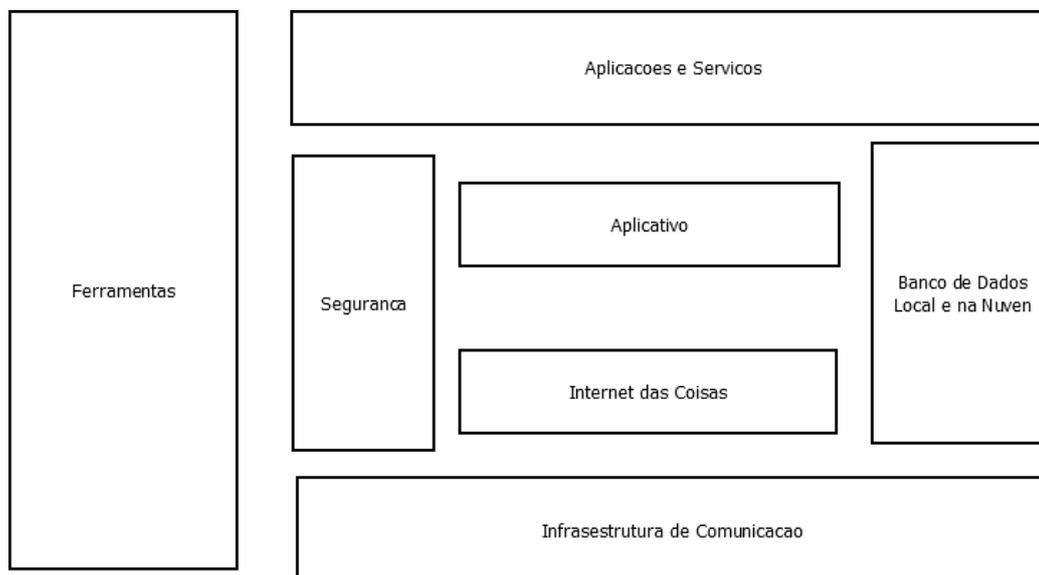


Figura 10:Arquitectura da Solução proposta. Fonte: autor

A interação entre esses componentes é fundamental para o funcionamento eficaz do sistema. Sensores IoT coletam dados em tempo real, que são transmitidos por meio da infraestrutura de comunicação para a unidade central de processamento. A partir daí, os eventos são analisados, notificações são geradas e enviadas aos operadores por meio do aplicativo. Dados relevantes são armazenados tanto localmente quanto na nuvem para fins de análise e histórico

5.2. Descrição Técnica

Abaixo são apresentados os principais blocos funcionais da solução:

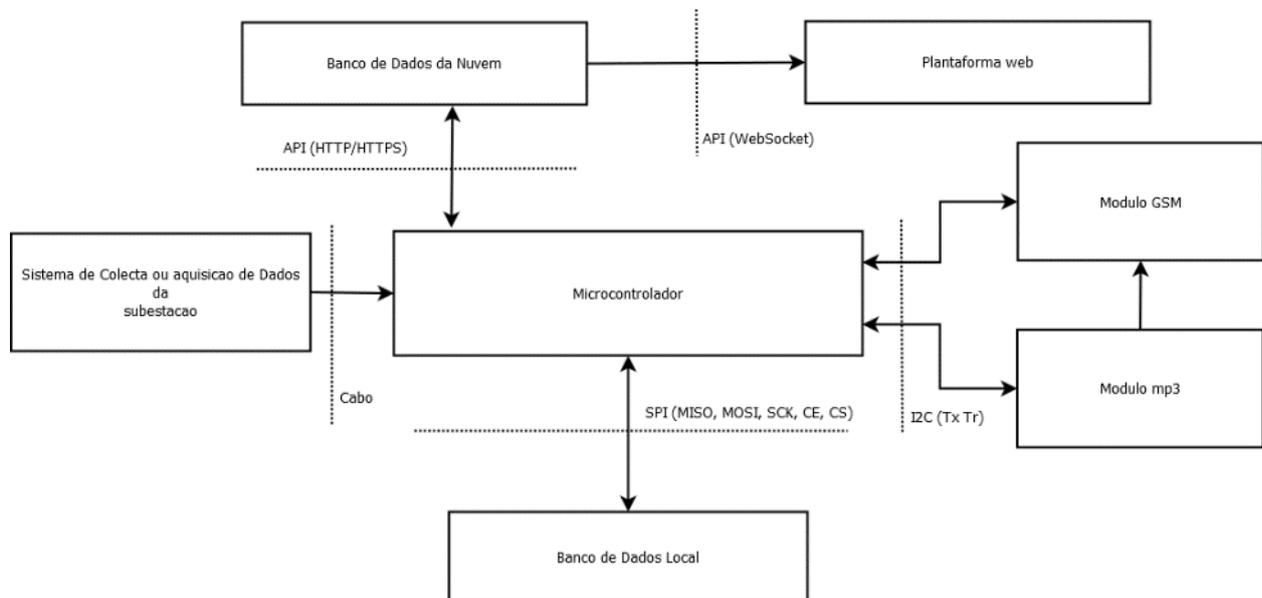


Figura 11: Blocos funcionais da solução. Fonte: O autor

5.2.1. Microcontrolador

Um microcontrolador é um componente eletrônico crucial em sistemas embarcados, encontrando aplicação em dispositivos simples como controles remotos até sistemas complexos como carros e eletrodomésticos inteligentes. Critérios fundamentais para escolher um microcontrolador incluem:

- **Consumo de energia:** fundamental em sistemas alimentados por bateria, afetando a vida útil e custos operacionais.
- **Arquitetura:** influencia o desempenho e a capacidade de programação, exigindo escolha com base nas necessidades do projeto.
- **Periféricos:** memórias, temporizadores, conversores, entre outros, que impactam a funcionalidade do sistema conforme os requisitos do projeto.
- **Desempenho e capacidade de armazenamento:** velocidade do *clock* e memória devem atender às demandas do sistema.
- **Tamanho, encapsulamento e custo:** afetam o layout da placa e o espaço disponível, influenciando no orçamento do projeto.
- **Escalabilidade:** capacidade de atualização ou expansão futura do sistema.

- **Facilidade de programação e comunicação:** aspectos cruciais para eficiência na programação e na intercomunicação com outros dispositivos.
- **Atualização de *firmware*:** essencial para correção de bugs, adição de recursos e segurança ao longo do tempo.

Após análise detalhada, o microcontrolador ESP32 foi escolhido, atendendo completamente aos requisitos essenciais para a integração do sistema. Essa escolha considerou diversos fatores, incluindo custo e capacidade de compilação de software. O ESP32 destacou-se por sua capacidade de integrar os componentes necessários e simplificar o processo de desenvolvimento de software.

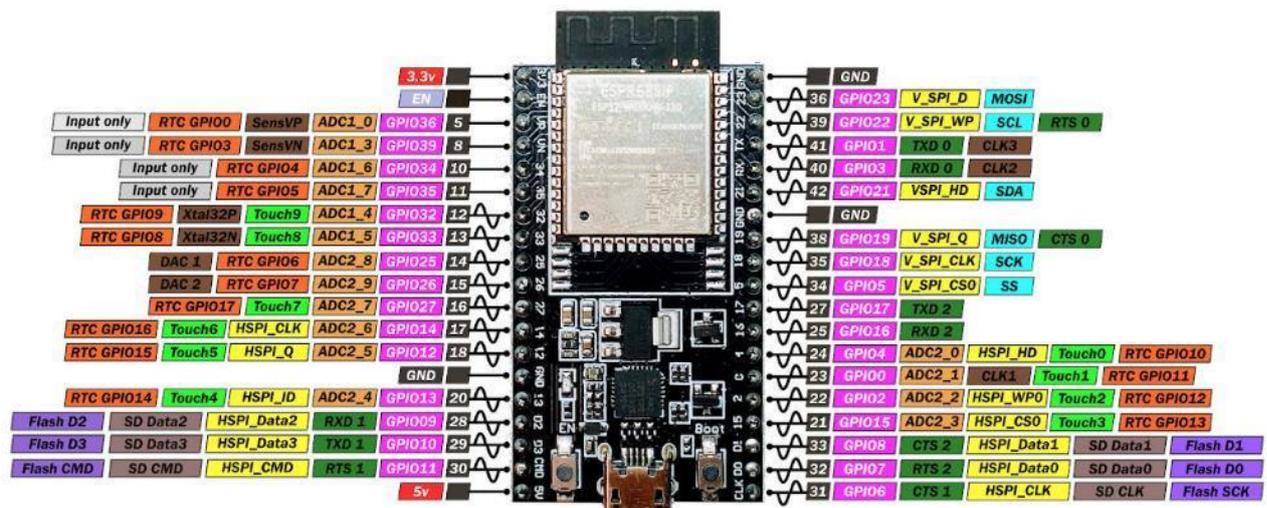


Figura 12: Esp32. Fonte: adaptado

Tabela 2: Comparação entre os microcontroladores. Fonte: O autor

Aspectos	Arduino Uno	Arduino Mega	ESP8266	ESP32
Núcleo	ATmega328P	ATmega2560	Xtensa L106	Xtensa LX6
Arquitetura (bits)	8	8	32	32
Clock (MHz)	16 MHz	16 MHz	80 MHz	160 - 240 MHz
Conectividade	USB, UART, I2C, SPI, GPIO	USB, UART, I2C, SPI, GPIO	Wi-Fi, UART, I2C, SPI, GPIO	Wi-Fi, Bluetooth, USB, UART, I2C, SPI, GPIO
RAM e Flash	2KB RAM, 32KB Flash	8KB RAM, 256KB Flash	160KB RAM, 4MB Flash	520KB RAM, 4MB Flash

GPIO	20	69	17	36
Tamanho (mm x mm)	68.6 x 53.4	101.6 x 53.4	24.0 x 16.5	26.7 x 48.2

5.2.2. Modulo GSM

Os módulos GSM são essenciais para a comunicação de dispositivos eletrônicos com redes de telefonia móvel. Eles permitem a transmissão de voz, mensagens SMS e acesso à internet por meio de redes celulares, utilizando cartões SIM para autenticação. Controlados por comandos AT, esses módulos possuem conectores para antenas externas e oferecem recursos avançados como GPRS, 3G ou 4G.

Utilizados em rastreamento veicular, monitoramento remoto, sistemas de segurança e outras aplicações, sua eficiência energética é crucial, especialmente em dispositivos com bateria. É importante verificar a compatibilidade de frequências para garantir sua funcionalidade em diferentes regiões.

Os módulos GSM desempenham um papel vital em sistemas de IoT, monitoramento, alarmes e outras aplicações que demandam conectividade com redes móveis, tornando-se uma parte indispensável na tecnologia moderna para possibilitar comunicação em locais remotos e móveis.

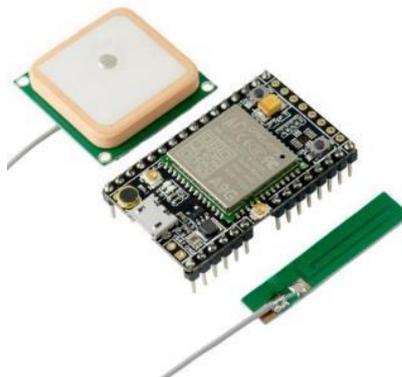


Figura 13: Modulo A9G. Fonte: adaptado

A tabela 3 apresenta a comparação entre três módulos GSM. Na solução proposta, optou-se por usar o módulo A9G devido à sua notável compatibilidade com os requisitos da solução de gerenciamento de notificações de eventos das subestações.

Tabela 3: Comparação dos módulos GSM. Fonte: autor

Módulo GSM	Núcleo	Frequências de Rede Suportadas	Clock (MHz)	Conectividade	RAM e Flash	GPIO	Tamanho
						1	

SIM800L	SIM800L	Quad-band (850/900/ 1800/1900 MHz)	26 MHz	GSM/GPRS, Bluetooth	32 KB SRAM, 64 KB Flash	15	17.6 15.7	x
SIM900	SIM900A	Quad-band (850/900/ 1800/1900 MHz)	104 MHz	GSM/GPRS	32 KB SRAM, 64 KB Flash	24	24.0 24.0	x
A9G	RDA8955	Quad-band (850/900/ 1800/1900 MHz)	312 MHz	GSM/GPRS, GPS, Bluetooth	64 MB SRAM, 16 MB Flash	40	22.8 26.0	x

5.2.3. Módulo mp3

O módulo *DFPlayer Mini* é uma solução compacta e versátil para a reprodução de áudio em projetos Arduino. Esse módulo MP3 é especialmente projetado para facilitar a incorporação de capacidades de reprodução de áudio em projetos eletrônicos, sendo amplamente utilizado em combinação com placas Arduino. Sua principal utilidade reside na reprodução de arquivos de áudio armazenados em um cartão SD, proporcionando uma maneira eficiente e conveniente de adicionar áudio a projetos diversos.

Este módulo oferece uma interface simplificada para controlar a reprodução de arquivos de áudio, tornando-o ideal para projetos que demandam uma saída sonora sem complicações. Sua potência de saída é configurável, permitindo ajustes para atender às necessidades específicas de cada aplicação. A modulação utilizada, comumente por amplitude (AM), permite uma transmissão eficaz do sinal de áudio, garantindo uma reprodução clara e nítida.

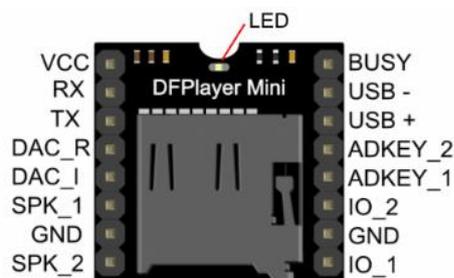


Figura 14: Módulo mp3. Fonte: adaptado

Dessa forma, o *DFPlayer Mini* destaca-se como uma solução prática e acessível para integrar capacidades de reprodução de áudio em projetos de Arduino, proporcionando uma experiência sonora de qualidade a aplicações que vão desde dispositivos de comunicação até projetos artísticos e de entretenimento.

5.2.4. Módulo SD Card (dispositivo de armazenamento físico)

Os módulos *SD Card* são dispositivos usados para leitura e gravação de cartões de *memória SD e microSD* em sistemas embarcados, como microcontroladores e placas Arduino. Alguns pontos importantes sobre esses módulos:

- **Compatibilidade de Cartões:** suportam *cartões SD e microSD*.
- **Interface:** usam interfaces SPI ou I2C para comunicação com o dispositivo *host*.
- **Capacidade de Armazenamento:** varia conforme o módulo e o cartão utilizado.
- **Nível de Tensão:** alguns suportam cartões de 3.3V ou 5V. Verifique a compatibilidade com a tensão do sistema.
- **Velocidade de Leitura/Gravação:** varia entre diferentes cartões e módulos. Considere a velocidade necessária para seu projeto.

Esses módulos são fundamentais para sistemas que precisam armazenar e recuperar dados em cartões de memória, oferecendo flexibilidade de capacidade, compatibilidade e velocidade de operação conforme as necessidades específicas do projeto.



Figura 15: Módulo SD card. Fonte: adaptado

5.2.5. Sistema de coleta de dados ou aquisição de sinais

Um sistema de coleta de dados desempenha um papel essencial na aquisição, processamento e conversão de sinais de entrada para análise e notificação. Sua integração em um sistema de gerenciamento de eventos para subestações é fundamental, capacitando a eficiência operacional, permitindo o registro e resposta a eventos críticos, e disponibilizando informações vitais para decisões em tempo real.

Nas subestações elétricas da EDM, onde os sinais digitais operam a 12 volts, é crucial garantir que o microcontrolador usado seja compatível com esses níveis de tensão. O ESP32, operando a 3,3 volts, exige o uso de **opto-acopladores** para segurança e

compatibilidade elétrica. Esses dispositivos isolam eletricamente circuitos usando luz, empregando um LED em um lado e um sensor de luz (como um foto-transistor) do outro. Quando o LED é ativado, a luz é transferida para o sensor, permitindo a comunicação sem contato elétrico direto. Esse método é vital para proteger circuitos sensíveis, eliminar interferências elétricas e trocar sinais entre circuitos com diferentes níveis de tensão.

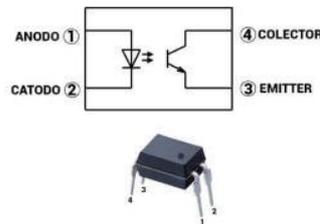


Figura 16: Optoacoplador PC817. Fonte: adaptado

i. Dimensionamento das entradas opto-acopladas

O dimensionamento das entradas opto-acopladas envolve:

1. Especificações do opto-acoplador no *datasheet*

Analisando o *datasheet* do opto-acoplador P817 levantou se os seguintes dados que consta do anexo 1:

- Tipo de Opto-acoplador: foto-díodo;
- Tensão de Isolamento: 5000Vrms
- Corrente máxima de entrada: 20mA;
- Tensão máxima de entrada: 1.4V;
- Corrente de Saída (IC): 50mA
- Tensão máxima inversa: -6V;
- Tensão de Coletor-Emissor (VCE): 35V;
- Tempo de Resposta: 18us;
- Temperatura de Operação: -30 a 100 °C;
- Máxima potencia dissipada: 200mW;
- Tipo de Saída: transistor.

2. Determinação dos níveis de tensão dos circuitos de entrada;

Para determinação dos níveis de tensão e corrente dos circuitos de entrada baseio se no sistema actualmente usado na EDM (*GSM Commander*) que tem como tensão de entrada 10 a 24v [14].

3. Calculo a resistência do LED para limitar a corrente e a tensão de acionamento;

Sabendo que a tensão de entrada será de 12v, a tensão e a corrente do opto-acoplador é 1.2v e 20mA no máximo respectivamente, pode se usar o divisor de tensão para calculo da resistência do led para funcionamento adequado.

$$R_1 = \frac{(V_1 - V_{op})}{I_{op}}$$

Equação 1: Lei de Ohm

Onde: R_1 é o resistor limitador de corrente, V_1 é a tensão de entrada DC, V_{op} é a tensão mínima do optoacoplador e I_{op} é a corrente máxima do opto-acoplador.

$$R_1 = \frac{(12-1.2)}{20 \times 10^{-3}}$$

logo: $R_1 = 540\Omega \approx 560\Omega$

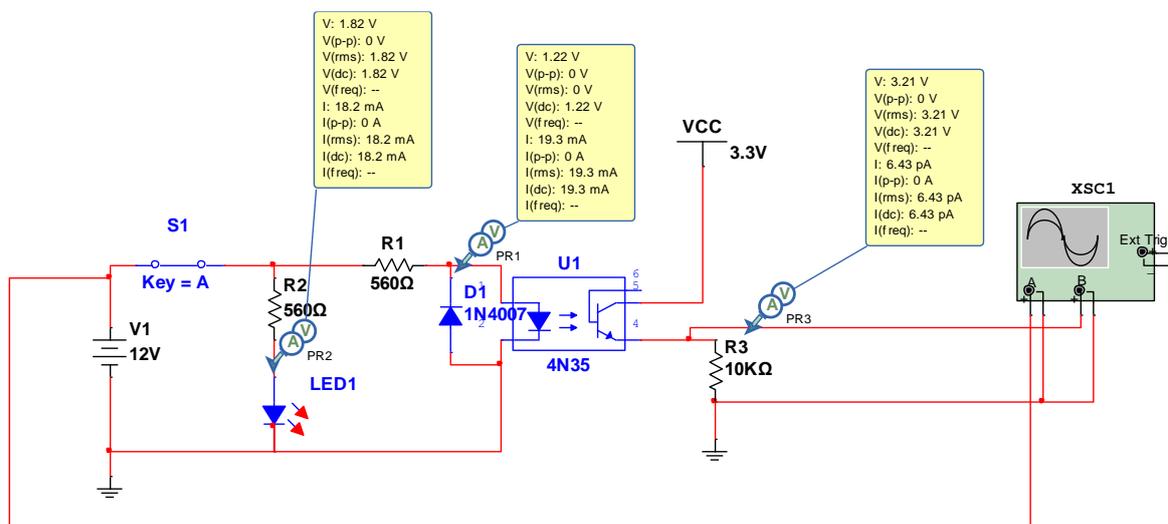


Figura 17: Circuito do opto-acoplador de entrada DC. Fonte: autor

4. Dimensionar a resistência de carga (*pull-up ou pull-down*) para o foto-transistor;

O resistor R_3 é o resistor de pull-up normalmente esta na ordem de 4,7k Ω a 10k Ω , para garantir que o pino não flutue independentemente do estado da entrada.

5. Proteger contra a saturação do foto-transistor.

O diodo D_1 é para proteção do optoacoplador contra a saturação do fotodiodo, visto que, a tensão máxima- inversa de entrada é de -6v.

ii. Circuito de entrada opto acoplador AC

O dimensionamento de um circuito de entrada opto-acoplada para corrente AC é um processo crucial que emprega um opto-acoplador para fornecer isolamento elétrico entre a parte de entrada (AC) e a parte de saída (DC). Este tipo de circuito é frequentemente adotado em cenários nos quais é essencial garantir proteção contra ruídos, flutuações de potencial e isolamento elétrico. Em particular, é frequentemente aplicado para monitorar o status operacional da rede elétrica, permitindo a verificação se a alimentação

está ativa ou desativada. Esse recurso é fundamental em sistemas nos quais a detecção do funcionamento da rede elétrica desempenha um papel crucial, contribuindo significativamente para a segurança e eficácia do circuito em questão.

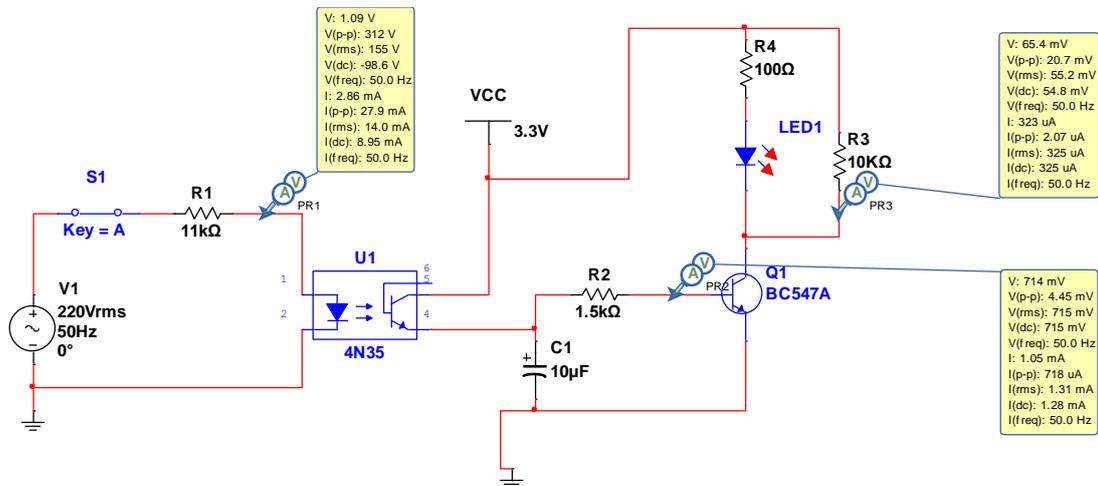


Figura 18: circuito de entrada optoacoplada para corrente AC. Fonte: autor

Onde: R_1 , R_2 e R_4 é o resistor limitador de corrente, V_1 é a tensão de entrada AC, V_{op} é a tensão mínima do opto-acoplador, I_{op} é a corrente máxima do optoacoplador, C_1 é o capacitor de desacoplamento e Q_1 é um transistor funcionando como uma chave.

$$R_1 = \frac{(V_1 - V_{op})}{I_{op}}$$

Equação 2: Lei de Ohm

$$R_1 = \frac{(220-1.2)}{20 \times 10^{-3}} \quad \text{logo: } R_1 = 10.94k\Omega \approx 11k\Omega. \quad R_4 = \frac{(3.3-1.8)}{20 \times 10^{-3}} = 75\Omega \approx 100\Omega$$

De acordo com o anexo 2 (folha de dados do BC547) levantou se os seguintes dados:

- Corrente de Coletor Contínua (I_c): 100mA.
- Ganho de Corrente (β): 110.
- Tensão base emissor (V_{BE}): 0.7V

Percorrendo a malha da base do transistor teremos: $V_{cc} - R_2 * I_B - V_{BE} = 0$

, logo:

$$R_2 = \frac{(V_{cc} - V_{BE})}{I_B}$$

Equação 3: Lei de Ohm

Onde: $I_B = \frac{I_c}{\beta}$ substituindo pelo valor de I_c e β , sabendo que a corrente no colector será

a corrente máxima do led, $I_c = 20mA$ $I_B = \frac{20 \times 10^{-3}}{110} \approx 0.18mA$ e

$R_2 = \frac{(3.3-0.7)}{0.18 \cdot 10^{-3}} = 14,4k\Omega \approx 1.5k\Omega$. O capacitor C_1 foi dimensionado de acordo com a frequência de corte que em que o filtro passa baixo deve filtrar. Tendo a frequência de corte do filtro de 20hz:

$$C_1 = \frac{1}{2\pi * R_2 * f_c}$$

Equação 4: Calculo do capacitor de acoplamento

Onde: f_c é a frequência de corte e R_2 é a resistência da base do transistor calculada anteriormente logo $C_1 = \frac{1}{2\pi * 15 * 10^3 * 20}$, $C_1 = 5.3\mu F \approx 10\mu F$.

O resistor R_3 é o resistor de pull-up normalmente esta na ordem de 4,7k Ω a 10k Ω , para garantir que o pino não flutue independentemente do estado da entrada.

5.2.6. Fonte de Alimentação do Sistema e de carregamento da bateria

A fonte de alimentação descrita é projetada para fornecer energia a diferentes componentes do sistema, atendendo às suas necessidades de tensão e corrente.

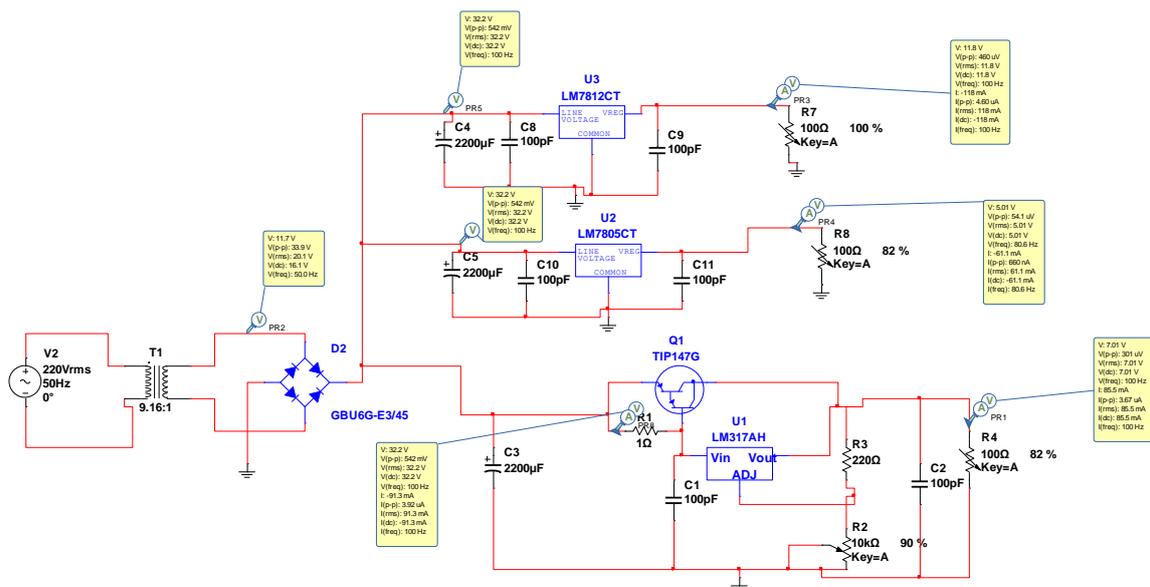


Figura 19: Fonte de Alimentação do Sistema e de carregamento da bateria. Fonte: autor

1. Tensão de Entrada:

A fonte de alimentação aceita uma tensão de entrada alternada de 220V RMS a uma frequência de 50Hz.

2. Tensões de Saídas:

- Saída do Regulador 7805: fornece uma tensão de 5V (ou próximo disso) para alimentar o modem ou outro dispositivo que requeira essa voltagem.

- Saída do Regulador 7812: gera uma saída regulada de 12V para alimentar as entradas ou outros componentes que necessitem dessa voltagem.
- Saída do Regulador 317 e Transistor TIP147: esta etapa é destinada ao carregamento da bateria. O regulador 317 e o transistor TIP147 são usados para ajustar a tensão e corrente apropriadas para carregar a bateria.

3. Dimensionamento do circuito:

- A tensão de entrada passa pelo transformador abaixador para 24vrms, retificada pela ponte de díodos e filtrada para produzir uma tensão contínua.

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

Equação 5: Razão de transformação

Onde: V_P é a tensão do primário e V_S é a tensão do secundário do transformador; N_P é o enrolamento do primário e N_S é o enrolamento do secundário do transformador.

$$V_{cc} = V_S * \sqrt{2} - \frac{I_L}{f * C} - V_D$$

Equação 6: Tensão de entrada do regulador

Onde: V_{cc} é a tensão DC rectificada; I_L é a corrente da carga; f é a frequência da fonte AC; C é o capacitor que filtra a tensão pulsante e V_D é a queda de tensão do diodo. Considerando a $I_L = 500mA$ e $V_D = 0.7V$ teremos:

$$V_{cc} = 24 * \sqrt{2} - \frac{0,5}{50 * 2200 * 10^{-6}} - 0.7 = 28.7V$$

Essa tensão é, então, alimentada aos reguladores, que reduzem a tensão para níveis adequados às especificações dos dispositivos a serem alimentados. Para o carregamento da bateria, a saída passa por um processo de ajuste por meio do regulador 317 e do transistor TIP147 para garantir que a bateria receba a corrente e tensão corretas durante o processo de carga. A tensão de saída do regulador 317 é dada pela seguinte formula:

$$V_{Saida} = 1.25 \left(\frac{R_3}{R_2} + 1 \right)$$

Equação 7: Tensão de saída do regulador 317

O resistor R_1 é responsável pela polarização do transistor, para funcionar como seguidor de emissor e é dado pela seguinte formula:

$R_1 = 0.9 * I_{Rmax}$, onde: I_{Rmax} é a corrente maxima do regulador que será 1ª logo $R_1 = 0.9 * 1 \cong 1\Omega$.

Observação: se a potencia dissipada for maior que 1w deve se utilizar um dissipador de calor acoplado no circuito integrado.

$$P_d = (V_{cc} - V_o) * I_L$$

Equação 8: Potencia dissipada

Onde: V_o é a tensão de saída do regulador.

A fonte de alimentação tem como objetivo principal fornecer tensões reguladas e controladas para diferentes partes do sistema, garantindo assim o funcionamento adequado e seguro dos componentes conectados. Essa fonte de alimentação é projetada para garantir que todos os dispositivos conectados ao sistema recebam a tensão e corrente corretas para operar de maneira eficiente e segura.

5.3. Desenvolvimento da Plataforma Web

O desenvolvimento de sistemas para o gerenciamento de eventos em subestações elétricas desafia a integração de tecnologias diversas. A capacidade de adquirir dados precisos e em tempo real desses ambientes é crucial para garantir a eficiência operacional e a segurança desses sistemas críticos.

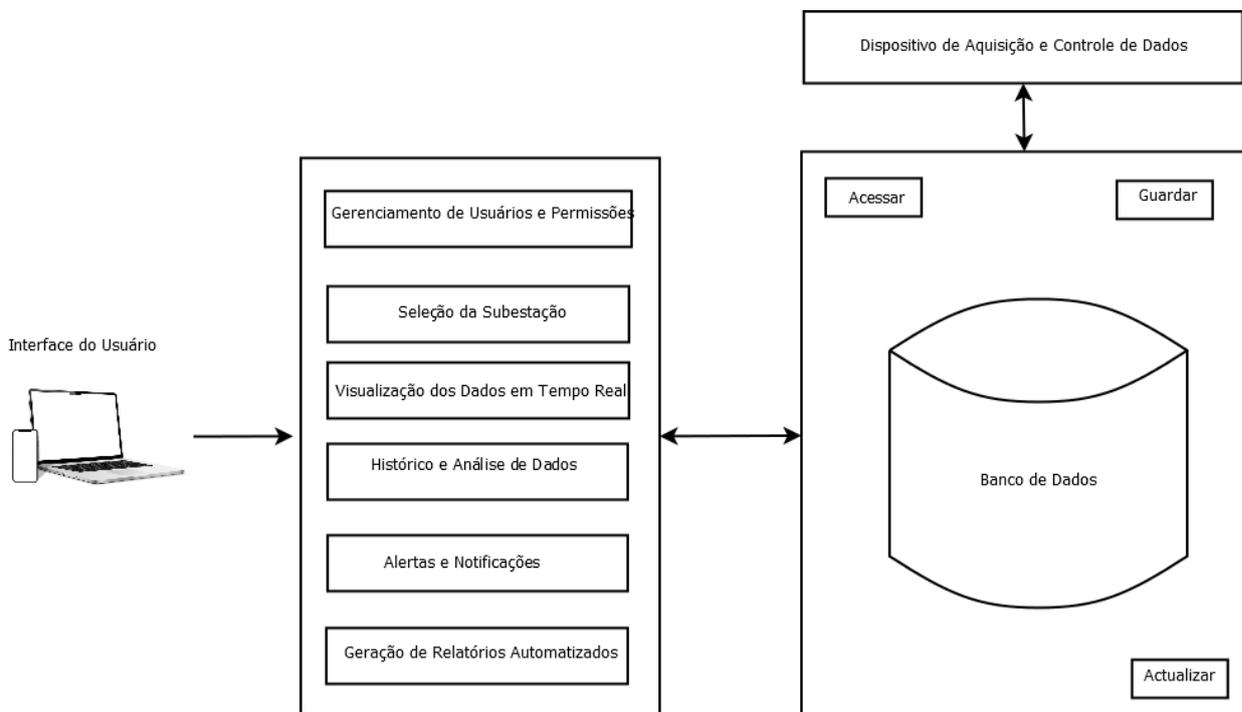


Figura 20: Arquitetura da pagina web. Fonte: autor

1. Coleta de Dados com ESP32

O ESP32 desempenha um papel fundamental na aquisição de dados dos diversos sensores das subestações elétricas, capturando parâmetros como temperatura,

voltagem, corrente e outros relevantes. Esses dados são transmitidos em tempo real para o servidor Firebase, estabelecendo uma conexão eficiente à rede.

2. Armazenamento em Realtime Firebase

Os dados coletados são imediatamente direcionados ao *Firebase*, um banco de dados em tempo real que oferece não apenas armazenamento instantâneo, mas também uma sincronização ágil. A integração simplificada com aplicativos webs torna o *Firebase* uma escolha estratégica para esse propósito.

3. Desenvolvimento do *Backend* em PHP

O *backend*, construído com PHP, interage de maneira direta e eficaz com o banco de dados do *Firebase*. Esse componente é responsável pela manipulação e processamento dos dados, incluindo a gestão de autenticação de usuários, recuperação de informações do *Firebase* e a preparação dos dados para visualização.

4. Frontend em HTML e JavaScript

A página de relatório é estruturada em HTML, garantindo uma organização sólida do conteúdo, enquanto o *JavaScript* é empregado para conferir dinamismo e interatividade à página. O *JavaScript* atua como ponte com o *backend* em PHP, recuperando os dados do *Firebase* e os exibindo na página, muitas vezes através de gráficos ou tabelas geradas por ferramentas como o Chart.js.

5. Integração e Visualização dos Dados

Os dados, após passarem pelo processamento no *backend* PHP, são enviados de forma assíncrona para a página HTML por meio de requisições *JavaScript* (AJAX). São apresentados de maneira clara e acessível na página, frequentemente utilizando bibliotecas como o Chart.js para criar visualizações gráficas e outras ferramentas para melhor compreensão dos dados.

6. Testes e Segurança

- Testes meticulosos são realizados para assegurar a correta exibição dos dados e a operacionalidade precisa do sistema.
- Implementação de medidas de segurança robustas, como a utilização de protocolos HTTPS, validação rigorosa dos dados de entrada e a implementação de sistemas de autenticação de usuários, garantindo a proteção dos dados durante a transmissão e armazenamento.

7. Implantação e Manutenção

- Após a verificação bem-sucedida dos testes, a página é implantada em um servidor web, permitindo o acesso dos usuários de maneira estável e segura.

- A manutenção contínua é executada para resolver eventuais falhas (bugs), além de incorporar novos recursos e assegurar a escalabilidade do sistema, mantendo-o alinhado às demandas futuras.

5.3.1. Protocolos de comunicação usados

Para a criação da página web, comunicação com o *Firebase* e interação com o ESP32, diferentes protocolos e tecnologias podem ser utilizados em cada etapa:

1. Página Web

HTML: utilizado para estruturar o conteúdo da página.

CSS: responsável pela estilização e aparência visual da página.

JavaScript: essencial para interatividade, manipulação do DOM (Document Object Model) e comunicação assíncrona com o *backend*.

2. Comunicação com o Firebase

- **REST API:** utilizada para realizar operações de leitura, escrita, atualização e exclusão de dados no *Firebase* através de solicitações HTTP.
- **Firebase SDK:** fornece bibliotecas e ferramentas para interagir com o *Firebase* de forma mais simplificada e direta, permitindo manipular dados em tempo real.

3. Interação com o ESP32

- **Protocolos de Comunicação Serial:** pode ser utilizado o protocolo UART ou outros protocolos como SPI ou I2C para a comunicação serial entre o ESP32 e os sensores/dispositivos conectados.
- **MQTT:** um protocolo leve de mensagens usado para a comunicação entre dispositivos IoT, que pode ser implementado no ESP32 para transmitir dados para o *backend*.

A integração desses protocolos permite que a página web se comunique com o *Firebase* para ler e gravar dados em tempo real e também interaja com o ESP32 para receber e enviar informações dos sensores ou controlar dispositivos, dependendo das funcionalidades específicas do projeto.

5.4. Software do Microcontrolador

O software para um microcontrolador (ESP32) foi desenvolvido utilizando ferramentas e ambientes de programação.

Arduíno IDE: uma opção popular para programação de microcontroladores, incluindo o ESP32. Oferece uma interface amigável para escrever e carregar código para o ESP32, usando a linguagem de programação baseada em C/C++.

Proteus é um software de simulação eletrônica utilizado para modelagem, simulação e prototipagem de sistemas eletrônicos. Ele permite o design e teste de circuitos eletrônicos, simulando o comportamento de componentes e sistemas antes da construção física. Essa ferramenta é comumente utilizada por engenheiros eletrônicos para projetar e testar circuitos digitais e analógicos, além de oferecer recursos para visualizar o funcionamento de dispositivos em tempo real.

NI Multisim é uma ferramenta de design e simulação de circuitos eletrônicos que permite aos engenheiros e estudantes criar circuitos e realizar simulações para entender o comportamento deles antes de construí-los fisicamente. Ele oferece uma interface gráfica para projetar circuitos com componentes eletrônicos e simular seu funcionamento.

O software do microcontrolador ESP32 foi dividido em diferentes funcionalidades para melhor organização e compreensão do código:

5.4.1. Software de Leitura e Verificação da Mudança de Estado

Esta parte do software será responsável por interagir com os sensores conectados ao ESP32, realizar a leitura dos dados (como temperatura, voltagem, corrente, etc.) e verificar se houve mudanças significativas ou eventos relevantes.

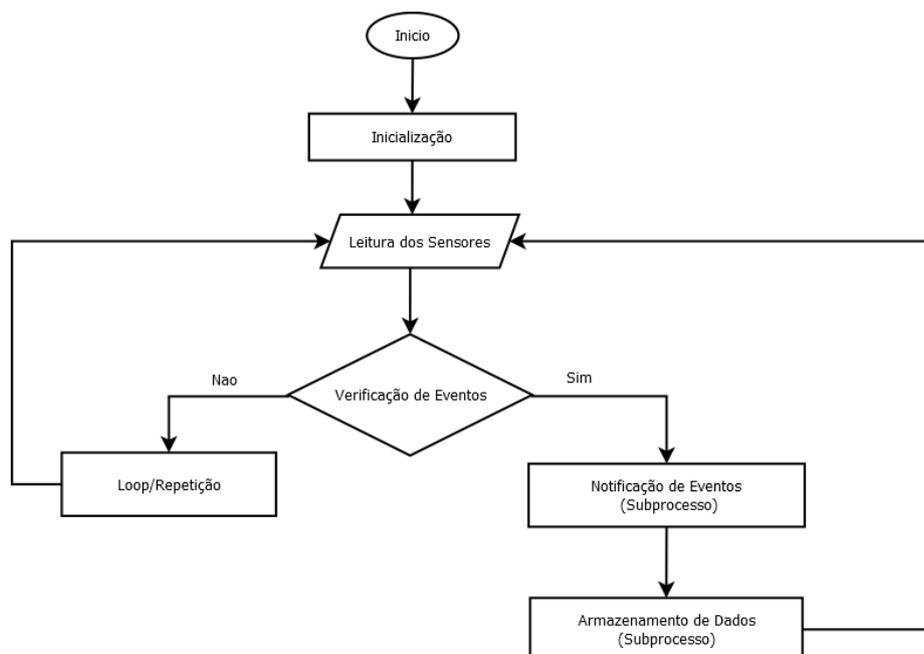


Figura 21: Fluxograma do Software de Leitura e Verificação da Mudança de Estado. Fonte: autor

5.4.2. Software para Armazenamento dos Dados no Firebase

Essa seção gerenciará a comunicação com o *Firebase* para enviar os dados coletados. Ela estabelecerá a conexão com o *Firebase Realtime Database* e enviará as informações lidas dos sensores para serem armazenadas em tempo real.

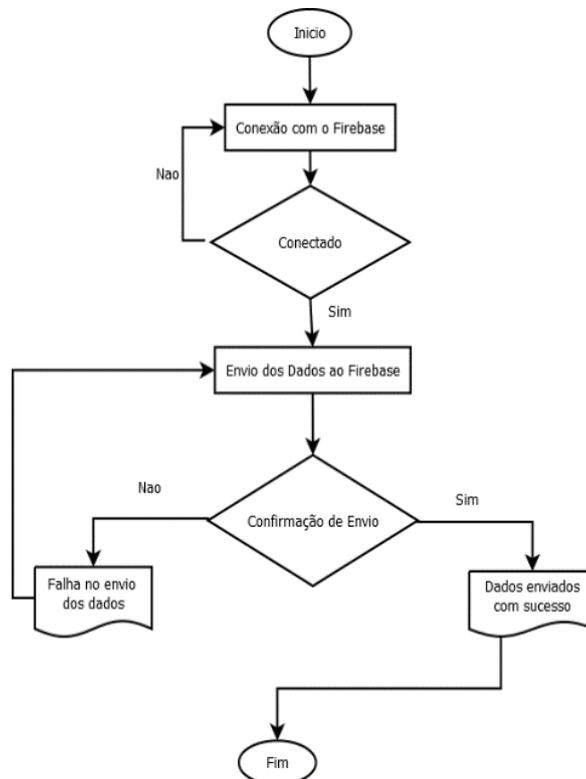


Figura 22: Fluxograma do Software para Armazenamento dos Dados no Firebase. Fonte: autor

5.4.3. Software para Armazenamento de Dados no *MicroSD*

Esta parte do código será responsável por gravar os dados no cartão de memória *MicroSD* conectados ao microcontrolador, funcionando como um banco de dados local.

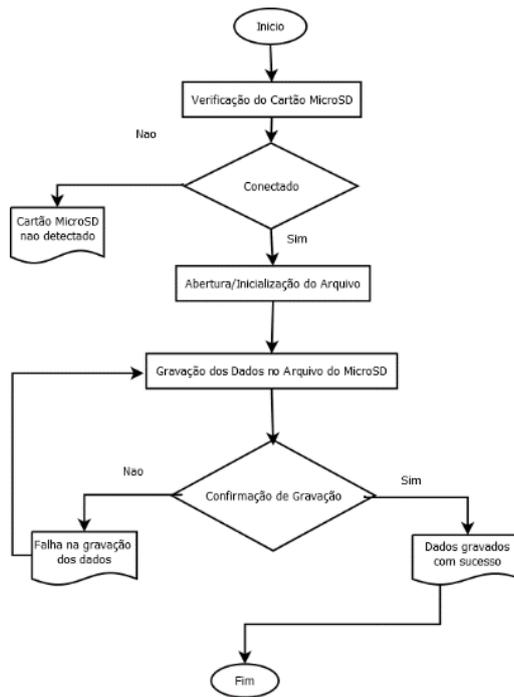


Figura 23: Fluxograma do Software para Armazenamento de Dados no MicroSD. Fonte: autor

5.4.4. Software de Notificação de Eventos por SMS e Chamadas/Voz

Esta seção lidará com a lógica de notificação de eventos críticos. Ela poderá utilizar serviços externos (como módulos GSM ou APIs de serviço de mensagens) para enviar mensagens SMS ou realizar chamadas para notificar os usuários sobre eventos importantes.

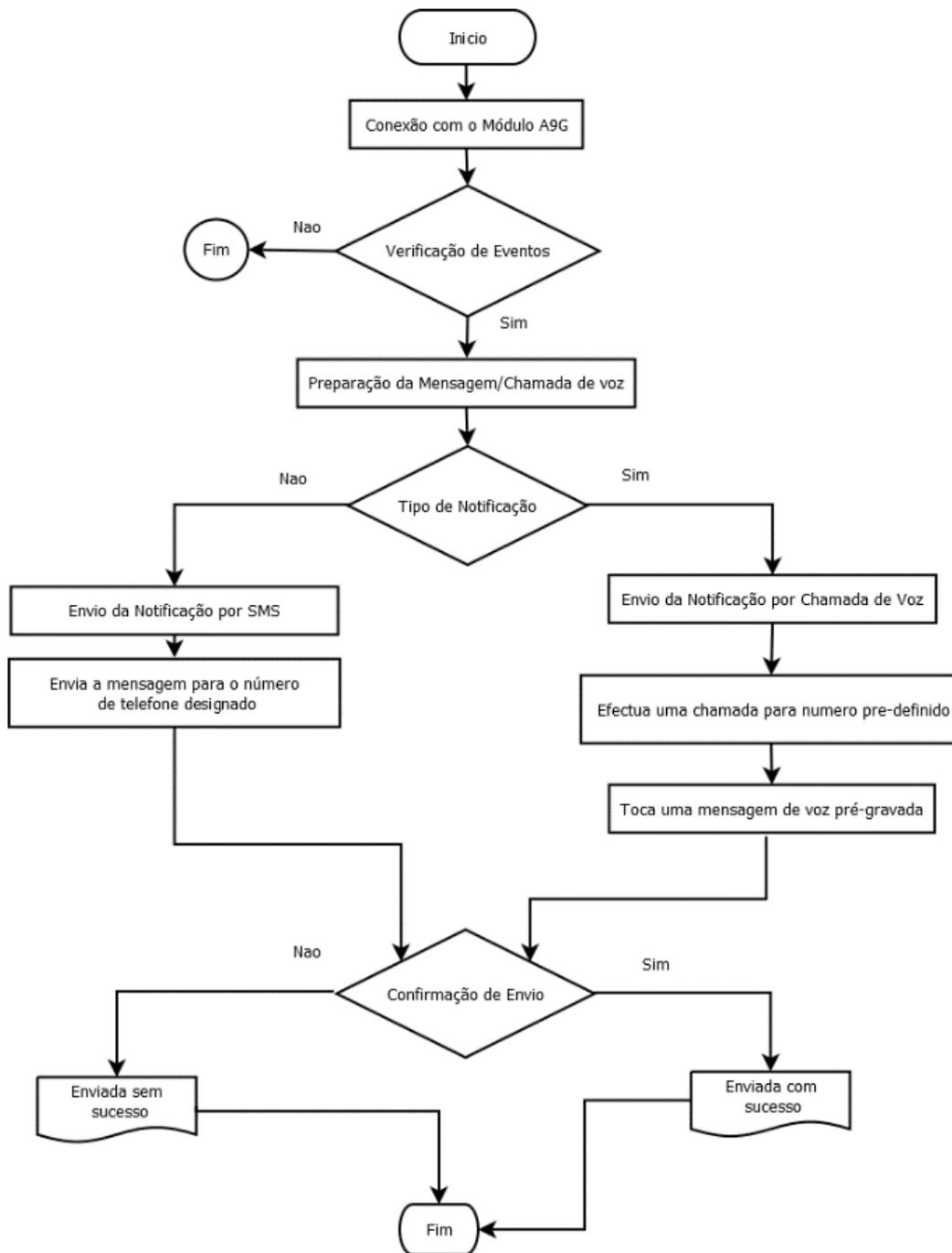


Figura 24: Fluxograma do Software de Notificação de Eventos por SMS e Chamadas/Voz. Fonte: autor

Cada uma dessas partes do software do ESP32 terá suas próprias funcionalidades específicas, e a estruturação do código permitirá uma gestão mais eficaz e organizada das diferentes tarefas que o microcontrolador deverá desempenhar.

5.5. Compilação e ensaios do projecto



Figura 25: Protótipo Final do Projecto. fonte: autor

5.5.1. Teste do Leitura e Verificação da Mudança de Estado

- **Descrição:** Verificação do funcionamento do software responsável pela leitura de dados dos sensores das subestações e detecção de mudanças de estado.
- **Procedimento de Teste:**
 1. Verificação da leitura precisa dos sensores conectados ao ESP32.
Como ilustra a figura abaixo foi usado 12 portas do esp32 como entradas digitais com tensão máxima de 12 volts para sua activação:

```
7:20:17.838 -> Estado da entrada 1: 0
7:20:17.838 -> Estado da entrada 2: 0
7:20:17.838 -> Estado da entrada 3: 0
7:20:17.838 -> Estado da entrada 4: 0
7:20:17.838 -> Estado da entrada 5: 0
7:20:17.838 -> Estado da entrada 6: 0
7:20:17.838 -> Estado da entrada 7: 0
7:20:17.838 -> Estado da entrada 8: 0
7:20:17.878 -> Estado da entrada 9: 0
7:20:17.878 -> Estado da entrada 10: 0
7:20:17.878 -> Estado da entrada 11: 0
7:20:17.878 -> Estado da entrada 12: 11.59
```

Figura 26: Verificação da leitura precisa dos sensores conectados ao ESP32 a partir do Arduino IDE. Fonte: autor

2. Simulação de diversas mudanças de estado para garantir a correta identificação e resposta do sistema.

As entradas opto-acopladas são activadas com tensão de 2v ate 12v e desativadas com tensões abaixo de 2v. As seguintes simulações forem feitas com base no circuito da figura 21

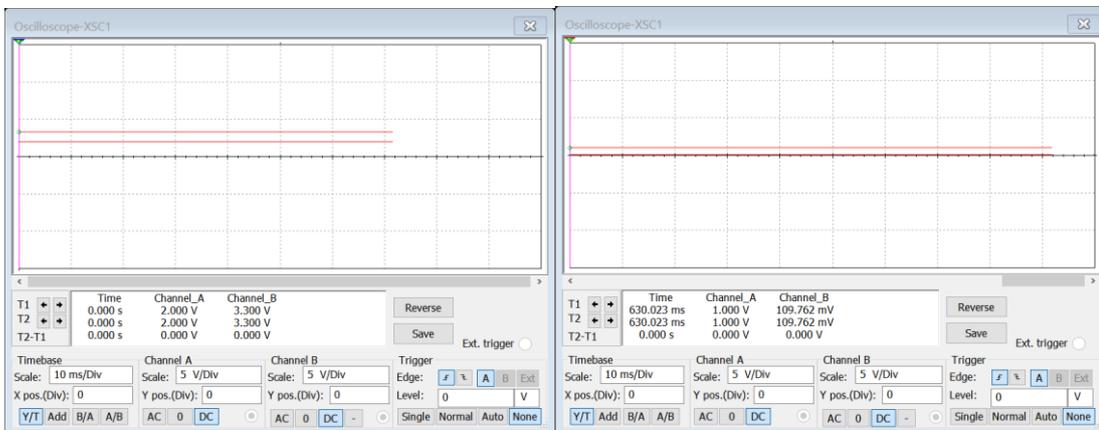


Figura 27: Simulação das entradas opto-acopladas com a tensão mínima para sua o nível alto e a tensão máxima para o nível baixo no MULTISIN. Fonte: autor

5.5.2. Teste de Armazenamento dos Dados no *Firestore*

- **Descrição:** Avaliação da funcionalidade de armazenamento em tempo real dos dados coletados no *Realtime Firestore*.
- **Procedimento de Teste:**
 1. Verificação da transmissão eficaz dos dados do ESP32 para o *Firestore*.

```

17:20:10.438 -> Iniciando...
17:20:10.798 -> *wm:AutoConnect
17:20:10.878 -> *wm:Connecting to SAVED AP: A21
17:20:11.398 -> *wm:connectTimeout not set, ESP waitForConnectResult...
17:20:12.118 -> *wm:AutoConnect: SUCCESS
17:20:12.118 -> *wm:STA IP Address: 192.168.119.14
17:20:12.118 -> Conectado ao WiFi!
17:20:12.118 -> Conectado com IP: 192.168.119.14
17:20:12.118 ->
17:20:12.118 -> Firestore Client v4.4.8
17:20:12.118 ->

```

Figura 28: Verificação da conexão do ESP32 para o *Firestore*. Fonte: autor

```

17:20:18.438 -> PATH: /subestacoes/SI
17:20:18.438 -> TYPE: int
17:20:19.078 -> PASSED
17:20:19.078 -> PATH: /subestacoes/SI
17:20:19.078 -> TYPE: int
17:20:19.678 -> PASSED
17:20:19.678 -> PATH: /subestacoes/SI
17:20:19.678 -> TYPE: int
17:20:20.118 -> PASSED
17:20:20.118 -> PATH: /subestacoes/SI
17:20:20.118 -> TYPE: int
17:20:20.758 -> PASSED
17:20:20.758 -> PATH: /subestacoes/SI
17:20:20.758 -> TYPE: int
17:20:21.118 -> PASSED
17:20:21.118 -> PATH: /subestacoes/SI
17:20:21.118 -> TYPE: int
17:20:21.558 -> PASSED
17:20:21.558 -> PATH: /subestacoes/SI
17:20:21.558 -> TYPE: int
17:20:22.158 -> PASSED
17:20:22.158 -> PATH: /subestacoes/SI
17:20:22.158 -> TYPE: int
17:20:22.758 -> PASSED
17:20:22.758 -> PATH: /subestacoes/SI
17:20:22.758 -> TYPE: int
17:20:23.158 -> PASSED
17:20:23.158 -> PATH: /subestacoes/SI

```

Figura 29: Verificação da transmissão dos dados do ESP32 para o Firebase através do Arduino IDE. Fonte: autor

2. Garantia de sincronização adequada e armazenamento seguro dos dados na nuvem.

Para cada dado enviado do ESP32 ate ao *firebase* é verificado se foi enviado com sucesso ou não:

```

17:20:05.159 -> Token info: type = id token (GITKit t
17:20:05.159 -> Token error: code: 400, message: INVA
17:20:05.159 -> Token info: type = id token (GITKit t
17:20:05.159 -> Token error: code: 400, message: bad
17:20:05.159 -> Token info: type = id token (GITKit t
17:20:06.679 -> Token info: type = id token (GITKit t
17:20:06.719 -> Token error: code: 400, message: INVA
17:20:06.719 -> Token info: type = id token (GITKit t
17:20:06.719 -> Token error: code: 400, message: bad
17:20:06.719 -> Token info: type = id token (GITKit t
17:20:08.239 -> Token info: type = id token (GITKit t
17:20:08.239 -> Token error: code: 400, message: INVA
17:20:08.239 -> Token info: type = id token (GITKit t

```

Figura 30: Verificação de falha na transmissão dos dados para firebase a partir do Arduino IDE . Fonte: autor

3. Teste de acesso remoto e em tempo real aos dados armazenados no *Firestore*.

Porta	Descrição da Entidade	Estado Atual	Descrição do estado
porta 1	Temperatura do Transformador	0	Normal
porta 2	Nível de óleo do Transformador	0	Normal
porta 3	Nível de gases no Transformador	0	Normal
porta 4	Sobrecarga de Tensao	0	Normal
porta 5	Sobrecarga de Corrente	0	Normal
porta 6	Dejuntor 1	0	Normal
porta 7	Dejuntor 2	0	Normal
porta 8	Dejuntor 3	0	Normal
porta 9	Dejuntor 4	0	Normal
porta 10	Dejuntor 5	0	Normal
porta 11	Fonte de Alimentação AC	1	Alarme
porta 12	Tensão da Bateria	11.68254V	

Figura 31: Teste de acesso remoto e em tempo real aos dados armazenados no *Firestore*. Fonte: autor

5.5.3. Teste de Armazenamento de Dados no MicroSD

- **Descrição:** Verificação do armazenamento local de dados críticos no cartão microSD.
- **Procedimento de Teste:**
 1. Confirmação da correta gravação e leitura de dados no *microSD*.

```
17:20:17.538 -> -----
17:20:17.638 -> Initializing SD card...
17:20:17.638 -> File already exists
17:20:17.638 -> PASSED
17:20:17.838 -> 11.59PATH: /mnt/watsoowa/SR01/Porta_12/estado_atual
17:20:17.838 -> TYPE: float
17:20:17.638 -> Estado da entrada 1: 0
17:20:17.638 -> Estado da entrada 2: 0
17:20:17.638 -> Estado da entrada 3: 0
17:20:17.638 -> Estado da entrada 4: 0
17:20:17.638 -> Estado da entrada 5: 0
17:20:17.638 -> Estado da entrada 6: 0
17:20:17.638 -> Estado da entrada 7: 0
17:20:17.638 -> Estado da entrada 8: 0
17:20:17.638 -> Estado da entrada 9: 0
17:20:17.678 -> Estado da entrada 10: 0
17:20:17.678 -> Estado da entrada 11: 0
17:20:17.678 -> Estado da entrada 12: 11.59
17:20:17.678 -> Save data: Data e hora de Registro = 2023-12-07T15:20:20Z
17:20:17.878 -> Estado da entrada 1 = 0
17:20:17.878 -> Estado da entrada 2 = 0
17:20:17.678 -> Estado da entrada 3 = 0
17:20:17.678 -> Estado da entrada 4 = 0
17:20:17.678 -> Estado da entrada 5 = 0
17:20:17.878 -> Estado da entrada 6 = 0
17:20:17.878 -> Estado da entrada 7 = 0
17:20:17.678 -> Estado da entrada 8 = 0
17:20:17.678 -> Estado da entrada 9 = 0
17:20:17.678 -> Estado da entrada 10 = 0
17:20:17.878 -> Estado da entrada 11 = 0
17:20:17.878 -> Estado da entrada 12 = 11.59
```

Figura 32: Confirmação da correta gravação e leitura de dados no microSD a partir do monitr serial. Fonte: autor

2. Teste de capacidade de armazenamento e recuperação de *logs* e informações essenciais.

```
data[1] - Notepad
File Edit Format View Help
Data e hora de Registro = 2023-12-06T15:07:59Z
Estado da entrada 1 = 0
Estado da entrada 2 = 0
Estado da entrada 3 = 0
Estado da entrada 4 = 0
Estado da entrada 5 = 0
Estado da entrada 6 = 0
Estado da entrada 7 = 0
Estado da entrada 8 = 0
Estado da entrada 9 = 0
Estado da entrada 10 = 0
Estado da entrada 11 = 0
Estado da entrada 12 = 11.85
Data e hora de Registro = 2023-12-06T15:08:12Z
Estado da entrada 1 = 0
Estado da entrada 2 = 0
Estado da entrada 3 = 0
Estado da entrada 4 = 0
Estado da entrada 5 = 0
Estado da entrada 6 = 0
Estado da entrada 7 = 0
Estado da entrada 8 = 0
Estado da entrada 9 = 0
Estado da entrada 10 = 0
Estado da entrada 11 = 0
Estado da entrada 12 = 11.82
Data e hora de Registro = 2023-12-06T15:10:21Z
Estado da entrada 1 = 0
Estado da entrada 2 = 0
Estado da entrada 3 = 0
Estado da entrada 4 = 0
Estado da entrada 5 = 0
Estado da entrada 6 = 0
Estado da entrada 7 = 0
Estado da entrada 8 = 0
Estado da entrada 9 = 0
Estado da entrada 10 = 0
Estado da entrada 11 = 0
Estado da entrada 12 = 11.82
```

Figura 33: Visualizacao dos dados guardados no cartao SD atraves do laptop. Fonte: autor

5.5.4. Teste de Notificação de Eventos por SMS e Chamadas/Voz

- **Descrição:** Avaliação da funcionalidade de notificação de eventos críticos por meio de SMS e chamadas de voz.
- **Procedimento de Teste:**
 1. Envio de mensagens SMS para notificar eventos críticos identificados pelo sistema. O numero do sistema esta registado como Subestação SE01, no telefone onde deve enviar as mensagens de alerta dos eventos registado.



Figura 34: Envio de mensagens SMS para notificar eventos críticos identificados pelo sistema. Fonte: autor

2. Realização de chamadas de voz com mensagens pré-gravadas em resposta a situações de emergência.
O sistema através do modulo mp3 é capaz de realizar chamadas gravadas para eventos especiais que necessitam de mais urgência para a sua resolução.



Figura 35: Realização de chamadas de voz com mensagens pré-gravadas em resposta a situações de emergência. Fonte: autor

Esses testes garantem a verificação completa e a validação de cada aspecto funcional do projeto de gerenciamento de notificação das subestações elétricas, assegurando sua confiabilidade e eficácia operacional.

5.6. Custo do Projecto

Tabela 4: Custo do Projecto. Fonte: autor

Descrição	Quantidade	Custo unitário (MZN)	Custo total(MZN)
ESP32	1	1,550.00	1550
Arduíno UNO	1	1,500.00	1,500.00
Modulo A9G	1	2,285.00	2,285.00
Modulo mp3	1	500.00	500.00
Modulo cartão SD	1	275.00	275.00
Modem WI-FI	1	1500.00	1,500.00
Cartão SIM	2	20.00	40.00
Cartão de Memoria	2	295.00	590.00
PC817	20	25.00	500.00
Resistor	30	10.00	300.00
Díodo	20	10.00	200.00
LED	20	10.00	200.00
Bloco terminal fêmea	20	50.00	1,000.00
Regulador de tensão	6	35.00	210.00
rele 12v 5 ^a	1	370.00	370.00
Rolo Estanho	1	350.00	350.00
Multímetro	1	1000.00	1,000.00
Ferro de Estanhar	1	500.00	500.00
Capacitor	10	15.00	150.00
TIP147	6	35.00	210.00
BC547	2	15.00	30.00
C1817	2	15.00	30.00
Placa Universal	2	250.00	500.00
Potenciômetro 10k	2	50.00	100.00
Pilha recarregável 3.7v	6	50.00	300.00
BMS S3	1	250.00	250.00
Pistola de Cola quente	1	350.00	350.00
Barra de cola quente	5	25.00	125.00
Total			14,915.00

Capítulo VI

6. Conclusão

O projeto desenvolveu uma solução para gerenciar notificações de eventos em subestações elétricas, usando ferramentas *IoT*, *Realtime Firebase* e um protótipo. A solução permitiu identificar, registrar e notificar eventos críticos em tempo real, otimizar o sistema de gerenciamento de eventos por meio da centralização das informações. O protótipo desenvolvido validou a eficácia da solução proposta, demonstrando a interação harmoniosa entre os componentes e tecnologias. Essa simulação reforçou a capacidade do sistema em lidar com eventos críticos de forma eficiente.

Além de atingir os objetivos iniciais, o projeto estabeleceu uma base sólida para futuras melhorias. A integração de tecnologias emergentes e a criação de um sistema dinâmico destacam a viabilidade e o potencial dessa solução para o gerenciamento avançado de eventos em subestações elétricas. Esses resultados prometem contribuir significativamente para a eficiência operacional, confiabilidade do sistema elétrico e segurança dos processos relacionados.

6.1. Recomendações

Recomenda-se aos futuros trabalhos:

- Redução do número de cartões de SD de modo que o banco de dado local possa compartilhar a mesma memória com as chamadas gravadas;
- Diversificar opções de conexão e lidar com falhas de conexão de forma resiliente.
- Projecto de um sistema com facilidade na manutenção e expansão de entradas e saídas

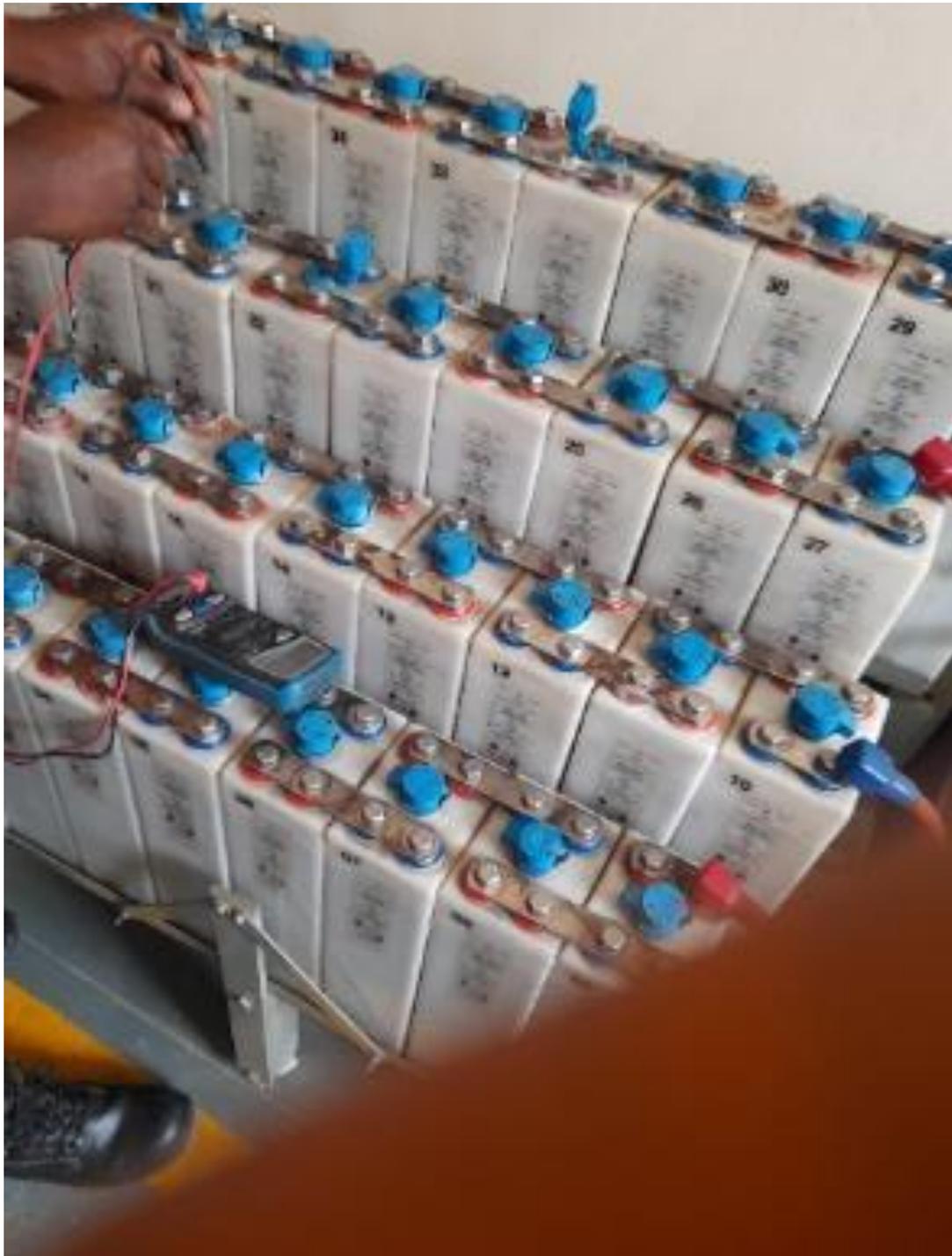
7. Referência Bibliografia

- [1] <https://www.internships.com/career-advice/interview/references>, 15 de Setembro de 2023
- [2] <https://www.edm.co.mz>, 15 de Setembro de 2023
- [3] https://pt.wikipedia.org/wiki/Eletricidade_de_Mo%C3%A7ambique, 15 de Setembro de 2023
- [4] <https://www.power-technology.com/marketdata/edm-mozambique-solar-pv-park-mozambique>; 20 de Setembro de 2023
- [5] <https://en.wikipedia.org/wiki/SCADA>; 20 de Setembro de 2023
- [6] <https://pdfs.semanticscholar.org/f9fc/58be5cd2207f1e0ddaeabc7ace67f7c711dc.pdf>; Acessado no dia: 20 de Setembro de 2023
- [7] <https://webstore.iec.ch/publication/59762>, 25 de Setembro de 2023
- [8] <https://smartconsulting.com.br/por-que-contar-com-um-sistema-de-gestao-de-eventos-entenda>, 25 de Setembro de 2023
- [9] <https://www.cdw.com/content/cdw/en/articles/datacenter/what-is-data-storage.html>, 28 de Setembro de 2023
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Chicago_College_of_Osteopathic_Medicine, 1 de Outubro de 2023
- [11] https://pt.wikipedia.org/wiki/Unidade_central_de_processamento, 1 de Outubro de 2023
- [12] https://www.cisco.com/c/dam/global/pt_br/solutions/pdfs/aag-utilities-substationautomation-corpedit.pdf, 20 de Outubro de 2023
- [13] <https://www.electricity-today.com/smart-grid/scada-for-substations>, 2 de Outubro de 2023
- [14] https://www.gsmcommander.com/woo/wp_content/uploads/dlm_uploads/2022/04/GSM_Commander_Manual_V7.15.pdf, 2 de Outubro de 2023
- [15] <https://pt.linkedin.com/pulse/analytics-controladoria-transformando-dados-em-informa%C3%A7%C3%B5es->, 4 de Outubro de 2023
- [16] <https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17829/material/aula%2012%20-%20supervisorios.pdf>, 5 de Outubro de 2023
- [17] <https://i.ytimg.com/vi/yqt3opEyo7c/maxresdefault.jpg>, 9 de Outubro de 2023
- [18] <https://transmissao108196393.files.wordpress.com/2020/05/image-1.png?w=921>. 15 de Outubro de 2023
- [19] <https://superwatts.com.br/disjuntor-alta-tensao>, 15 de Outubro de 2023

- [20] <https://willtec.com.br/termometro-transformador-potencia/>, 20 de Outubro de 2023
- [21] <https://www.vaisala.com/pt/measurement/dissolved-gas-oil-dga-measurement>, 25 de Outubro de 2023
- [22] <https://caboeletro.com/en/products/rele-detector-de-gas-anilag-as7515-150-300-cm>, 30 de Outubro de 2023
- [23] <http://monografias.uem.mz/handle/123456789/2948>, 5 de Novembro 2023.
- [24] <http://monografias.uem.mz/handle/123456789/2864>, 5 de Novembro 2023
- [25] Paithankar, Y.G. & Bhide, S.R. **Fundamentals of Power System Protection**. Editora JKL, 2022
- [26] Patrick, D.R. & Fardo, S.W. **Electrical Power Systems Technology**. Editora GHI, 20224.
- [27] Sistla, S... **Power System Operation and Control**. Editora DEF, 20093.
- [28] Rao, S... **Electrical Substation Engineering and Practice**. Editora XPTO, 19971.
- [29] Thomas, M.S. & N., Y. **Power System SCADA and Smart Grids**. Editora ABC, 2015

8. Anexos

8.1. Anexo 1: Manutenção das Baterias de 48 Volts. fonte: autor



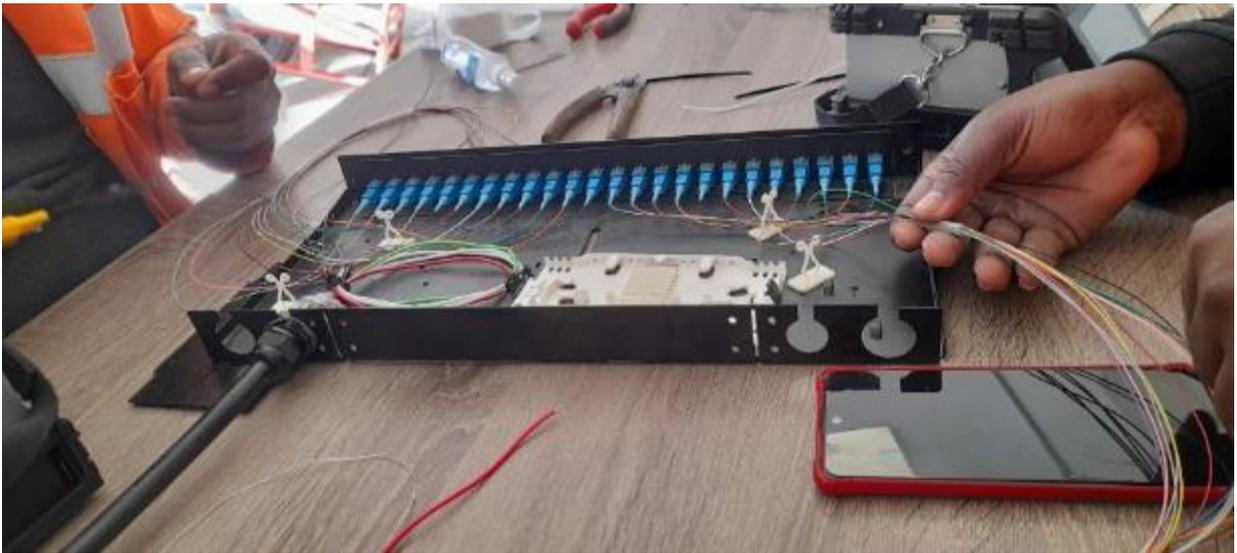
8.2. Anexo 1: Manutenção preventiva do rectificador de 48 volts: fonte: autor



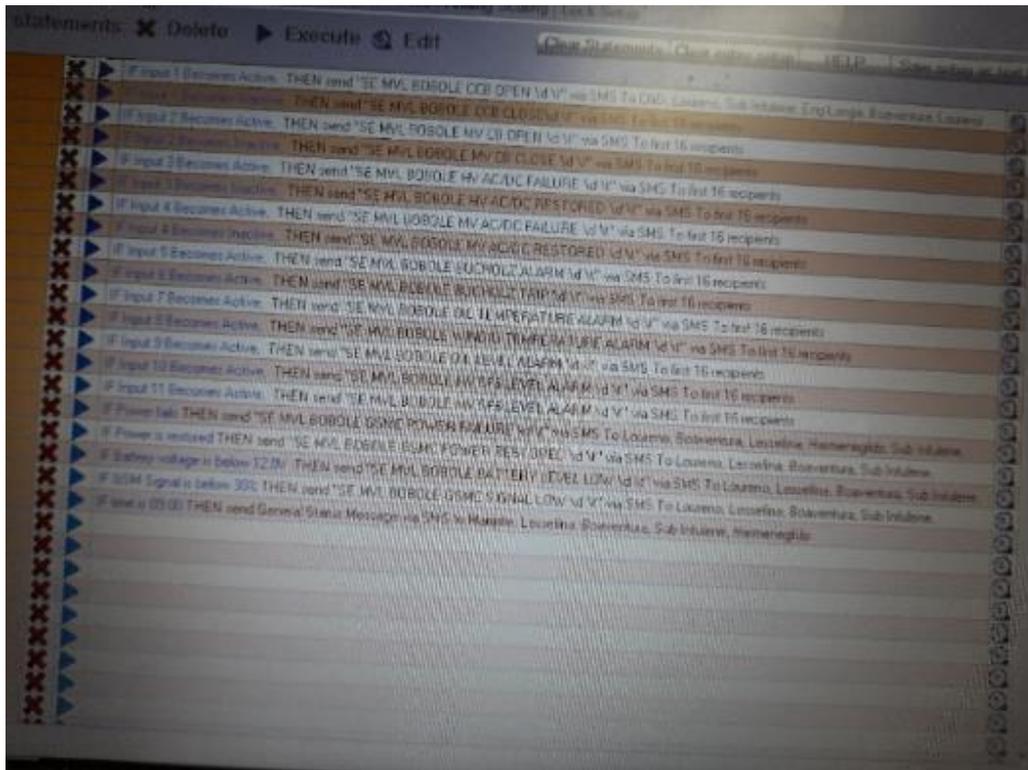
8.3. Anexo 2: Manutenção preventiva das Repetidoras VHF E UHF.



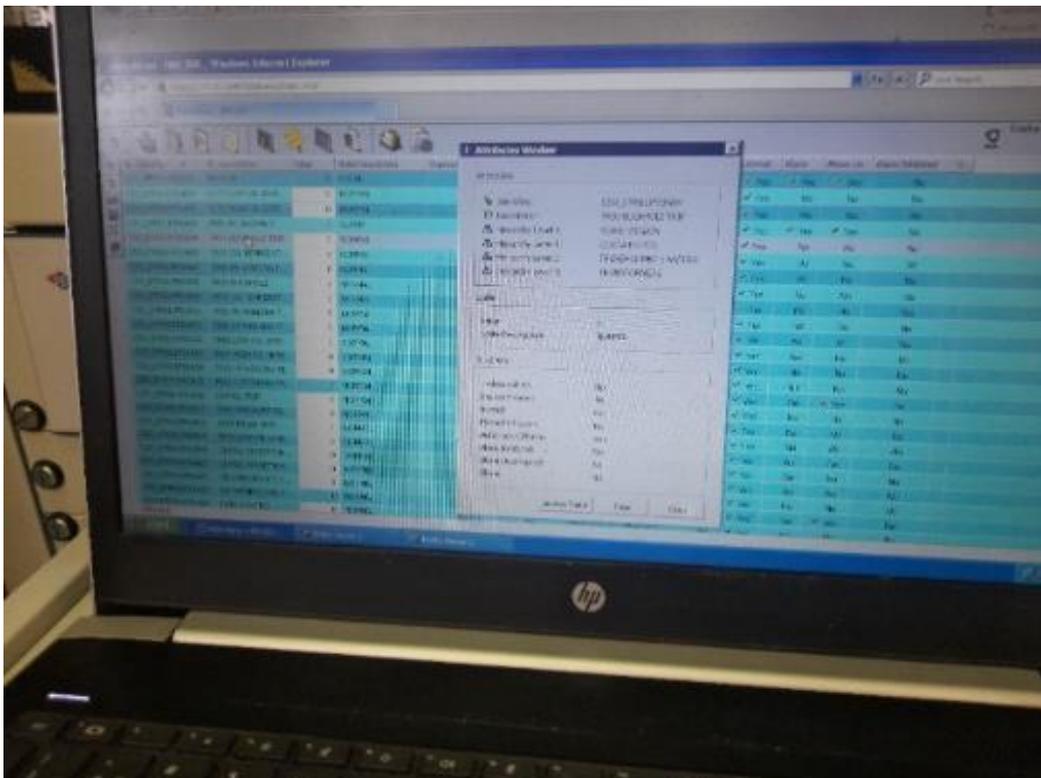
8.4. Anexo 3: Fusão da fibra optica.



8.5. Anexo 4: Manutenção preventiva do sistema de gerenciamento de notificações de subestações elétricas.



8.6. Anexo 5: Manutenção preventiva do sistema supervisório (SCADA).



8.7. Anexo 6: Montagem de Radio base nas Subestações eléctricas.



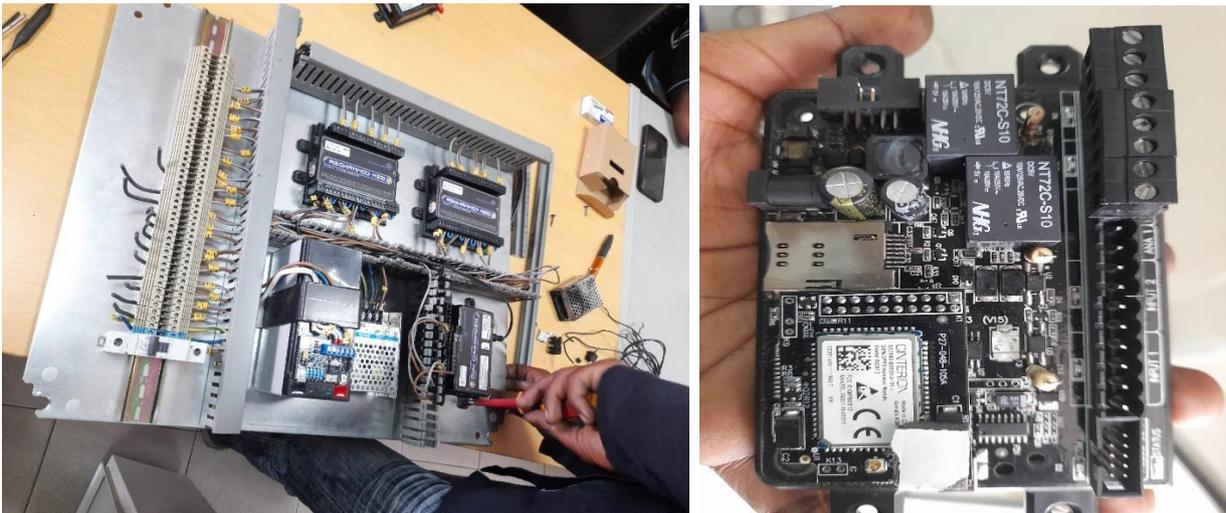
8.8. Anexo 7: Montagem da antena do Radio Base.



8.9. Anexo 9: Montagem e Configuração do PLC SELTA.



8.10. Anexo 10: Reparação do sistema de gerenciamento de notificações de subestações eléctricas.



8.11. Anexo 11: Folha de dados do regulador da família 78xx-79xx.

Reguladores de tensão 78XX – 79XX				
Código		Tensão máxima a aplicar na entrada (E)	Tensão de saída (S) regulada	Corrente máxima na saída
Positivo	Negativo			
7805	7905	35V	5V	1A
7806	7906	35V	6V	1A
7810	7910	35V	10V	1A
7812	7912	35V	12V	1A
7815	7915	35V	15V	1A
7818	7918	35V	18V	1A
7824	7924	40V	24V	1A

8.12. Anexo 12: Folha de dados do regulador LM317



LM217, LM317

Datasheet

1.2 V to 37 V adjustable voltage regulators



TO-220



TO-220FP



DPAK



SOT223

Features

- Output voltage range: 1.2 to 37 V
- Output current in excess of 1.5 A
- 0.1% line and load regulation
- Floating operation for high voltages
- Complete series of protections: current limiting, thermal shutdown and SOA control

Description

The LM217, LM317 are monolithic integrated circuits in TO-220, TO-220FP, DPAK and SOT223 packages intended for use as positive adjustable voltage regulators. They are designed to supply more than 1.5 A of load current with an output voltage adjustable over a 1.2 to 37 V range.

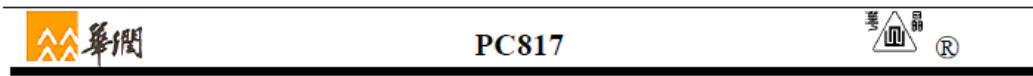
The nominal output voltage is selected by means of a resistive divider, making the device exceptionally easy to use and eliminating the stocking of many fixed regulators.

Product status link

[LM217](#)

[LM317](#)

8.13. Anexo 13: Folha de dados do opoacoplador PC817.



Electrical Characteristics (Ta= 25°C unless otherwise noted)

Parameter		Symbol	Test Conditions	Criterion			Unit
				Min.	Typ.	Max.	
Input	Forword	V_F	$I_F=20mA$	-	1.2	1.4	V
	Reverse Current	I_R	$V_R=4V$	-	-	10	μA
	Terminal Capacitance	C_t	$V=0V, f=1MHZ$	-	30	250	pF
Output	Collector Dark Current	I_{CEO}	$V_{CE}=20V$	-	-	100	nA
	Collector-Emitter Breakdown Voltage	BV_{CEO}	$I_C=0.1mA, I_F=0$	70	-	-	V
	Emitter-Collector Breakdown Voltage	BV_{ECO}	$I_E=10 \mu A, I_F=0$	6	-	-	V
Transfer characteristics	Current Transfer Ratio	CTR	$V_{CE}=5V, I_F=5mA$	50	-	600	%
	Collector-Emitter Saturation Voltage	$V_{CE sat}$	$I_F=20mA, I_C=1mA$	-	0.1	0.2	V
	Isolation Resistance	Riso	DC500V,40~60%R.H.	5×10^{10}	1×10^{11}	-	Ω
	Floating Capacitance	Cf	$V=0, f=1MHZ$	-	0.6	1.0	pF
	Cut-off Frequency	F_C	$V_{CE}=5V, I_C=2mA, R_L=100 \Omega, -3dB$	-	80	-	KHz
	Rise Time	t_r	$V_{CE}=2V, I_C=2mA, R_L=100 \Omega$	-	4	18	μs
	Fall Time	t_f	$V_{CE}=2V, I_C=2mA, R_L=100 \Omega$	-	3	18	μs

* $CTR=I_C/I_F \times 100\%$

Rank Table of CTR

Classification	A	B	C	D	L	-
CTR	80-160	130-260	200-400	300-600	50-100	50-600

A

8.14. Anexo 8: Folha de dados do transistor TIP147.

Silicon PNP Darlington Power Transistors

TIP145/146/147

DESCRIPTION

- With TO-3PN package
- DARLINGTON
- High DC current gain
- Complement to type TIP140/141/142

APPLICATIONS

- Designed for general-purpose amplifier and low frequency switching applications.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	Base
2	Collector; connected to mounting base
3	Emitter

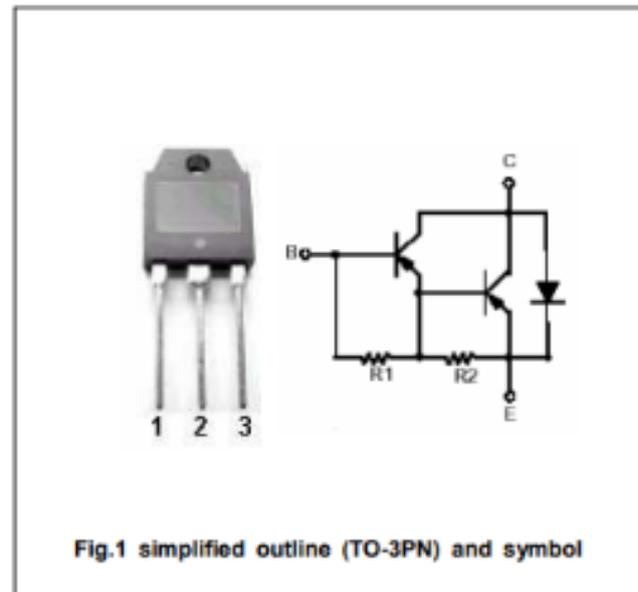


Fig.1 simplified outline (TO-3PN) and symbol

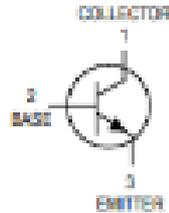
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS($T_C=25^\circ\text{C}$)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
V_{CB0}	Collector-base voltage	TIP145	-60	V
		TIP146	-80	
		TIP147	-100	
V_{CE0}	Collector-emitter voltage	TIP145	-60	V
		TIP146	-80	
		TIP147	-100	
V_{EB0}	Emitter-base voltage	Open collector	-5	V
I_C	Collector current-DC		-10	A
I_{CM}	Collector current-peak		-15	A
I_B	Base current-DC		-0.5	A
P_C	Collector power dissipation	$T_C=25^\circ\text{C}$	125	W
T_J	Junction temperature		150	$^\circ\text{C}$
T_{stg}	Storage temperature		-65-150	$^\circ\text{C}$

Act
Go t

8.15. Anexo 9 : Folha de dados do transistor BC547

Amplifier Transistors NPN Silicon



BC546, B
BC547, A, B, C
BC548, A, B, C



CASE 29-44, STYLE 17
TO-18 (TO-226AA)

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC 546	BC 547	BC 548	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	65	45	30	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	80	50	30	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB0}	6.0			Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	100			mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625	5.0		mW mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5	12		Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150			°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

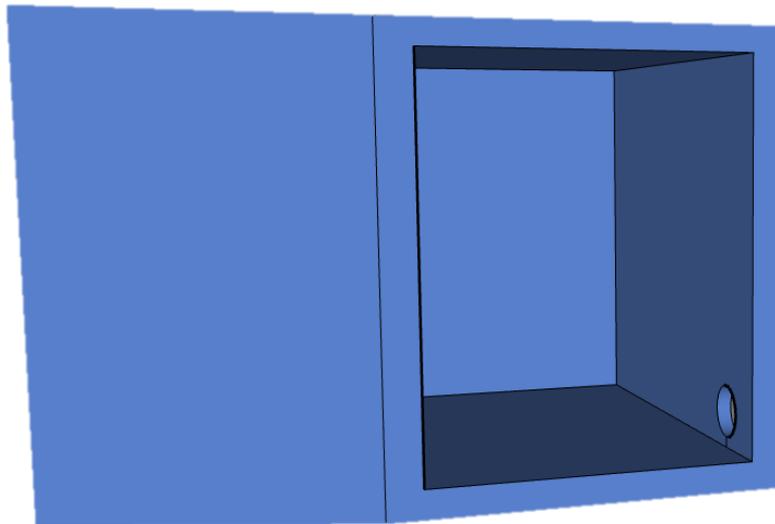
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	-----	------

OFF CHARACTERISTICS

Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1.0\text{ mA}$, $I_B = 0$)	BC546	$V_{(BR)CEO}$	65	—	—	V
	BC547		45	—	—	
	BC548		30	—	—	
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\ \mu\text{A}$)	BC546	$V_{(BR)CBO}$	80	—	—	V
	BC547		50	—	—	
	BC548		30	—	—	
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 10\ \mu\text{A}$, $I_C = 0$)	BC546	$V_{(BR)EBO}$	6.0	—	—	V
	BC547		6.0	—	—	
	BC548		6.0	—	—	
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 70\text{ V}$, $V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 50\text{ V}$, $V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 35\text{ V}$, $V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 30\text{ V}$, $T_A = 125^\circ\text{C}$)	BC546	I_{CES}	—	0.2	15	nA
	BC547		—	0.2	15	
	BC548		—	0.2	15	
	BC546/547/548		—	—	4.0	

8.16. Anexo 10: Modelo icónico do Armário do protótipo.



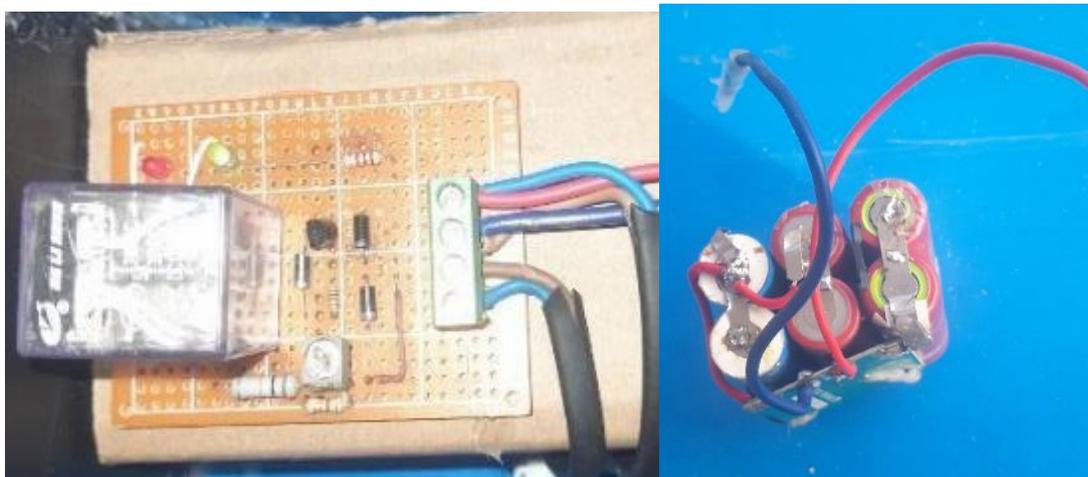
8.17. Anexo 11: Fonte de alimentação do sistema e carregamento da bateria



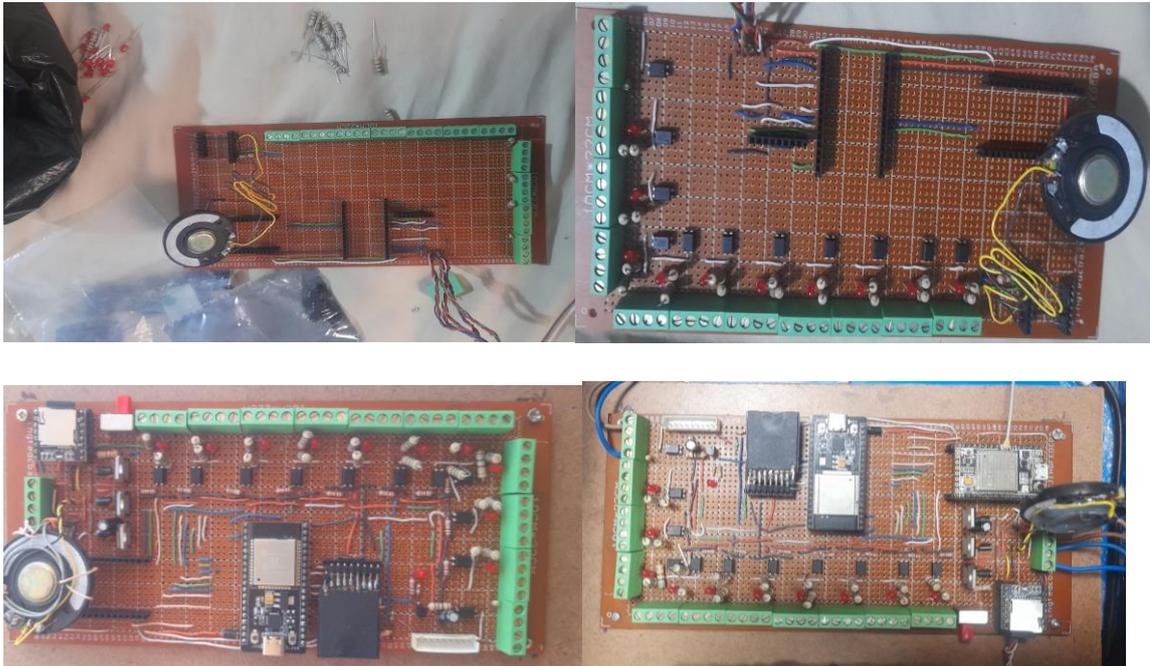
8.18. Anexo 12 : Modem WI-FI usado no protótipo.



8.19. Anexo 13: Montagem do circuito principal do sistema



8.20. Anexo 14: Circuito de carregamento da bateria e a bateria de 12v



8.21. Anexo 15: Código do Software do Sistema.

```
1 // ID fixo do ESP32/ da Subestacao
2 const char* esp32ID = "SE01";
3
4 /* ////////////////////////////////////////////////////////////////////inclusao das Bibliotecas////////////////////////////////////////////////////////////////// */
5 #include <WiFi.h> // Biblioteca para conexao do WiFi
6 #include <Firebase_ESP_Client.h> // Biblioteca para comunicacao com o Firebase
7 #include <WiFiManager.h> // Biblioteca para Gerenciamnto do Wifi
8
9 #include <TimeLib.h> // Biblioteca para definicao da Hora e Data
10 #include <NTPClient.h> // Biblioteca para obter a hora e data atraves do WIFI
11 #include <WiFiUdp.h> // Biblioteca para actualizacao da hora e data
12 #include <ArduinoJson.h> // Hiblioteca para formatacao de dados enviados para o firebase
13 #include <SoftwareSerial.h> // Biblioteca para comunicacao serial
14 #include <neotimer.h> // Biblioteca para controle do traso das instrucao
15 // Bibliotecas para comunicao com o cartao de memoria SD
16 #include "FS.h"
17 #include "SD.h"
18 #include <SPI.h>
```

```

19 /*-----Estabelecimentos dos objectos-----////////////////
20 SoftwareSerial A9CSerial(16, 17); // Pinos RX (16) + TX (17) para a comunicação com o módulo A9C
21 Neotimer mytimer1 = Neotimer(2000);
22 // Define o servidor NTP e o cliente NTP
23 const char* ntpServer = "pool.ntp.org";
24 const long gmtOffset_sec = 2; // fuso horário de 2 horas atrás do UTC
25 const int daylightOffset_sec = 3600;
26 WiFiUDP ntpUDP;
27 NTPClient timeClient(ntpUDP, ntpServer, gmtOffset_sec, daylightOffset_sec);
28
29 String getISO8601Time(NTPClient &timeClient);
30
31 // configuração do WIFI
32 #define WIFI_SSID "A21"
33 #define WIFI_PASSWORD "12345678909"
34
35
36 /*-----Definição das portas de entrada e saída-----
37 #define On_Board_LED 2
38 #define SD_CS 5
39 #define RXP2 13
40 #define TXp2 32
41 #define PORTA_1_PIN 13
42 #define PORTA_2_PIN 12
43 #define PORTA_3_PIN 14
44 #define PORTA_4_PIN 27
45 #define PORTA_5_PIN 26
46 #define PORTA_6_PIN 25
47 #define PORTA_7_PIN 35
48 #define PORTA_8_PIN 34
49 #define PORTA_9_PIN 39
50 #define PORTA_10_PIN 15
51 #define PORTA_11_PIN 4
52 #define PORTA_12_PIN 36
53
54 /*-----Definição das variáveis de controlo-----
55 String dataMessage;
56 float batteryValue = 0.0;
57 int lastEstadoEntrada1 = -1;
58 int lastEstadoEntrada2 = -1;
59 int lastEstadoEntrada3 = -1;
60 int lastEstadoEntrada4 = -1;
61 int lastEstadoEntrada5 = -1;
62 int lastEstadoEntrada6 = -1;
63 int lastEstadoEntrada7 = -1;
64 int lastEstadoEntrada8 = -1;
65 int lastEstadoEntrada9 = -1;
66 int lastEstadoEntrada10 = -1;
67 int lastEstadoEntrada11 = -1;
68 bool signupOK = false;
69
70
71 int LED_01_State;
72
73 int Porta1_State = LOW;
74 int Porta2_State = LOW;
75 int Porta3_State = LOW;

```

```

92 // Obter a data e hora atual no formato ISO 8601
93   String dataHoraAtual = getISO8601Time(timeClient);
94
95 /*----- Configurações para comunicação com o firebase-----*/
96 #include "addons/TokenHelper.h"
97 #include "addons/RPDRHWIper.h"
98
99 #define API_KEY "AIzaSyBINmaAwH9ccHbqghmC-jwYbinc0WcHGis"
100 #define DATABASE_URL "https://subestacoes-c2482-default-rtdb.firebaseio.com/"
101 FirebaseData fbdo;
102 FirebaseAuth auth;
103 FirebaseConfig config;
104
105 unsigned long sendDataFreeMillis = 0;
106 const long sendDataIntervalMillis = 10000;
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116 /*----- Função para enviar dos dados para o firebase-----*/
117 void store_data_to_firebase_database() {
118   dataHoraAtual = getISO8601Time(timeClient);
119   Serial.println();
120   Serial.println("-----Store Data");
121   digitalWrite(On_Board_LED, HIGH);
122 /*----- Envio dos dados atuais-----*/
123   if (Firebase.RTDB.setInt(fbdo, "/subestacoes/" + String(esp32ID) + "/Porta_1/estado_atual", Porta1_State)) {
124     Serial.println("PASSED");
125     Serial.println("PATH: " + fbdo.dataPath());
126     Serial.println("TYPE: " + fbdo.dataType());
127   } else {
128     Serial.println("FAILED");
129     Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
130   }
131
132   if (Firebase.RTDB.setInt(fbdo, "/subestacoes/" + String(esp32ID) + "/Porta_2/estado_atual", Porta2_State)) {
133     Serial.println("PASSED");
134     Serial.println("PATH: " + fbdo.dataPath());
135     Serial.println("TYPE: " + fbdo.dataType());
136
137   if (Firebase.RTDB.setInt(fbdo, "/subestacoes/" + String(esp32ID) + "/Porta_2/estado_atual", Porta2_State)) {
138     Serial.println("PASSED");
139     Serial.println("PATH: " + fbdo.dataPath());
140     Serial.println("TYPE: " + fbdo.dataType());
141   } else {
142     Serial.println("FAILED");
143     Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
144   }
145
146   if (Firebase.RTDB.setInt(fbdo, "/subestacoes/" + String(esp32ID) + "/Porta_3/estado_atual", Porta3_State)) {
147     Serial.println("PASSED");
148     Serial.println("PATH: " + fbdo.dataPath());
149     Serial.println("TYPE: " + fbdo.dataType());
150   } else {
151     Serial.println("FAILED");
152     Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
153   }
154
155   if (Firebase.RTDB.setInt(fbdo, "/subestacoes/" + String(esp32ID) + "/Porta_4/estado_atual", Porta4_State)) {
156     Serial.println("PASSED");
157     Serial.println("PATH: " + fbdo.dataPath());
158     Serial.println("TYPE: " + fbdo.dataType());
159   } else {
160     Serial.println("FAILED");
161     Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
162   }
163 }

```

```

211 /*-----Envio dos registros de log com a data e hora atual para entrada1-----*/
212 String logPath1 = "/subestacoes/" + String(esp32ID) + "/Porta_1//log/" + dataHoraAtual;
213 if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, logPath1, Porta1_State)) {
214     Serial.println("PASSED");
215     Serial.println("PATH: " + fbdo.dataPath());
216     Serial.println("TYPE: " + fbdo.dataType());
217 } else {
218     Serial.println("FAILED");
219     Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
220 }
221 // Crie um registro de log com a data e hora atual para entrada2
222 String logPath2 = "/subestacoes/" + String(esp32ID) + "/Porta_2//log/" + dataHoraAtual;
223 if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, logPath2, Porta2_State)) {
224     Serial.println("PASSED");
225     Serial.println("PATH: " + fbdo.dataPath());
226     Serial.println("TYPE: " + fbdo.dataType());
227 } else {
228     Serial.println("FAILED");
229     Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
230 }
231
211 /*-----Envio dos registros de log com a data e hora atual para entrada1-----*/
212 String logPath1 = "/subestacoes/" + String(esp32ID) + "/Porta_1//log/" + dataHoraAtual;
213 if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, logPath1, Porta1_State)) {
214     Serial.println("PASSED");
215     Serial.println("PATH: " + fbdo.dataPath());
216     Serial.println("TYPE: " + fbdo.dataType());
217 } else {
218     Serial.println("FAILED");
219     Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
220 }
221 // Crie um registro de log com a data e hora atual para entrada2
222 String logPath2 = "/subestacoes/" + String(esp32ID) + "/Porta_2//log/" + dataHoraAtual;
223 if (Firebase.RTDB.setInt(&fbdo, logPath2, Porta2_State)) {
224     Serial.println("PASSED");
225     Serial.println("PATH: " + fbdo.dataPath());
226     Serial.println("TYPE: " + fbdo.dataType());
227 } else {
228     Serial.println("FAILED");
229     Serial.println("REASON: " + fbdo.errorReason());
230 }
231

```

```

352
353 // Inicialize o módulo A9G
354 A9GSerial.println("AT");
355 delay(100);
356 A9GSerial.println("AT+CMGF=1"); // Defina o modo de mensagem para texto
357 delay(100);
358 A9GSerial.println("AT+CNMI=1,2,0,0,0"); // Configurar notificações de mensagens SMS
359 delay(100);
360
361
362
363 /*-----Inicialize o WiFiManager-----*/
364 WiFiManager wm;
365 // Reset das configurações (comente esta linha após a configuração inicial)
366 //wm.resetSettings();
367
368 // Tente se conectar à rede Wi-Fi configurada anteriormente ou crie um ponto de acesso
369 if (!wm.autoConnect("AutoConnectAP2", "password")) {
370   Serial.println("Falha na conexão ou configuração do WiFi.");
371   // Aqui você pode reiniciar ou implementar uma lógica de recuperação.
372
373   Serial.print(".");
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

```

437 // Inicialize o cliente NTP para obtencao da hora e data
438 timeClient.begin();
439 timeClient.update();
440 delay(1000);
441
442
443
444 }
445 /*-----Codigo principal-----*/
446 void loop() {
447
448
449   if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
450     // Reconectar ao Wi-Fi, se a conexão for perdida
451     WiFiManager wm;
452     if (!wm.autoConnect("AutoConnectAP", "password")) {
453       Serial.println("Falha na reconexão WiFi.");
454       // Aqui você pode reiniciar ou implementar uma lógica de recuperação.
455     }
456     Serial.print(",");
457     digitalWrite(On_Board_LED, HIGH);
458     delay(250);
459     digitalWrite(On_Board_LED, LOW);
460     // ...
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471 // Atualize a hora usando o cliente NTP
472 timeClient.update();
473 // Leitura da tensão da bateria
474 volts = analogRead(PORTA_12_PIN) * (25.0 / 1023.0);
475
476
477
478
479
480 /*-----Atualizacao dos dados no firebase-----*/
481 if (Firebase.ready() && millis() % 5000 == 0) { //Atualiza a cada 5 segundos
482   sendDataToFirebase("porta12_estado_atual", volts);
483 }
484 /*-----Atualizacao da tensao da bateria no firebase-----*/
485 if (Firebase.RTD.setFloat(fbdo, "/subestacoes/" + String(esp32ID) + "/Porta_12/estado_atual", volts)) {
486   Serial.println("Dados salvos");
487 }
488 Serial.println("Dados: " + fbdo.dataPath());
489 Serial.println("Tipo: " + fbdo.dataType());
490 } else {
491 }
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501 /*-----Verificacao das atualizacoes dos estados das entradas-----*/
502 if (Porta1_State != lastEstadoEntrada1 || Porta2_State != lastEstadoEntrada2 ||
503     Porta3_State != lastEstadoEntrada3 || Porta4_State != lastEstadoEntrada4 ||
504     Porta5_State != lastEstadoEntrada5 || Porta6_State != lastEstadoEntrada6 ||
505     Porta7_State != lastEstadoEntrada7 || Porta8_State != lastEstadoEntrada8 ||
506     Porta9_State != lastEstadoEntrada9 || Porta10_State != lastEstadoEntrada10 ||
507     Porta11_State != lastEstadoEntrada11) {
508   // Se houver uma mudança de estado em qualquer porta, envie uma mensagem
509   // Se houver uma mudança de estado no pino 1, envie uma mensagem
510   if (Porta1_State == HIGH) {
511     sendSMS("+558873326663", "Mudança no pino 1 detectada!");
512     Serial.println("pino1");
513   }
514 }

```

```

651 String getISO8601Time(NTPClient &timeClient) {
652 // Obtenha a hora e data atual do cliente NTP
653 time_t epochTime = timeClient.getEpochTime();
654 struct tm *timeInfo = localtime(&epochTime);
655 char isoTime[30];
656 sprintf(isoTime, sizeof(isoTime), "%04d-%02d-%02dT%02d:%02d:%02dz",
657         timeInfo->tm_year + 1900, timeInfo->tm_mon + 1, timeInfo->tm_mday,
658         timeInfo->tm_hour, timeInfo->tm_min, timeInfo->tm_sec);
659 return String(isoTime);
660 }
661 /*----- Funcao para envio das mensagens -----*/
662 void sendSMS(String phoneNumber, String message) {
663 A9GSerial.println("AT+CMGS-\\" + phoneNumber + "\\");
664 delay(100);
665 A9GSerial.println(message);
666 delay(100);
667 A9GSerial.write(26); // Envie o caractere CtrlZ (26) para finalizar a mensagem
668 delay(100);
669 }
670 /*----- Funcao realizacao das chamadas -----*/
671 void makeCall(String phoneNumber) {
672 A9GSerial.println("ATD" + phoneNumber + ";"); // Iniciar a chamada para o número especificado
673 delay(1000); // Aguarde um tempo suficiente para a chamada (10 segundos)
674 }
675
676 // Encerrar a chamada
677 void endCall() {
678 A9GSerial.println("ATH");
679 delay(100); // Aguarde um curto periodo de tempo
680 }
681
682
683 // Funcao para salvar o historico das entradas no cartão SD
684 void logSDCard() {
685 // obter a data e hora atual no formato ISO 8601
686 String dataHoraAtual = getISO8601Time(timeClient);
687
688 dataMessage = "Data e hora de Registro = " + String(dataHoraAtual) + "\n" + "Rancho da entrada 1 = " + String(Porta1_State) +
689 "\n" + " Estado da entrada 2 = " + String(Porta2_State) + "\n" + "Estado da entrada 3 = " + String(Porta3_State) + "\n" +
690 "Estado da entrada 4 = " + String(Porta4_State) + "\n" + " Estado da entrada 5 = " + String(Porta5_State) + "\n" +
691 " Estado da entrada 6 = " + String(Porta6_State) + "\n" + "Estado da entrada 7 = " + String(Porta7_State) + "\n" +
692 "Estado da entrada 8 = " + String(Porta8_State) + "\n" + " Estado da entrada 9 = " + String(Porta9_State) + "\n" +
693 "Rancho da entrada 10 = " + String(Porta10_State) + "\n" + " Estado da entrada 11 = " + String(Porta11_State) +
694 "\n" + "Estado da entrada 12 = " + String(volts) + "\n" ;
695
696
697 Serial.print("Save data: ");
698 Serial.println(dataMessage);
699 appendFile(SD, "/data.txt", dataMessage.c_str());
700 }
701

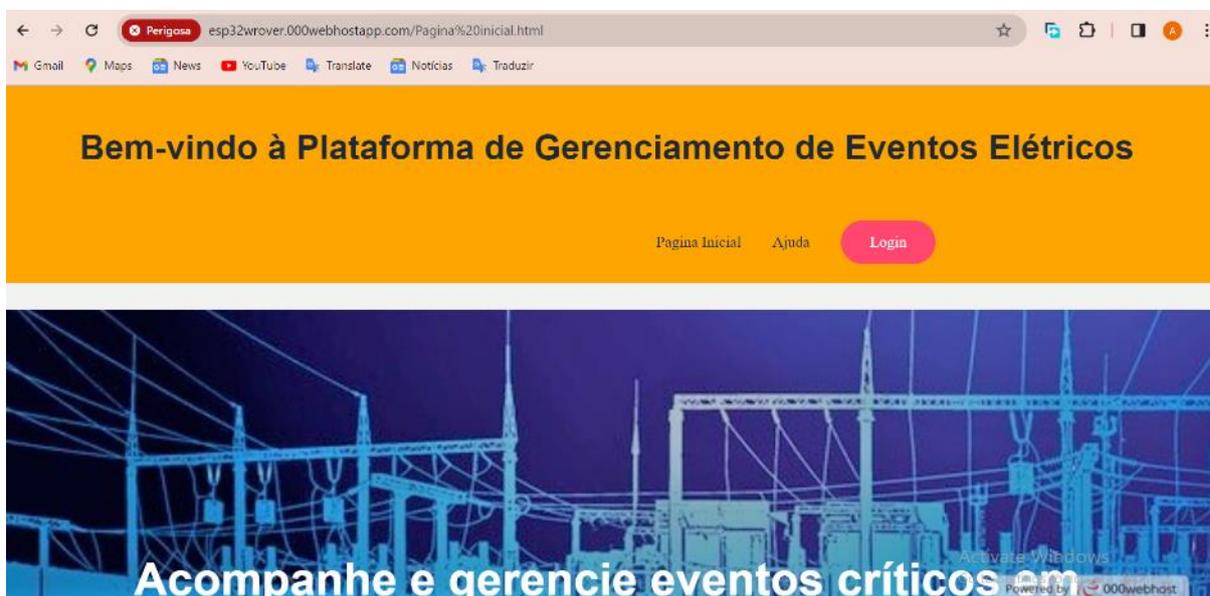
```

```

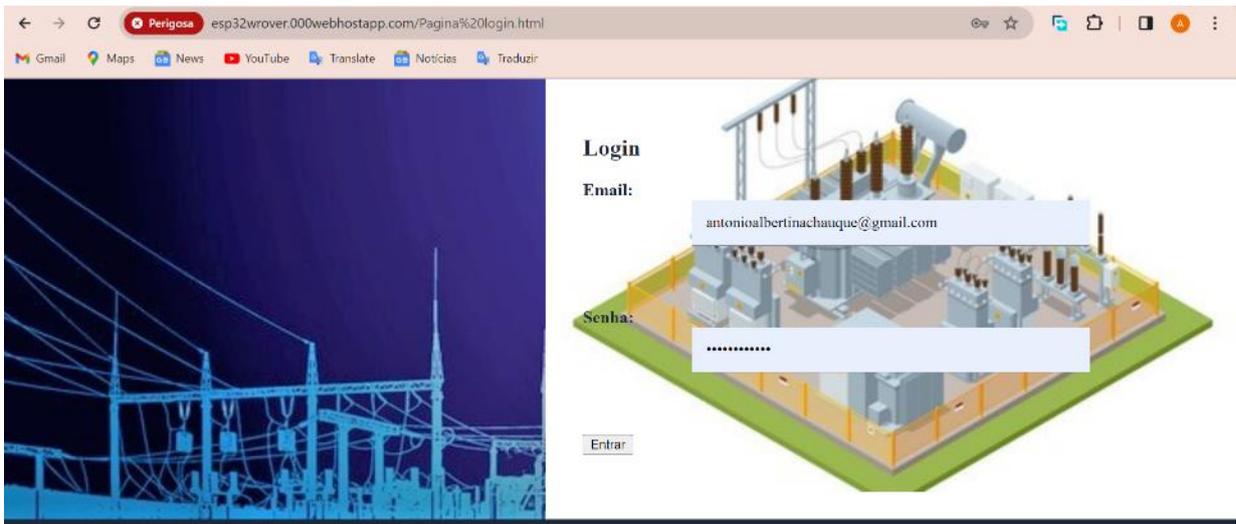
741 if(file.print(message)) {
742     Serial.println("File written");
743 } else {
744     Serial.println("Write failed");
745 }
746 file.close();
747 }
748 /*-----Funcao para guardar dos dados no cartao de memoria-----*/
749 void appendFile(fs::FS &fs, const char * path, const char * message) {
750     Serial.printf("Appending to file: %s\n", path);
751     File file = fs.open(path, FILE_APPEND);
752     if(!file) {
753         Serial.println("Failed to open file for appending");
754         return;
755     }
756     if(file.print(message)) {
757         Serial.println("Message appended");
758     } else {
759         Serial.println("Append failed");
760     }
761     file.close();
762 }

```

8.22. Anexo 16: Pagina inicial da plataforma web.



8.23. Anexo 17: Pagina de Login da plataforma web.



8.24. Anexo 18: Pagina de cadastro da subestação.



8.25. Anexo 19: pagina de visualização dos dados.

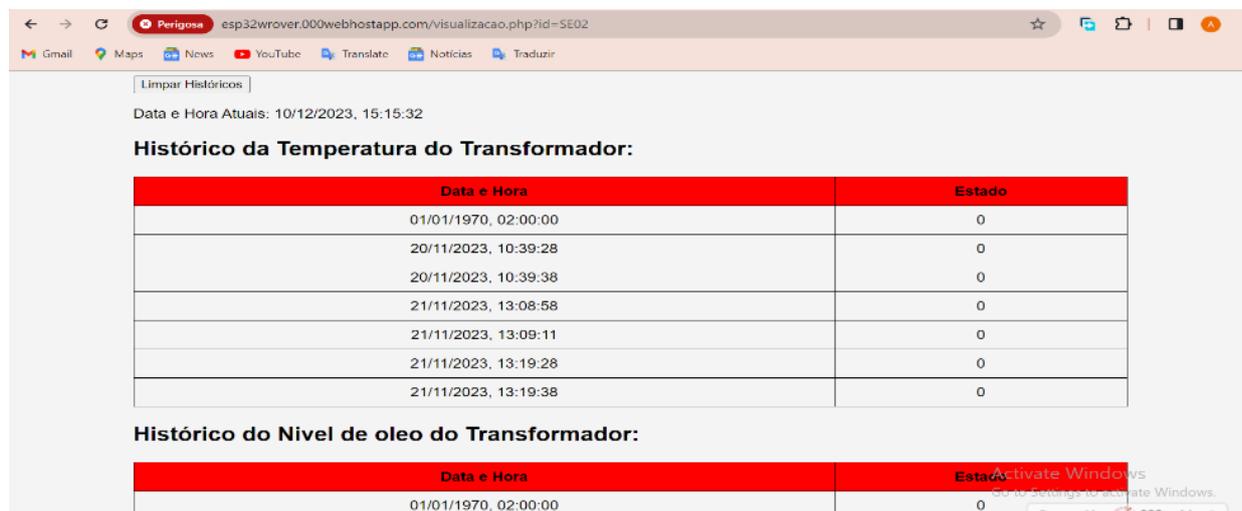
Visualização de Dados da Subestacao

ID do ESP32: SE01

Porta	Descrição da Entidade	Estado Atual	Descrição do estado
porta 1	Temperatura do Transformador	0	Normal
porta 2	Nível de óleo do Transformador	0	Normal
porta 3	Nível de gases no Transformador	0	Normal
porta 4	Sobrecarga de Tensao	0	Normal
porta 5	Sobrecarga de Corrente	0	Normal
porta 6	Disjuntor 1	0	Normal
porta 7	Disjuntor 2	0	Normal
porta 8	Disjuntor 3	0	Normal
porta 9	Disjuntor 4	0	Normal
porta 10	Disjuntor 5	0	Normal
porta 11	Fonte de Alimentação AC	1	Alarme
porta 12	Tensão da Bateria	11.55556V	

Powered by 000webhost

8.26. Anexo 20: pagina de visualização dos históricos dos dados.



Perigosa esp32wrover.000webhostapp.com/visualizacao.php?id=SE02

Limpar Históricos

Data e Hora Atuais: 10/12/2023, 15:15:32

Histórico da Temperatura do Transformador:

Data e Hora	Estado
01/01/1970, 02:00:00	0
20/11/2023, 10:39:28	0
20/11/2023, 10:39:38	0
21/11/2023, 13:08:58	0
21/11/2023, 13:09:11	0
21/11/2023, 13:19:28	0
21/11/2023, 13:19:38	0

Histórico do Nivel de oleo do Transformador:

Data e Hora	Estado
01/01/1970, 02:00:00	0

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.
Powered by 000webhost

Nota: a pagina web esta hospedada no link a seguir:

<http://esp32wrover.000webhostapp.com/Pagina%20inicial.html>.

8.27. Anexo 27: Circuito do Sistema

