



UNIVERSIDADE POLITÉCNICA\_A POLITÉCNICA  
INSTITUTO SUPERIOR POLITÉCNICO E UNIVERSITÁRIO DE NACALA  
ISPUNA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

**DESENHO DE SISTEMA DE CONTROLE DE FALHAS DA REDE ELÉCTRICA DO  
PORTO DE NACALA**

Milione Fénias Cuna Changala

Nacala-Porto  
2020

Milione Fénias Cuna Changala

**DESENHO DE SISTEMA DE CONTROLE DE FALHAS DA REDE ELÉCTRICA DO  
PORTO DE NACALA**

Monografia submetido ao ISPUNA-Universidade  
Politécnica de Nacala-Porto, como requisito para a  
obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Elétrica.

Tutor: Lic. Erik Jorge Silvestre

Nacala-Porto  
2020

## **FOLHA DE APROVAÇÃO**

Este trabalho foi apresentado aos \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2020, por nós membros e júri, examinador do Instituto Superior Politécnico e Universitário de Nacala, tendo obtido a seguinte classificação: \_\_\_\_\_ Valores.

Membros de júri:

---

**(Presidente)**

---

**(Lic. Erik Jorge Silvestre)**

---

**(Oponente)**

## DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu **Milione Fénias Cuna Changala**, declaro que a presente monografia é resultado do meu trabalho de investigação a ser submetida para avaliação como requisito parcial para a obtenção do grau de licenciatura no Instituto Superior Politécnico e Universitário de Nacala, no curso de Engenharia Eléctrica.

Portanto, mais declaro que este trabalho não foi apresentado, para efeitos de avaliação, a qualquer outra entidade ou instituição e que os conteúdos das versões impressa e electrónica são inteiramente coincidentes.

---

Milione Fénias Cuna Changala

Cell: +258 843 117 587 | +258 823 117 580

## DEDICATÓRIA

Para a minha esposa e meus filhos “**Assya Michela Changala & Cayo Syzwe Changala**”, o vosso amor é o que me move.

Obrigado pela compreensão e carinho durante este período no qual não pude dedicar-lhes a devida atenção.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus acima de tudo, por ter trilhado em minha vida caminhos que permitiram encontrar minha vocação e exercer uma profissão que me permitiu ampliar meus horizontes de aprendizado e responsabilidades.

À Universidade Politécnica, seu corpo docente, direção e administração que oportunaram a janela que hoje vislumbrou um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Aos meus pais “Fenias J. Changala e Assya Cuna”, *in memorium* “pelo legado que me deixaram.”

À minha esposa Rute Carlota Changala, todo o reconhecimento, por me apoiar em todas as decisões em minha vida pessoal e profissional, sendo um alicerce essencial, permitindo que pudesse alcançar vitórias e prosperar durante os anos que estamos juntos.

Obrigado meus irmãos e sobrinhos, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre fizeram entender que o futuro é feito apartir da constante dedicação no presente!

Aos meus colegas da faculdade e em especial aos amigos “Nelson Mariano, Nivaldo Tiquiti, Mércia Tiago” companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza.

Agradeço profundamente ao Eng.º Erik Jorge Silvestre, pelo apoio à execução do trabalho, pelas suas correções e incentivo, no geral pela orientação dada.

Finalmente agradeço a todos que apresentaram seu apoio contribuindo de forma direta ou indireta para a realização desse trabalho.

## RESUMO

Actualmente as empresas de sector portuário deparam se cada vez mais com as exigências de mercado competitivo e certificação internacional, sendo obrigadas a assegurarem os padrões internacionais de qualidade na prestação de serviço, incluindo o fornecimento de energia a operadores portuários, mantendo disponíveis os recursos da rede e isentas as falhas. Para alcançar estes objectivos, os operadores portuários devem apostar na modernização de sua infra estrutura e na optimização dos sistemas de distribuição de energia eléctrica, investir nos sistemas de controle e monitoramento da rede eléctrica, buscando alternativas que reduzam os tempos de interrupção por falhas permanentes nos sistemas de potência. Através de informações disponíveis em uma subestação, é possível determinar, classificar condições de falhas, localizando o elemento de protecção accionado e assim fornecer o apoio a tomada de decisão à equipe técnica para uma rápida intervenção. Neste trabalho, propõe se um desenho em autocad de funcionalidades metodológico para um sistema que fornece respostas rápidas através das informações disponíveis nas subestações da empresa, tais como amostras de sinais de tensões e correntes na saída dos alimentadores, com uma arquitetura reconfigurável paralela que usa dispositivos lógicos programáveis (*Programmables Logics Devices – PLDs*) –*FPGA (Field-Programmable Gate Array)* relés sepam do fabricante Schneider. Para validar o sistema proposto, os equipamentos de leitura (reles) devem ser instalados nas quatro subestações principais, em cabos alimentadores e quadros de baixa tensão conforme o diagrama proposto como parte da solução, com interfaces homem maquina e dar a informação em tempo real ao sistema SCADA (*supervisory control and data-acquisition*) de gestão centralizado a ser fornecido pelo fabricante. O estudo cumpre seus objectivos de desenhar um sistema de controle de falhas e apresenta novas possibilidades de automação na gestão de redes de distribuição, oferecendo ideias inovadoras, e que a proposta que os resultados serão satisfatórios e razoáveis.

**Palavras Chave:** 1. Protecção de Sistemas Eléctricos. 2. Controle de Falhas. 3. Automação.

## ABSTRACT

Currently, port sector companies are increasingly faced with the demands of a competitive market and international certification, being obliged to ensure international standards for continuity and reliability in the service of supplying energy to port operators, keeping network resources available without failures. To achieve these objectives, in addition to investing in the optimization of distribution systems, the company is responsible for investing in the control and monitoring systems of the electrical network, looking for alternatives that reduce the interruption times due to permanent failures in the power systems. Through information available in a substation, it is possible to determine, classify fault conditions, locating the triggered protection element and thus provide the decision making support to the technical team for a quick intervention. In this work, an autocad design of methodological features is proposed for a system that provides quick responses through the analog information available at the company's substations, such as voltage and current signal samples at the feeder outlet, with a reconfigurable parallel architecture that uses programmable logic devices (Programables Logics Devices - PLDs) –FPGA (Field-Programmable Gate Array) sepam relays from the manufacturer Schneider. In order to validate the proposed system, the reading equipment (relays) must be installed in the four main substations, in supply cables and low voltage switchgear according to the proposed diagram as part of the solution, with man-machine interfaces and giving the information in real time to the centralized management SCADA (supervisory control and data-acquisition) system to be provided by the manufacturer. The study fulfills its objectives of designing a fault control system and presents new possibilities for automation in the management of distribution networks, offering innovative ideas, and that the proposal that the results will be satisfactory and reasonable.

**Keywords:** 1. Protection of Electrical Systems. 2. Fault Control. 3. Automation.

ÍNDICE	
DECLARAÇÃO DE HONRA.....	IV
DEDICATÓRIA .....	V
AGRADECIMENTOS .....	VI
RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	X
GLOSSÁRIO DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	XII
CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO.....	13
1.1. Introdução.....	13
1.2. Problematização .....	15
1.3. Objectivo .....	16
1.3.1. Objectivo Geral.....	16
1.3.2. Objectivos Específicos.....	16
1.4. Hipóteses .....	17
1.5. Justificação do Tema.....	18
1.6. Organização de Trabalho .....	19
CAPITULO II: REVISÃO DA LITERATURA.....	20
2.1. Conceitos Básicos de uma Subestação (SE) .....	20
2.2. Subestação de Distribuição .....	21
2.3. Falhas em Sistemas Eléctricos .....	22
2.3.1. Falhas Temporárias.....	22
2.3.2. Falhas Permanentes.....	22
2.4. Trabalhos Publicados de Sistemas de Controle de Falhas em SE.....	23
2.4.1. Dectenção de falhas por Redes Petri Colorida.....	23
2.4.2. Dectenção de falhas por Lógica Nebulosa.....	24
2.4.3. Dectenção de falhas por Redes Neurais Artificiais.....	25
2.4.4. Dectenção de falhas por Chip DNA (Hardware) .....	26
2.5. Funções das Protecções.....	27
2.6. Controle, Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA).....	30
2.6.1. Controlador Lógico Programável (CLP) .....	34
2.6.2. Relés Digitais ou dispositivos Inteligentes .....	34

2.6.3.	RTU-Unidade Remota de Telemetria .....	35
2.6.4.	Sistemas Distribuídos.....	37
2.6.5.	Arquitectura dos Sistemas de Controlo de Falhas.....	38
2.6.6.	Vantagens de Sistema .....	40
2.7.	Protocolos de Comunicação em Sistemas Eléctricos .....	40
2.8.	Normas, Padrões e Protocolos.....	43
CAPITULO III: METODOLOGIA .....		45
3.1.	Tipos de pesquisa .....	45
3.2.	Quanto a Objectivos .....	45
3.2.1.	Pesquisa Tipo Entrevista.....	46
3.2.2.	Pesquisa Bibliográfica .....	46
3.2.3.	Pesquisa Exploratória.....	46
3.2.4.	Pesquisa Descritiva .....	47
3.2.5.	Pesquisa Participante .....	48
3.3.	Técnica de recolha de dados.....	49
3.3.1.	Entrevista .....	49
3.3.2.	Universo.....	49
3.3.3.	Amostra.....	49
CAPITULO IV: ANÁLISE DE RESULTADOS .....		51
4.1.	Estado actual da rede e do sistema de controlo de falhas de Porto de Nacala .....	51
4.1.1.	Causas e tipos de falhas na rede de Porto .....	52
4.2.	Proposta de Sistema de Controlo de Falhas .....	52
4.2.1.	Descrição Geral de Sistemas de Controlo de Falhas.....	54
4.2.2.	Controlo de Falhas .....	55
4.2.3.	Dispositivos Inteligentes .....	56
4.2.4.	Arquitectura da Rede de Controlo de Falhas .....	59
CAPITULO V: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....		62
5.1.	Definição e escolha de modelo de funcionamento do protótipo .....	62
5.2.	Operação e Controlo de Falhas.....	64
5.3.	Melhoria da Continuidade de Serviço .....	64
5.4.	Redução dos custos de manutenção .....	65
5.5.	Análise das Hipóteses.....	65

CAPITULO VI: CONCLUSÃO .....	68
6.1. Considerações Finais .....	68
6.2. Sugestões e Recomendações .....	69
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
APÊNDICE.....	73
ANEXOS .....	74
GUIÃO DE ENTREVISTA.....	80

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 3.3:1</b> Distribuição da amostra .....	50
<b>Tabela 4.1:1</b> Dados estatísticos de ocorrência de falhas em redes eléctricas .....	52

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:1</b> -Sistema elétrico de potência .....	20
<b>Figura 2.4:1</b> -Diagrama de Blocos do Sistema de Detecção .....	24
<b>Figura 2.4:2</b> -Diagrama de Blocos Simplificado .....	25
<b>Figura 2.4:3</b> -Emulação Eletrônica baseada no conceito de DNA .....	26
<b>Figure 2.5:1</b> -Esquema de proteção selectivo .....	27
<b>Figura 2.5:2</b> -Zonas de proteção principal de uma subestação.....	29
<b>Figura 2.5:3</b> -Proteção de retaguarda dos alimentadores.....	29
<b>Figura 2.6:1</b> -SCADA, DCS, PLC, RTU and Smart Instrument .....	30
<b>Figura 2.6:2</b> -Diagrama típico de sistema SACADA .....	31
<b>Figura 2.6:3</b> -Rede SCADA com níveis de interconexão.....	32
<b>Figure 2.6:4</b> -Esquema de ligação de TPs/TCs e IEDs.....	33
<b>Figura 2.6:5</b> -Diagrama de blocos de um PLC .....	34
<b>Figure 2.6:6</b> -Dispositivos Inteligentes .....	35
<b>Figura 2.6:7</b> -Estrutura de típica em hardware de RTU .....	36
<b>Figura 2.6:8</b> -Rede típica em estrutura distribuída .....	37
<b>Figura 2.6:9</b> -Arquitectura da rede .....	38
<b>Figura 2.6:10</b> -Arquitectura Superscalar .....	39
<b>Figura 4.1:1</b> -Diagrama de blocos da rede do Porto .....	51
<b>Figura 4.2:1</b> -Rede de distribuição e localização de equipamentos.....	53
<b>Figura 4.2:2</b> -Aplicação de vários tipos de relés .....	56
<b>Figura 4.2:3</b> - Relé Digitais .....	56
<b>Figura 4.2:4</b> -Arquitectura distribuída de um sistema SCADA típico .....	60
<b>Figure 5.1:1</b> -Exemplo de aplicação real no Diagrama de rede.....	63

## LISTA DE ANEXOS

<b>Anexo 1:</b> Diagrama da Rede Electrica de Porto-Alimentação a partir d EDM 11 KV .....	74
<b>Anexo 2:</b> Diagrama da Rede Electrica de Porto-Alimentação a partir dos dois ramais da EDM 11 KV .....	75
<b>Anexo 3:</b> Diagrama Electrico do funcionamento em Grupo Geradores .....	76
<b>Anexo 4:</b> Diagrama de electrico com sistema em regime de sobrecarga .....	77
<b>Anexo 5:</b> Painel informativo de estado da rede .....	78
<b>Anexo 6:</b> Dados de Simulação de Curto Circuito .....	79

## GLOSSÁRIO DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AHDL	<i>Altera- High Speed Integrated Circuit</i>
A/D	Analógico/Digital
B-AT	Barramento de Alta
CLBs	<i>Configurable Logic Block</i>
CI	Circuito Integrado
CLP	Controlador Logico Programável
CSMA	<i>Carrier Sense Multiple Access</i>
CRC	<i>Cyclic Redundancy Code</i>
DMS	<i>Distribution Management System</i>
DNP	<i>Distribution Network Protocol</i>
EPA	<i>Enhanced Performance Architecture</i>
EDM	Electricidade de Moçambique
GOOSE	<i>General Object Oriented Substation Event</i>
IED	<i>Intelligent Electronic Devices</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IHM	Interface Homem Maquina
IP	<i>Internet Protocol</i>
ISO	<i>Internation Standard Organizatiomn</i>
MTC	Ministério de Transportes e Comunicações
MMS	<i>Manufacturing Message Specifications</i>
OSI	<i>Open System Interconnection</i>
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>
SDF	Sistema de Detecção de Falta
SOE	<i>Sequency Operation Event</i>
SE	Subestação Electrica
SM	Single Mode
SEP	Sistemas Eléctricos de Potência

TC	Transformadores de Corrente
TP	Transformadores de Potência
UTR/RTU	Unidades Terminais Remotas/ <i>Remote Terminal Unit</i>

# CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO

## 1.1. Introdução

O crescimento dos sistemas elétricos, além de tornar as instalações existentes mais complexas, com a introdução de equipamentos tecnologicamente atualizados, como é o caso de sistemas de protecção digitais, também favoreceu a uma convivência de tecnologias diferentes, gerando, por consequência, a necessidade de capacitação do homem nesse novo contexto. Com isso, as possibilidades de falhas aumentaram, principalmente pela dependência aos sistemas de automação, requerendo, portanto que acções sejam tomadas no sentido de preservar a segurança do homem e da instalação nesse ambiente evolutivo.

Ao longo do tempo, o Porto de Nacala tem vindo a registar diversas perturbações/ falhas a que esta sujeita a rede, assim; tem havido a necessidade de mudanças nos sistemas de distribuição de energia para que tornem eficientes.

Além de conhecimentos relativos a equipamentos de protecção, é necessário envolver conhecimentos dos equipamentos a serem protegidos, critérios operacionais dos sistemas, estudos elétricos, técnicas de protecção, análise e previsão em tempo real de diversos modos de falha dos sistemas e equipamentos (DUAILIBE, P 1999).

As tradicionais práticas de diagnóstico de defeitos/ falhas se baseiam no julgamento dos operadores, levando em conta suas experiências em análise e planeamento de acções correctivas, no contexto actual a rede de porto esta obsoleta, o que de certa forma em caso de avaria levaria se tempo (dependendo da gravidade da situação) para a sua localização e mitigação.

Em sistemas eléctricos modernos, durante a ocorrência de uma falha, são recebidos sinais de alarmes indicando anormalidade e classifica lo, portanto; caracterizam-se pelo status da actuação dos relés (IHM) e dos disjuntores, neste caso; os operadores devem estimar a situação do defeito (detecção, classificação e localização) nos centros de controle.

O sistema de supervisão e controle muito conhecido actualmente é o sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*), conecta a subestação aos equipamentos de medição, monitoramento e controle digitais ao centro de operação, onde são colectados, armazenados, processamento dos dados e apresentação dos relatórios.

Estas técnicas foram desenvolvidas pela DMS (*Distribution Management System*), e que são usadas para auxiliar os operadores na execução de rotinas de forma segura, rápida e eficiente e auxiliar no planeamento das acções corretivas. Estes recursos têm proporcionados inúmeras alternativas para realizar a automação de forma plena e eficiente baseados em sistemas inteligentes.

Os sistemas de operação e supervisão inteligentes são capazes de reduzir o tempo de exposição de técnicos da área no diagnóstico das falhas, minimizam os erros de operação e possibilitam a redução significativa de investimentos.

O equipamento de proteção em um sistema de distribuição de energia tem como finalidades evitar danos permanentes aos equipamentos, assim como; diminuir o tempo de interrupção do fornecimento de energia causado por falhas. Conforme (SAMPAIO, 2002), a detenção de falhas em um sistema de distribuição de energia pode ser realizada de duas formas:

- **Forma Local**, onde a detenção é executada internamente em uma Subestação Electrica,
- **Forma Centralizada**, onde a detenção de falhas é executada dentro de um sistema de controle que conta com equipamentos do sistema SCADA.

Neste trabalho propõe se um desenho de sistemas de controle de falhas que atue próximo a um sistema de aquisição de dados (em campo), actuando de forma rápida na detecção e controle de falhas, tendo em vista minimizar o impacto, auxiliar na tomada de decisão, minimizando o tempo de exposição de homem no diagnostico e mitigação da falha.

## **1.2. Problematização**

O Porto de Nacala, beneficia de uma remodelação, reabilitação de infraestrutura elétricas, resultante de um acordo entre o governo de Moçambique e do Japão.

Neste projecto, não esta previsto o sistema de monitorização e controle de falhas para reportar e monitorar os consumos de energia, falhas nos sistemas, controle de incêndios e outras funcionalidades de rede.

Com a evolução das tecnologias as empresas procuram enquadrar se e acompanhar a evolução de forma a reduzir a exposição ao risco dos técnicos montando sistemas que apoiam na tomada de decisão e garantir a segurança no seu modo operandi.

Assim, as redes de media tensão e de baixa tensão são vistas como uma parte considerável e importante da rede electrica na distribuição para o Porto, visto que devem garantir o fornecimento de energia as áreas por forma a manter em funcionamento 24/7 e torna-lo competitivo.

O estudo deste projecto atenta em descobrir novas soluções de automação aplicáveis e econômicas, especialmente para gestão de rede electrica para fins de gerenciamento e controle de falhas.

Para atender as funções acima descritas, de gestão e controle de falhas que ocorreram principalmente nas redes electricas, surge a seguinte questão de pesquisa:

- **Que sistema a adoptar para o controle de falhas na rede eléctrica de Porto de Nacala?**

### **1.3. Objectivo**

Objectivo se pode definir como meta ou propósito que se deseja alcançar, assim um objectivo serve para formular, concretização dos resultados desejados, para planear acções, para orientar os processos e para medir e valorizar os resultados a serem obtidos (Marconi e Lakatos 2010).

#### **1.3.1. Objectivo Geral**

Para Lakatos e Marconi (1992, p. 102), objectivo geral está ligado a uma visão global e abrangente do tema ou ainda, tem como propósito central apresentar aquilo que será investigado pelo estudo, assim; o objectivo geral desta monografia será:

- Desenhar um Sistema de Controle de Falhas na Rede Elétrica de Porto de Nacala.

#### **1.3.2. Objectivos Específicos**

Lakatos e Marconi (1992, p. 102). afirmam que: objectivos específicos apresentam carácter mais concreto. Têm a função intermédia e instrumental que permite de um lado atingir o objectivo geral e, do outro, aplicar este a situações particulares. Contudo definiu se os seguintes como objectivos específicos:

- Rever o estado de arte dos sistemas de controle de falhas em redes elétricas;
- Descrever o estado actual do sistema de controle de falhas da rede eléctrica de Porto de Nacala;
- Identificar a solução adequada para o sistema de controle de falhas da rede eléctrica de Porto;
- Propor uma arquitetura digital para o controle de falhas na rede eléctrica do Porto, baseado em sistemas de monitoramento centralizado.

## 1.4. Hipóteses

Hipótese é uma suposta resposta ao problema a ser investigado, para GIL, 1999 a origem das hipóteses poderia estar na observação assistemática dos fatos, nos resultados de outras pesquisas, nas teorias existentes, ou na simples intuição.

Para LAKATOS & MARCONI (1999: 110), hipótese “consiste numa proposição susceptível de ser declarada verdadeira ou falsa”. Assim, tem-se como hipóteses as seguintes:

**Hipótese 1:** A falta da revisão da literatura está relacionada com o estado actual do sistema de controle de falhas na rede eléctrica de Porto;

**Hipótese 2:** O estado actual do sistema de controle de falhas na rede eléctrica de Porto, está relacionada com a falta de mão de obra especializada;

**Hipótese 3:** O sistema de controle de falhas na rede eléctrica do Porto não se adequa ao contexto actual.

**Hipótese 4:** A falta de sistema de controle de falhas na rede eléctrica do Porto, é uma causa deficiente para o controle de falhas eléctricas.

## 1.5. Justificação do Tema

Para Lakatos & Marconi (1992), justificativa é a parte do trabalho que apresenta respostas à questão do porquê da realização da pesquisa, portanto; para Cervo & Bervian, 2002, P. 127 procura-se na justificativa demonstrar a legitimidade, a pertinência, o interesse e a capacidade do aluno em lidar com o referido tema.

A energia fornecida ao porto de Nacala, visa a alimentar varias instalações (Armazéns, parque de Contentores frigoríficos, iluminação exterior, balanças eletrónicas e Guindastes de cais), sendo que esta cadeia de valores depende das subestações distribuídas no porto.

Uma subestação rede electrica está sujeita as várias perturbações que podem ser causadas por descargas atmosféricas, rompimento de cadeias de isoladores, acidentes, incêndios, gerando falhas do tipo curto-circuito (monofásicos, bifásicos e trifásicos).

Para tal, existem dispositivos capazes de detectar e disparar sinais para interromper a linha de transmissão em que houve esta falha. Estes dispositivos de proteção responsáveis pela detenção e eliminação de falhas ocorridas, e devem operar no menor tempo possível, evitando que a integridade física do sistema seja comprometida.

Visando a qualidade dos serviços prestados, o tema propõe a busca alternativas que reduzam os tempos de interrupção dos serviços de fornecimento de energia devido às falhas permanentes nos sistemas de potência, localizando o elemento de proteção accionado, fornecendo o apoio à tomada de decisão no ambiente de subestações de sistemas de distribuição de energia elétrica.

Neste estudo, idealiza-se um Sistema Integrado de Controle de falhas, que além das funções referentes na operação convencional dos sistemas, como controle e supervisão, a possibilidade de se fazer o diagnóstico das falhas, dando ao operador subsídios para a tomada de decisão, como também, onde possível, e através de procedimentos interativos, possa bloquear os comandos errados, corrigir quando da ocorrência de procedimentos incorretos por forma a aumentar a produtividade e reduzir o tempo de exposição dos técnicos na detenção e reparação de falhas.

## 1.6. Organização de Trabalho

De modo a garantir a organização e melhor percepção, o trabalho será organizado em seis (6) capítulos, conforme segue:

No **capítulo 1:** Introdução, onde serão arrolados elementos pre-textuais como: Problematização-apresentação do problema que motivou o estudo, objectivos –pretende se alcançar como resultado de pesquisa, hipóteses-apresenta se a suposta respostado problema da falta de sistema de controle de falhas na rede electrica do Porto e justificação da escolha do tema da dissertação.

No **capítulo 2:** Revisão da literatura sobre os sistemas de controle de falhas em sistemas eléctricos de Potência, abordagens de sistemas eléctricos de potencia, sistemas de protecção, falhas em redes eléctricas e sistemas de controle e supervisão e por normas e padrões utilizados em redes e sistemas de supervisão.

No **capítulo 3:** Metodologia- é a parte do texto que apresenta o conjunto de métodos, técnicas, procedimentos e instrumentos do trabalho empírico da pesquisa, nela, constam, entre outros os seguintes elementos, Tipo de estudo e desenho da pesquisa; Técnicas e instrumentos de recolha de dados; Procedimentos de recolha de dados.

No **capítulo 4:** Apresentação, Análise e interpretação de dados recolhidos para o desenho de sistema de controle de falhas.

No **capítulo 5:** Discussão de resultados- consiste na análise e explicação dos resultados observados e suas implicações, à luz dos modelos teóricos e estudos de outros autores apresentados na revisão da literatura.

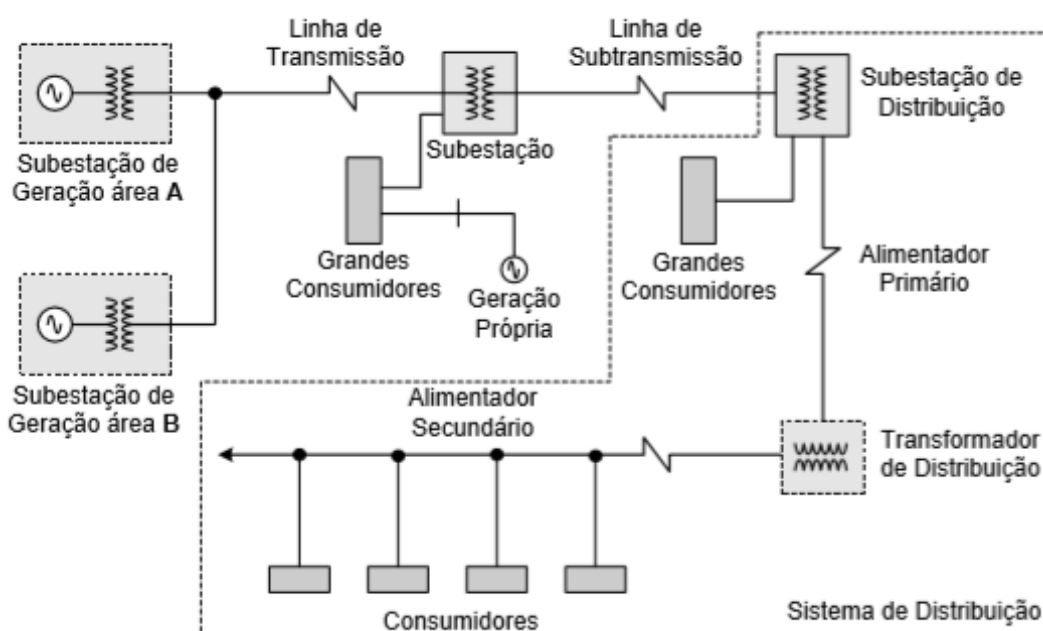
No **capítulo 6:** Conclusões finais e sugestões para trabalhos futuros, finalmente referências bibliográficas utilizadas como parte de consulta para a elaboração deste trabalho.

## CAPITULO II: REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será feita a apresentação dos conceitos básicos de sistemas de controle de falhas em subestações de distribuição de energia elétrica. No entanto, são vários os trabalhos que estudam procedimentos eficazes, para o controle de falhas em tempo, tema abordado neste trabalho e importante para o entendimento.

### 2.1. Conceitos Básicos de uma Subestação (SE)

Os Sistemas Elétricos de Potência (SEP), de modo geral, podem ser divididos basicamente em: geração, transmissão e distribuição. Em cada parte do sistema elétrico, há necessidade de se baixar ou elevar os níveis de tensão, de maneira conveniente de modo que o transporte de energia elétrica seja econômico e viável (SATO, 2003).



**Figura 2.1:1**-Sistema elétrico de potência

**Autor:** Fabiano Alves de Souza

A confiabilidade e a sustentabilidade do fornecimento de energia elétrica estão relacionadas com a qualidade e disponibilidade da energia nos pontos de consumo. Deve-se ter em mente que o projecto do arranjo da rede eléctrica varia muito de projecto para o projecto, da região em que será construída a subestação, que tipo de carga se destina, o quanto é importante essa carga e principalmente quanto ao investimento do projecto (CPFL, 2003).

## **2.2. Subestação de Distribuição**

É composta por vários equipamentos, tais como: barramentos; linhas e alimentadores; equipamentos de manobra e disjunção “disjuntores, chaves seccionadoras”; equipamentos de transformação “transformadores de potência, transformadores de instrumentos de potencial (TP) e de corrente (TC), e de serviço”; equipamentos de proteção “relés (primário, retaguarda e auxiliar), para-raios e malha de terra e equipamentos de compensação “reatores e capacitores”.

Em uma subestação os serviços auxiliares são de grande importância garante a montagem/funcionamento de sistemas de automação para uma operação adequada e contínua:

### **a) Serviços auxiliares de corrente alternada**

- Transformador (11KV/380-220 V/50Hz) para assegurar o funcionamento de cargas de: Casa de comando, Iluminação e tomadas, etc;

### **b) Serviços auxiliares de corrente contínua**

Equipadas de retificador/carregador e banco de bateria que alimentam as cargas: relés (componentes do sistema digital) funcionais dos equipamentos, motores dos equipamentos, iluminação de emergência (CPFL, 2003).

Estes equipamentos, tem a função de: Monitoração de "status" de equipamentos; Medição; Proteção de linha, transformadores, barra, reator; Supervisão das proteções; Religamento automático; Localização de falhas (Proteção de falha de disjuntor); Telecomandos; Intertravamentos; Monitoração de sobrecarga em transformadores; Controle de tensão; Fluxo de reativos; Corte selectivo de cargas; Sincronização; Alarmes em geral; Registro de sequência de eventos; Oscilografia; Interface Homem-Máquina (IHM) com os Centros de Operação de Distribuição (CODs); Autodiagnóstico; Impressão de relatórios.

Os compartimentos ou vão da subestação devem possuir dispositivos de protecção (relés), equipamentos de manobra e disjunção com a finalidade de limitar os impactos proporcionados por falhas (curtos-circuitos) no sistema elétrico.

## **2.3. Falhas em Sistemas Eléctricos**

Os sistemas de distribuição de energia eléctrica estão susceptíveis às falhas que podem ser temporárias ou permanentes. As falhas temporárias são aquelas cujas durações são limitadas ao período necessário para restabelecer o serviço através de operação automática do equipamento de protecção que desliga o circuito ou parte do circuito (GIGUER, 198).

As falhas em sistemas eléctricos são no geral provocadas pela acção de descargas atmosféricas, contactos de árvores e animais (Lagartixas e ou Ratos) às partes vivas do sistema, falhas de equipamento, curto circuito, sobrecargas e erro humano. Classificam-se como falhas simultâneas quando ocorrem duas ou mais falhas no mesmo instante de tempo, estas falhas podem ser vistas como:

### **2.3.1. Falhas Temporárias**

- São aquelas em que havendo a operação de um equipamento de protecção desaparece a causa do defeito e o sistema funciona normalmente depois de religado (SATO, 2003).

Aproximadamente cerca de 80% das falhas que ocorrem nos sistemas de distribuição são falhas temporárias (CPFL, 2003) que tem como causas mais comuns, descargas atmosféricas, contactos momentâneos entre condutores, abertura de arco eléctrico e materiais sem isolamento adequada.

### **2.3.2. Falhas Permanentes**

- São todas as interrupções não classificadas como não programadas, ou aquelas em que é necessária a intervenção do homem para que se corrija o defeito causador da interrupção antes de se religar o equipamento operado.

Dentre as várias causas de falhas permanentes têm-se a danificação de um cabo, colisão de uma maquina com um poste, curto-circuito causando de balanço ou sobretensão (PERLAZA; DELGADO, 2005).

Eventualmente, uma falha do tipo temporária pode se transformar em uma falha do tipo permanente caso não haja uma operação adequada dos equipamentos de protecção. Estas ocorrências são resultados de eventos como descarga atmosférica e manipulações erradas de equipamentos pelos operários.

## **2.4. Trabalhos Publicados de Sistemas de Controle de Falhas em SE**

Existem várias literaturas publicadas sobre os trabalhos de sistemas de controle de falhas com propostas para minimizar os tempos de interrupção dos serviços por falhas permanentes nos sistemas de potência. Diferem principalmente na metodologia empregue em cada um, como Rede de Petri Colorida, propõe, portanto, uma solução por software, outros trabalham com Inteligência Artificial, Redes Neurais e Lógica Nebulosa, também soluções por software, todos se utilizam de informações e recursos de sistemas de aquisição de dados, disponibilizados na maioria das concessionárias de geração e distribuição de energia elétrica, actualmente. E ainda algumas soluções por hardware. (PERLAZA; DELGADO, 2003).

### **2.4.1. Detecção de falhas por Redes Petri Colorida**

O trabalho de SANTOS et al, 2007, sob o título “Sistema de Diagnóstico de Faltas para Sistemas Elétricos” baseado em Redes de Petri Colorida. O objectivo deste sistema é o de simplificar o trabalho do operador dos sistemas de potência, apresentando um diagnóstico rápido e preciso para eventos ocorridos em subestações e rede elétrica.

O sistema de diagnóstico de falhas possui três camadas, uma interface de entrada que filtra os dados advindos do SCADA e os converte em marcação inicial para a rede de Petri colorida localizada na segunda camada.

A saída da rede de Petri é então interpretada na terceira camada, resultando em um sucinto relatório que contém a localização da falha, o tipo de falha, a(s) fase(s) em falha, e se houve falha de relés e disjuntores no processo de eliminação da falha.

Segundo Santos, a utilização das redes de Petri Coloridas se mostrou uma ferramenta adequada para desenvolvimento de SDF (Sistema de Detecção de Faltas), capaz de diagnosticar falhas tanto em sistemas de transmissão como em subestações.

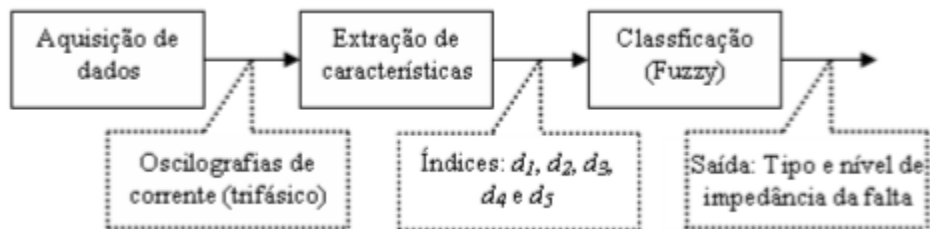
Conclui em seu trabalho que os testes realizados apresentaram respostas satisfatórias mostrando, a eficácia desta ferramenta na detecção de falhas, proporcionando aos operadores um enorme auxílio na tomada de decisão.

## 2.4.2. Dectenção de falhas por Lógica Nebulosa

Usando Lógica Nebulosa ou Fuzzy, Decanini (DECANINI, 2008) desenvolveu um modelo para a detenção e classificação de falhas de Curto-circuito em Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica. Decanini desenvolveu algoritmos inteligentes modulares, visando executar o diagnóstico de defeitos de forma robusta e rápida, sem a necessidade do operador conhecer as estruturas a serem usadas.

Os módulos terão a capacidade de detectar e classificar falhas de curtos-circuitos, fornecendo o tipo e o nível de impedância do defeito. Para isso, usa as informações de corrente elétrica nas três fases. As entradas são os dados de correntes elétricas trifásicas pré-processadas que indicam na saída, o diagnóstico de falta.

Este pré processamento consiste em gerar grandezas normalizadas e expressas de forma relativa entre as três fases. Todo este procedimento visa a extração das características dos defeitos de curto circuito. Foram monitorados nestes projetos os pontos mais relevantes em uma SE tais como, o alimentador, o transformador, e ramais.



**Figura 2.4:1**-Diagrama de Blocos do Sistema de Detecção

**Autor:** DECANINI, 2008.

Este sistema utilizou o software ATP (*Alternative Transients Program*) para simular as oscilações das três fases e obter os dados necessários para a avaliação de seu projecto. Dos resultados obtidos, Decanini concluiu que, o seu trabalho aplicando a lógica fuzzy na detecção de faltas, teve pleno êxito e grande rapidez nas respostas.

### 2.4.3. Dectenção de falhas por Redes Neurais Artificiais

Neto, desenvolveu um sistema para detenção de falhas de alta impedância e de rompimento de condutores em redes de distribuição de energia eléctrica (PENTEADO NETO, 2005), para auxiliar o sistema de distribuição e a tomada de decisões. Neste trabalho foram desenvolvidos dois sistemas para detenção do rompimento dos condutores.

- O primeiro sistema foi baseado na aplicação de sensores de corrente eléctrica e o outro na aplicação da técnica de extensometria.
- O segundo sistema é um sistema inédito e recebeu inclusive uma patente junto ao INPI.

Neste projecto foi desenvolvida uma rede experimental de distribuição de energia onde as características físicas e eléctricas são próximas de uma rede convencional. O sistema proposto por Neto fundamenta-se no facto de que, na ocorrência do rompimento de um condutor instalado em uma rede de distribuição de energia, a tracção mecânica no condutor rompido irá se alterar. Esta alteração é detectada e comunicada remotamente permitindo acções por parte do operador da rede.

Para detectar a alteração da carga mecânica, foram desenvolvidos os sensores, fundamentados na técnica de extensometria. Neto conclui que, que este sistema apresenta a sensibilidade suficiente para detenção da mudança da tensão mecânica do cabo ao ser rompido.

O trabalho de Moreto (MORETO, 2005) “Localização de Falhas de Alta Impedância em Sistemas de Distribuição de Energia Eléctrica”, onde se baseia na metodologia de Redes Neurais Artificiais.

Moreto, defende que o sistema desenvolvido por ele apresenta resultados satisfatórios, pois fornece uma precisa estimativa da localização de faltas de alta impedância em alimentadores de distribuição. O algoritmo implementado para este sistema está baseado em Redes Neurais (RNAs), e pode ser adicionado como uma função extra de um relé de protecção digital.

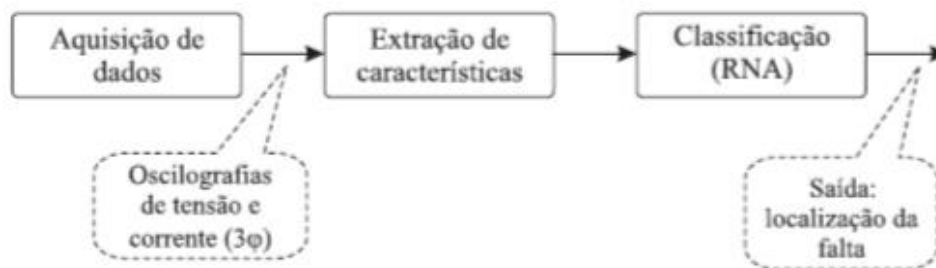
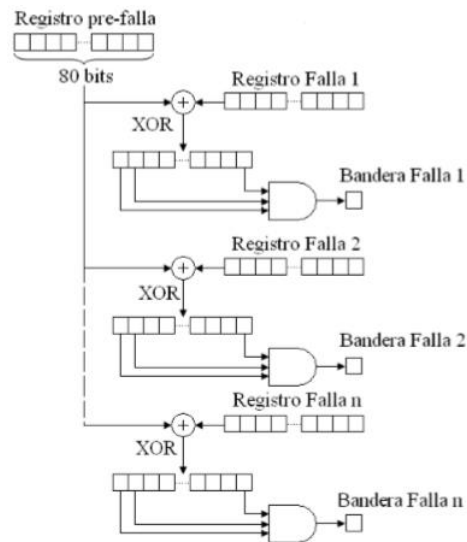


Figura 2.4:2-Diagrama de Blocos Simplificado

Autor: MORETO, 2005.

#### 2.4.4. Dectenção de falhas por Chip DNA (Hardware)

PERLAZA; DELGADO, 2003, “Detección de falhas em Sistema de Potência com Chip DNA”, tem como principal diferença entre todos os propostos, uma solução predominantemente realizada em hardware, e para isso baseia-se no conceito da biologia celular, ou seja, o DNA. Este conceito foi usado para emular um chip de DNA eletronicamente, em um dispositivo lógico programável, com o objectivo de enfocar o problema da detenção de falhas, Delgado trata dois grupos de sinais que permitem conhecer o estado do sistema de potência, são os sinais analógicos e os sinais digitais.



**Figura 2.4:3-**Emulação Eletrônica baseada no conceito de DNA

**Autor:** PERLAZA ; DELGADO 2003

Se baseia nos sinais analógicos de corrente trifásica, tensão trifásica, corrente do neutro e tensão residual, obtidos respectivamente dos transformadores de corrente e tensão, computando sinais para serem tratados e analisados. Os sinais digitais são obtidos dos relés de protecção que podem ser analógicos ou digitais, conectados por meio de transdutores de tensão e/ou corrente ao sistema de potência para detectar condições não desejadas dentro de uma área específica; dos interruptores e dos sinais de tele protecção que somados quantificam os sinais.

Todos tem a finalidade de proteger o sistema elétrico contra possíveis falhas (Permanentes ou Temporárias), estes sistemas para que cumpram adequadamente com a sua finalidade devem:

- Isolar a menor parte possível do sistema no caso de alguma falha ou isolar o curto-circuito tão próximo quanto possível de sua origem;

- Efetuar o isolamento do curto-circuito em um tempo mínimo a fim de reduzir os danos aos condutores e equipamentos.

## 2.5. Funções das Protecções

Segundo o ACKERMAN,2006, ANDERSON, 1999, CPFL, 2003, para conseguir alcançar os objectivos para os quais a protecção é projectada devem apresentar:

- a) **Selectividade:** a protecção deve somente isolar a parte do sistema atingida pelo defeito, mantendo a continuidade do serviço das demais partes do sistema. A seletividade determina a coordenação da protecção.

Esta pode ser definida como o ato ou efeito de dispor dois ou mais equipamentos de protecção em série segundo certa ordem, de forma a actuarem em uma sequência de operação preestabelecida.

O objectivo da coordenação então é evitar que falhas temporárias causem a operação de dispositivos de protecção que não tenham religamento automáticos e que, no caso de defeitos permanentes, a menor quantidade possível do sistema fique desligada (ACKERMAN,2006).

Premissas da seletividade:

- Solicitação de todas as protecções situadas entre a fonte e o ponto de defeito;
- Somente a protecção mais próxima ao ponto de defeito deve atuar, isolando completamente o componente defeituoso e desligando a menor porção do sistema elétrico.

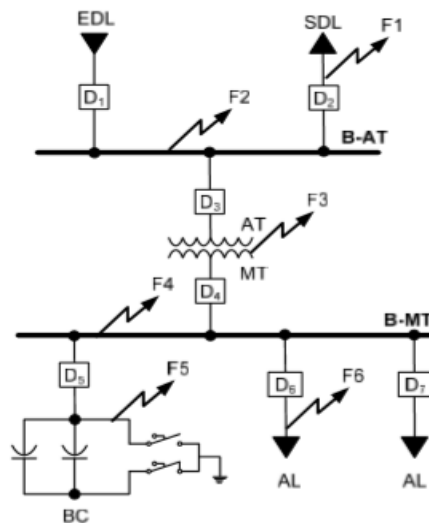


Figure 2.5:1-Esquema de protecção selectivo

Autor: Fabiano Alves de Souza

### **b) Rapidez e velocidade:**

A rapidez, tem como premissas a capacidade de resposta no menor tempo possível de modo a:

- Assegurar a continuidade e a manutenção de condições normais de operação nas partes não afectadas do sistema;
- Auxiliar na manutenção da estabilidade do sistema pela remoção do distúrbio antes que este se espalhe e conduza a uma perda de sincronismo e consequentemente a falha do sistema de potência;
- Evitar ou reduzir a extensão dos danos ao sistema.

### **c) Sensibilidade**

É a capacidade de resposta dentro de uma faixa esperada de ajuste, ou seja, é a capacidade da protecção responder às anormalidades nas condições de operação, e aos curtos-circuitos para os quais foi projetada.

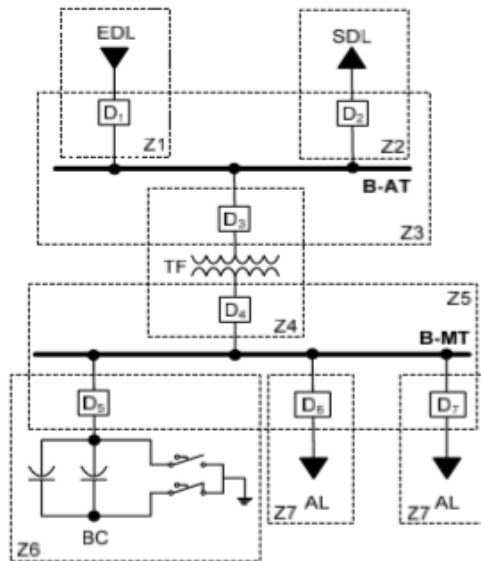
A sensibilidade de SE tem a capacidade de identificar uma condição anormal que excede um valor limite ou de *pickup* para a qual inicia uma acção de protecção quando as quantidades sentidas excedem o valor limite. A sensibilidade refere-se ao nível mínimo de operação “corrente, tensão, potência” de relés ou de esquemas de protecção.

### **d) Confiabilidade**

A confiabilidade baseia-se na certeza de uma operação correta mediante a ocorrência de uma falha, onde; os dispositivos de protecção devem operar na presença das falhas que estão dentro da zona de protecção e na segurança que mede o grau de certeza de não haver operação indesejada. Estes dispositivos não devem operar desnecessariamente para falhas fora da zona de protecção ou na ausência de faltas no sistema (ACKERMAN,2006, ANDERSON, 1999, CPFL, 2003).

O sistema de protecção deve ser seguro, ou seja, em caso de defeito ou condição anormal, a protecção nunca deve falhar ou realizar uma operação indevida. A operação incorreta ou intempestiva de um dispositivo pode ser atribuída a:

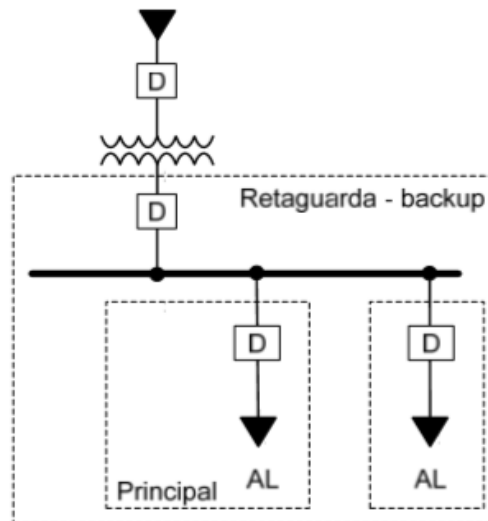
- Projecto incorreto do sistema de protecção, ajuste incorreto do relé, testes incorretos com os relés, instalação incorreta ou degradação em serviço.



**Figura 2.5:2-**Zonas de protecção principal de uma subestação

**Autor:** Fabiano Alves de Souza

Na zona de protecção principal, caso ocorra uma falha em uma determinada seção, o dispositivo de protecção responsável pela zona principal será o primeiro a sentir a corrente de curto-circuito e tentar eliminar a falha. Caso a protecção principal falhe, ou seja, estes dispositivos falhem, a protecção secundária deve actuar.



**Figura 2.5:3-**Protecção de retaguarda dos alimentadores

**Autor:** Fabiano Alves de Souza

### e) Economia

O sistema de proteção deve ter sua implantação viável economicamente, evitando-se um número excessivo de dispositivos de proteção. Quando todos ou parte desses requisitos são alcançados a proteção traz benefícios para o sistema elétrico, como:

- Diminuição de ocorrência de danos aos materiais e equipamentos (alimentadores, transformadores, instalações);
- Baixo custo de manutenção (combustíveis, transportes, mão de obra);
- Mais vida útil dos materiais e equipamentos;
- Diminuição da frequência de cortes na rede e maior disponibilidade de Serviços;
- Segurança e crescimento da empresa/ satisfação dos clientes e consumidores dos Serviços.

### 2.6. Controle, Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA)

O Controle Supervisório e Aquisição de Dados ou *Supervisory Control And Data Acquisition* (SCADA) é um sistema de supervisão à distância de processos industriais, podendo também realizar funções de operação e controle da automação, utilizando sensores e atuadores em elementos de contato com o processo e fontes das informações (ACKERMAN,2006).

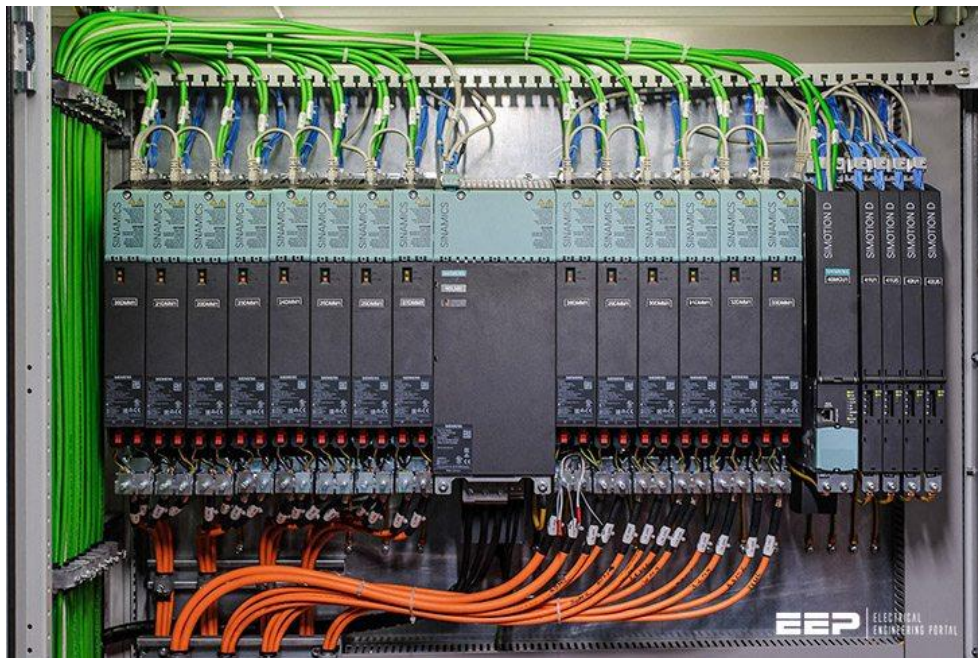
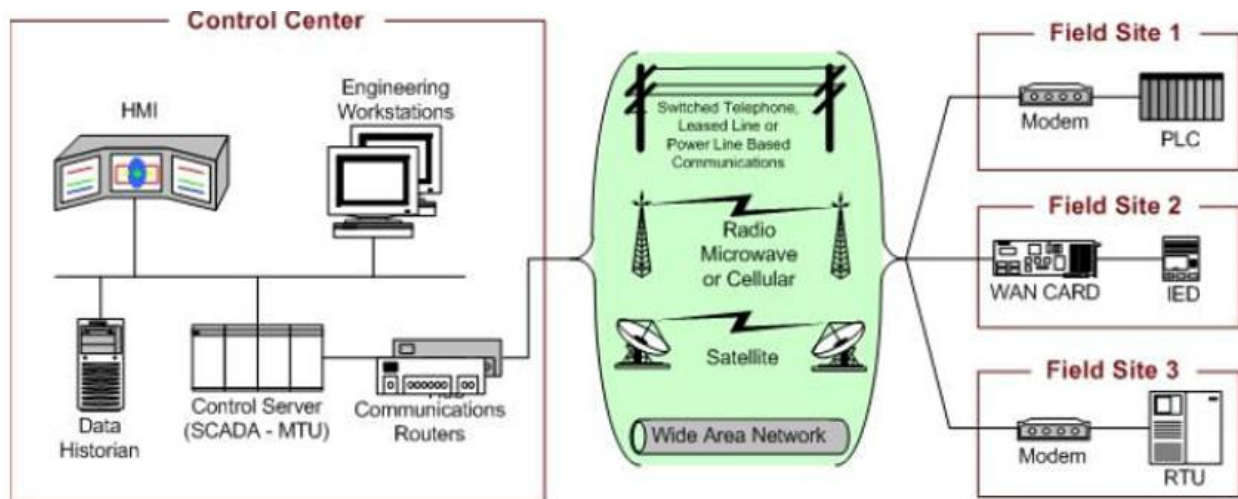


Figura 2.6:1-SCADA, DCS, PLC, RTU and Smart Instrument

Autor: Electrical Enginner Portal

Os termos SCADA, sistema de controle distribuído (DCS), controlador lógico programável (PLC), unidade terminal remota (RTU) e instrumento inteligente são muito importantes quando falamos sobre o conceito de um sistema de telemetria industrial ou automação industrial, alias sistemas de controle de falhas.

Os sistemas SCADA são projectados para colectar informações de campo, transferi-las para uma instalação central de computadores e exibir as informações para o operador gráfica ou textualmente, permitindo assim que o operador monitore ou controle um sistema inteiro de um local central em tempo real.



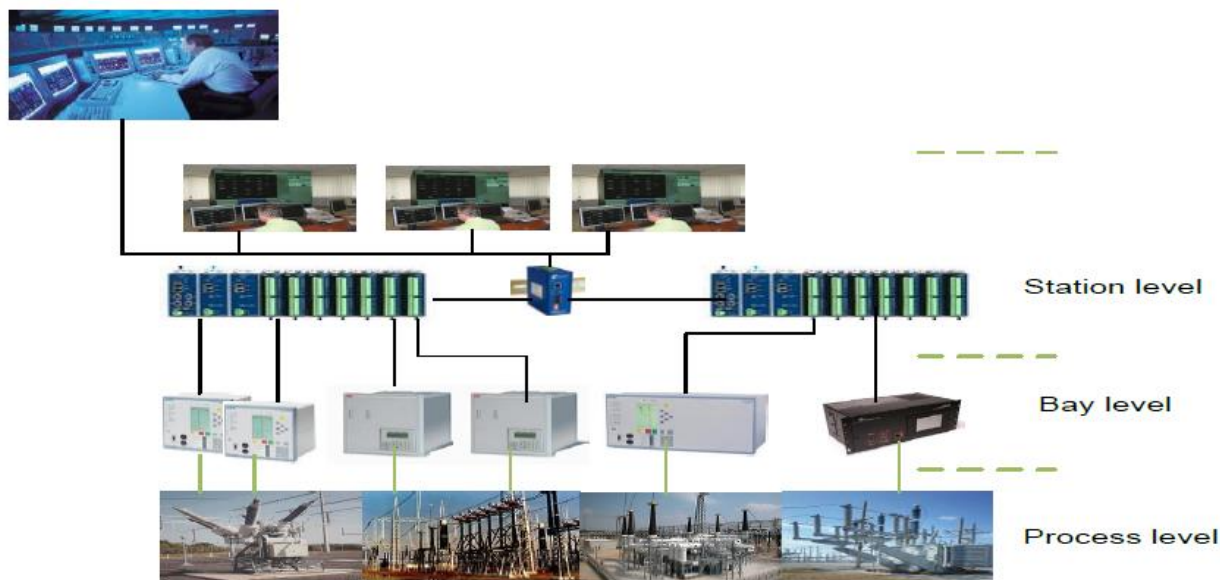
**Figura 2.6:2**-Diagrama típico de sistema SACADA

**Autor:** Fabiano Alves de Souza

Os sistemas de automação tipicamente têm uma ou mais conexões para o exterior do sistema. Conexões de comunicações comuns incluem centros de operação, escritórios de manutenção e centros de engenharia ou industrial. Um sistema SCADA executa quatro funções: Aquisição de dados; Comunicação de dados em rede; Apresentação dos dados; Controle.

O sistema SCADA interconecta dois ambientes distintos: **a subestação e o centro de operações**, sendo que; a maioria dos sistemas de automação conectam-se através do sistema SCADA tradicional servindo às necessidades de operação em tempo real da subestação que é controlada através dos centros de operações por meio de uma rede de comunicação (ACKERMAN,2006). Em um sistema SCADA mais complexo, existem essencialmente cinco níveis ou hierarquias: Dispositivos de instrumentação e controle em nível de campo; Terminais de Marshalling e RTUs;

Sistema de comunicação; As estações principais; O sistema de computador do departamento comercial de processamento de dados.



**Figura 2.6:3-**Rede SCADA com níveis de interconexão

**Autor:** Electrical Enginner Portal

As interfaces para equipamentos da subestação e fontes de conversões e comunicações completam o sistema. O ponto terminal para um sistema SCADA tradicional é uma RTU onde ocorre a interface entre a comunicação e os equipamentos da subestação.

As RTUs coletam medidas do sistema elétrico, transmitem essas medidas para um centro de operações, onde o SCADA central apresenta-as aos operadores através de uma IHM (Interface Homem-Máquina), que permite ao operador monitorar e controlar todos os parâmetros do sistema elétrico em tempo real.

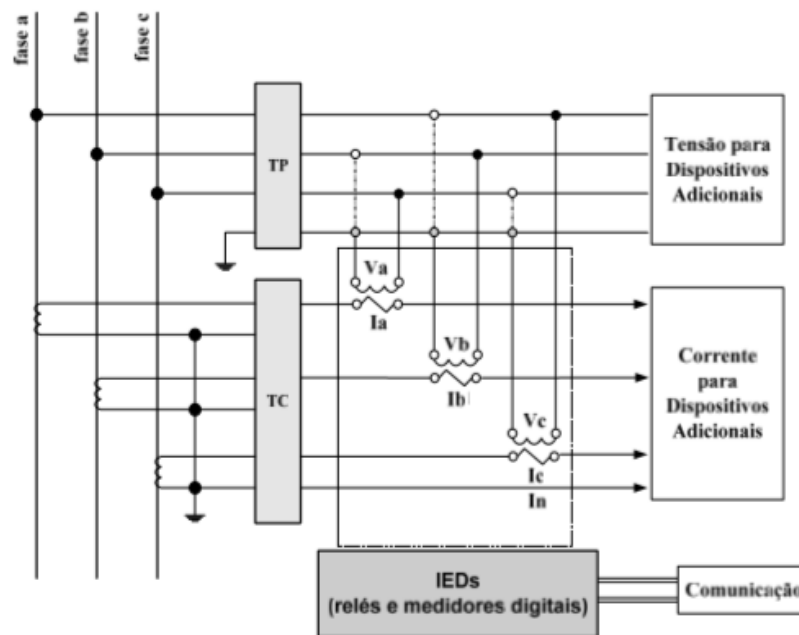
O sistema SCADA central monitora a entrada de fluxo de variáveis analógicas e bandeirola (destaca) com alertas e alarmes os valores de grandezas elétricas que estão fora dos limites preestabelecidos para alertar o operador do sistema. Este sistema são medidas que fornecem aos operadores do sistema controlarem os equipamentos da subestação, inclui:

- Disjuntores,
- Chaves seccionadoras,
- Ventilação e taps de transformadores.

Para ACKERMAN,2006, a principal função do sistema SCADA ou sistema de automação é medir as atividades dos sistemas de energia, processando as medidas e relatando os dados aos centros de operação. A fonte dos dados medidos são TPs e TCs.

Os valores de tensão e corrente medidos pelos TPs e TCs, respectivamente, são injetados em dispositivos conhecidos como IEDs (McDONALD, 2003). Estes possuem recursos valiosos capazes de disponibilizar informações importantes sobre o sistema, seja ela operacional ou não operacional, necessárias a muitos grupos de usuários dentro da concessionária de energia em um ambiente integrado. O desafio da gestão de redes electricas é determinar um padrão de integração que possa vir ao encontro com suas necessidades específicas.

Os IEDs são definidos como qualquer dispositivo incorporando um ou mais processadores com capacidade de receber ou transmitir dados/controles de/ou para uma fonte externa (medidores multifuncionais eletrônicos, relés digitais, Controladores Lógico Programáveis (CLP) (McDONALD, 2003).



**Figure 2.6:4**-Esquema de ligação de TPs/TCs e IEDs

**Autor:** ACKERMAN,2006 e McDONALD, 2003).

Com a ascensão do uso de IEDs e o desenvolvimento de RTUs mais modernas a tendência destas é não mais ser dispositivos de medição. Em sistemas de automação actuais as RTUs podem executar a função de colecta de dados de IEDs.

### 2.6.1. Controlador Lógico Programável (CLP)

Desde o final da década de 1970, os PLCs (*Programmable logic controller*) substituíram relés conectados por uma combinação de software *ladder-logic* e módulos de entrada e saída eletrônicas de estado sólido. Eles são frequentemente usados na implementação de uma SCADA RTU, pois oferecem uma solução de hardware padrão (ACKERMAN, 2006 e McDONALD, 2003).

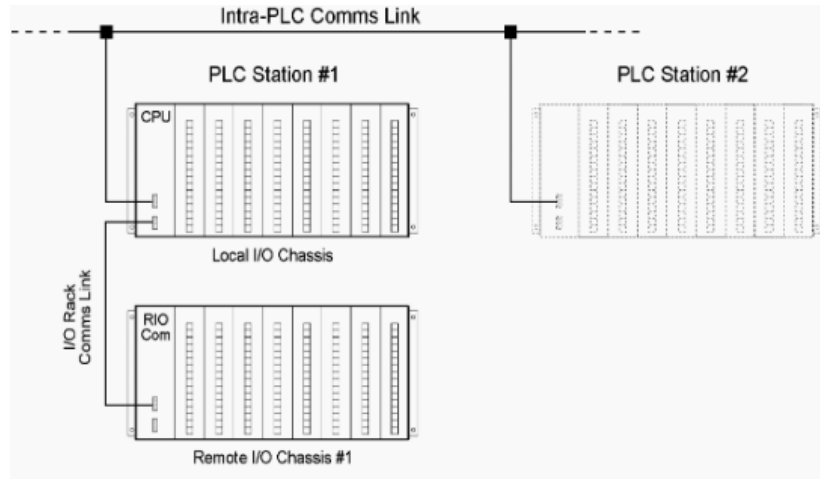


Figura 2.6:5-Diagrama de blocos de um PLC

Autor: Electrical Engonner Portal

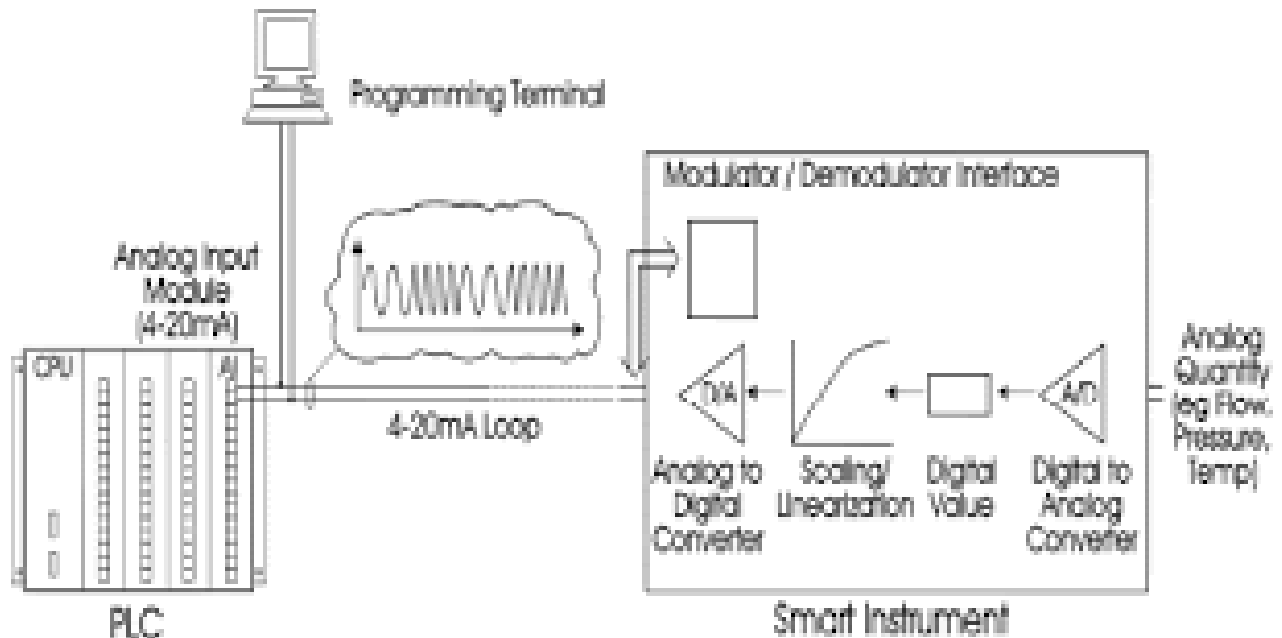
Outro dispositivo que deve ser mencionado em termos de integridade é o instrumento inteligente com o qual os PLCs e os sistemas DCS podem interagir.

### 2.6.2. Relés Digitais ou dispositivos Inteligentes

O Relé é definido como sendo um dispositivo sensor que comanda a abertura do disjuntor quando surgem, no sistema elétrico protegido, condições anormais de funcionamento, com o objectivo de:

- Proteger o Sistema Elétrico de Potência;
- Identificar defeitos;
- Vigiar o Sistema Elétrico;
- Alertar a quem opera o sistema em casos da ocorrência de falhas;
- Enviar um sinal para abrir os disjuntores se for o caso.

Embora esse termo às vezes seja mal utilizado, normalmente significa um sensor de medição digital inteligente baseado em microprocessador com comunicação de dados digitais fornecida a algum painel de diagnóstico ou sistema baseado em computador.



**Figure 2.6:6-**Dispositivos Inteligentes

**Autor:** (McDONALD, 2003)

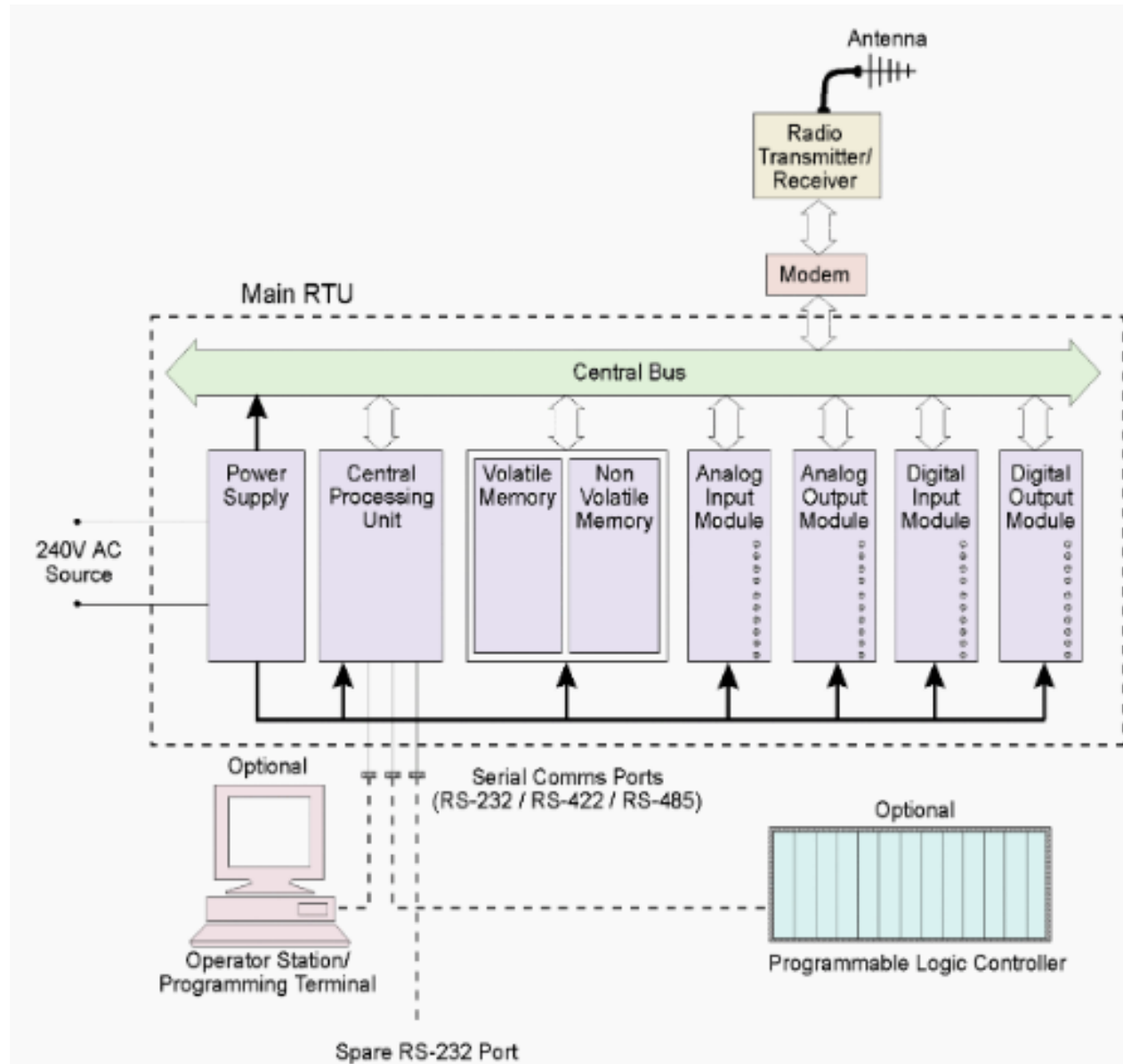
Portanto, pode se concluir que os sistemas DCS, PLC e IED's são componentes do conceito básico do SCADA.

### 2.6.3. RTU-Unidade Remota de Telemetria

Uma RTU (às vezes chamada de unidade remota de telemetria), como o título indica, é uma unidade autônoma de aquisição e controle de dados, geralmente baseada em microprocessador, que monitora e controla equipamentos em algum local remoto da estação central.

Geralmente tem a facilidade de ter seus programas de configuração e controle baixados dinamicamente de alguma estação central. Há também um recurso para ser configurado localmente por alguma unidade de programação RTU.

RTUs de tamanho pequeno geralmente têm menos de 10 a 20 sinais analógicos e digitais, RTUs de tamanho médio têm 100 entradas digitais e 30 a 40 analógicas. UTRs, com uma capacidade maior que isso, podem ser classificadas como grandes.



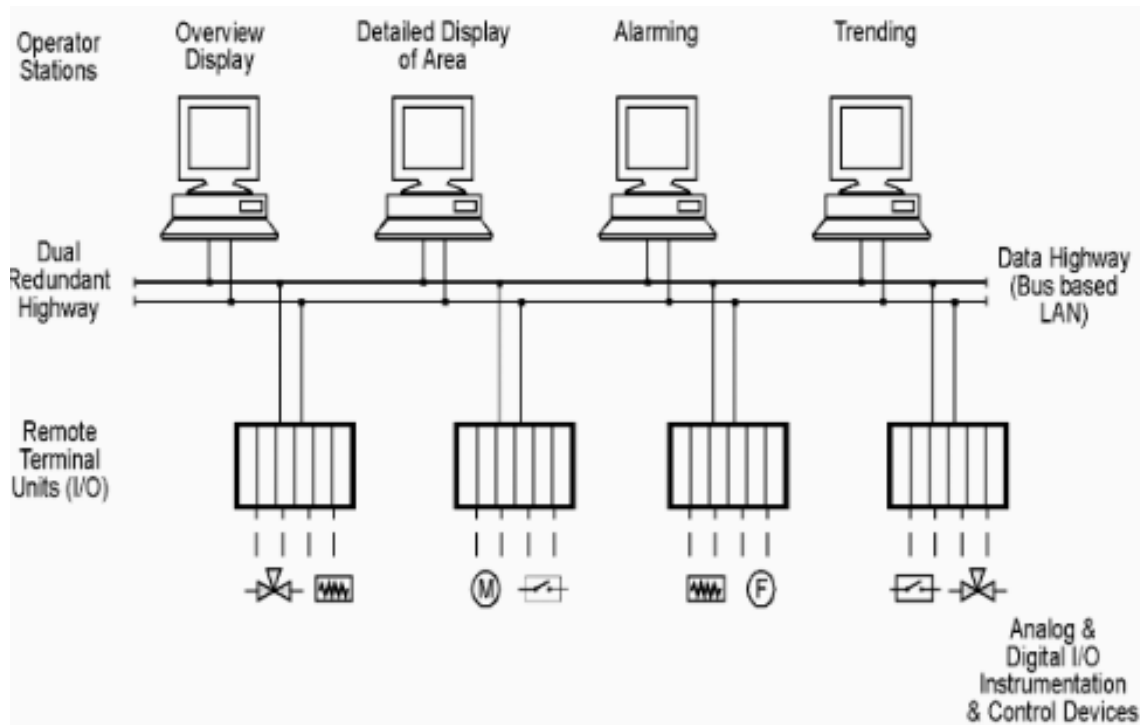
**Figura 2.6:7-**Estrutura de típica em hardware de RTU

Autor: McDONALD, 2003

Equipamento típico que compõem o sistema de RTU, são: Processador de controle e memória associada, Entradas analógicas, Saídas analógicas, Contador de entradas, Entradas digitais, Saídas digitais, Interface (s) de comunicação, Fonte de energia, Rack e gabinete RTU.

### 2.6.4. Sistemas Distribuídos

Em um DCS, as funções de aquisição e controle de dados são executadas por várias unidades distribuídas baseadas em microprocessador, localizadas próximas aos dispositivos que estão sendo controlados ou ao instrumento a partir do qual os dados estão sendo coletados.



**Figura 2.6:8-**Rede típica em estrutura distribuída

**Autor:** Electrical Engineering Portal

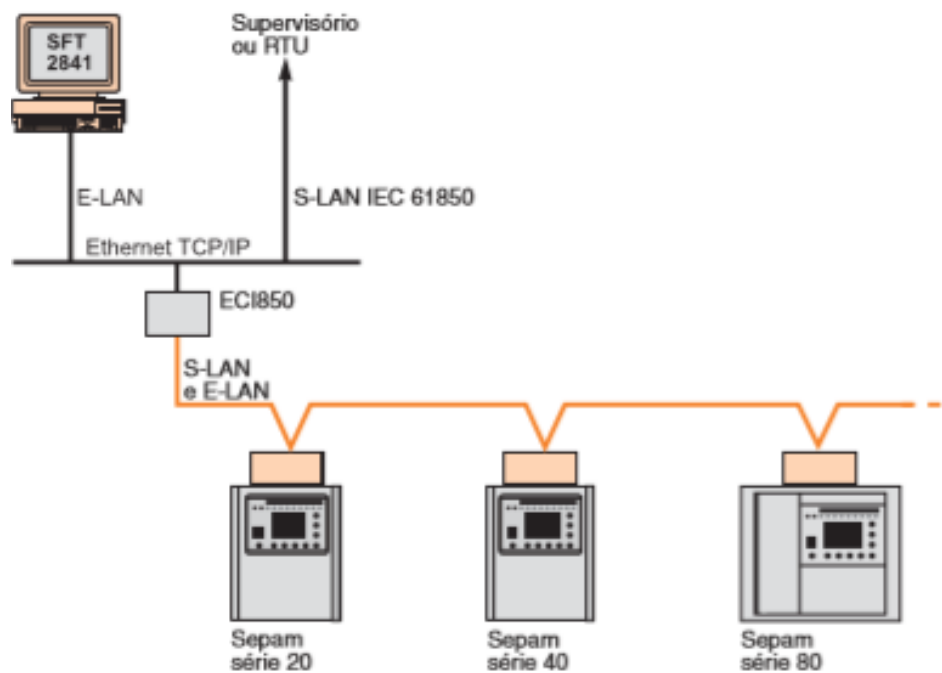
Os sistemas DCS evoluíram para sistemas que oferecem capacidade de controle analógico muito sofisticado, com um conjunto estreitamente integrado de interfaces do operador (ou interfaces homem-máquina) é fornecido para permitir configurações fáceis do sistema e controle do operador.

A via de dados normalmente é capaz de transportar velocidades razoavelmente altas (normalmente de 1 Mbps a 10 Mbps).

## 2.6.5. Arquitetura dos Sistemas de Controle de Falhas

### a) Arquitetura Pipeline

A arquitetura pipeline é um tipo de arquitetura em que dois ou mais programas podem ser executados de forma coordenada de modo que a saída de cada um é redirecionada como entrada do próximo. Assim, o conjunto dos programas que são executados desta forma passa a se comportar como um novo programa, com a entrada direcionada ao primeiro programa e a saída vindo do último (ANDRÉ, 2008).



**Figura 2.6:9-**Arquitetura da rede

**Autor:** Schneider Electronics

Desta forma combina-se a ação de vários executáveis binários de forma fácil e flexível, ao invés de modificar e recompilar os respectivos programas, ou mesmo escrever novos programas para as tarefas que se queira realizar. Esta arquitetura aumenta a velocidade de processamento (ANDRÉ, 2008).

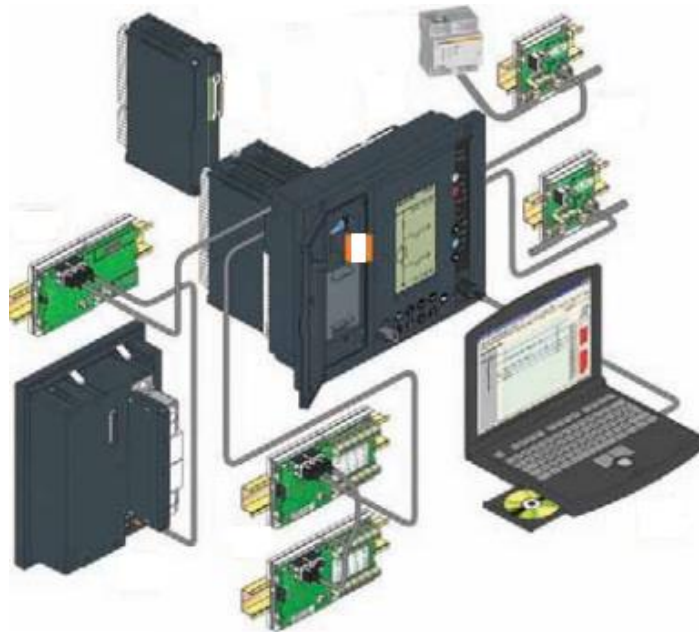
A disponibilidade das funções de ajuste remoto na rede de comunicação S-LAN depende do protocolo de comunicação utilizado. Todas as funções de ajuste remoto são disponíveis na rede de comunicação E-LAN utilizando o software SFT2841.

### b) Arquitetura superescalar ou distribuída

Uma arquitetura superescalar é aquela que permite ter várias instruções nas quais cada instrução pode ser iniciada simultaneamente e executadas independentemente (ANDRÉ, 2008).

Esta arquitetura inclui todas as características do pipeline, com a diferença que possui instruções que podem estar executando no mesmo estágio do pipeline, ou seja, em linhas pipeline diferentes. Uma característica necessária da arquitetura superescalar é de iniciar múltiplas instruções no mesmo ciclo de relógio.

No projecto foi utilizada a arquitetura do tipo superescalar com o tratamento de dados na forma paralela, visando aumentar a velocidade de processamento dos dados.



**Figura 2.6:10-**Arquitectura Superscalar

**Autor:** Schneider Electronics

Baseados em dados disponíveis de uma SE real, mostra-se uma modelo de conexão para desenvolver projecto do sistema para detenção de falhas na forma de hardware, usando informações provenientes da saída de alimentadores em subestações de distribuição.

Na realização de uma arquitectura em FPGA, procura-se a forma mais adequada e uma arquitectura de circuito que optimize as respostas dos sinais e a área de utilização no dispositivo baseados em reles separam modelo Schneider.

### **2.6.6. Vantagens de Sistema**

- Lógica de sequência;
- Controle de *loop* analógico e relação e número de pontos analógicos para digitais;
- Estações de controle remoto;
- Confiabilidade / disponibilidade;
- Velocidade das comunicações / tempo de atualização / taxas de varredura do sistema;
- Redundância do sistema;
- Capacidade de expansão.

### **2.7. Protocolos de Comunicação em Sistemas Eléctricos**

A interoperabilidade é um dos requisitos importantes, por possibilitar a dois ou mais sistemas trocarem informações, gerando dessa forma, uma certa independência de um determinado fornecedor (Johan Nyberg, IEE).

Para que esse requisito seja verdadeiro, é necessário o estabelecimento de padrões de Protocolos de comunicação, o qual é composto pelas interfaces e meios de conexão entre os sistemas em nível físico (interface elétrica e mecânica) e em nível lógico (protocolo de acesso ao meio, protocolo de enlace, protocolo de rede, protocolo de transporte, protocolo de sessão e protocolo de aplicação).

A utilização de um protocolo de comunicação baseado em normas ou padrões de aceitação geral (domínio público) vem a possibilitar a independência de um determinado aplicativo (Johan Nyberg, IEE).

O passo determinante para que um protocolo se torne um padrão é a sua especificação se tornar pública e sustentada por um fórum independente e autônomo que reúna todas as classes (fornecedores, usuários, consultores, certificadores, etc.). Para o atendimento a essa necessidade, está sendo introduzido o *Distributed Network Protocol* (DNP v.3.0), com vista a suprir as necessidades de comunicação em sistemas tipo mestre-escravo (*master slave*) aplicados no processo de supervisão e controle do sector de energia elétrica.

O DNP 3.0 é baseado na norma internacional DEC 870-5, que define um protocolo de comunicação de três camadas *Enhanced Performance Architecture* (EPA), de acordo com o modelo *Open System Interconnection* (OSI) da *International Standardization Organization* (ISO), orientados a equipamentos e sistemas de controle (Johan Nyberg, IEE).

As características listadas a seguir toma o DNP um protocolo aplicável a arquiteturas abertas de sistemas distribuídos associados a área de energia elétrica:

- a) **Transferência de blocos de dados:** suporta a transferência de blocos de dados com até 2 kbytes, através das funções da camada de transporte. Esta capacidade permite a transferência de tabelas de configuração, informação de prioridades e algoritmos de controle entre o mestre e os escravos.
- b) **Tipos de mensagens:** suporta mensagens com ou sem confirmação, permitindo uma orientação à confiabilidade, no caso de mensagens com confirmação, ou orientação ao desempenho, no caso de mensagens sem confirmação.
- c) **Arquitetura mestre-escravo ou *slave*:** permite o relacionamento síncrono através de operação por varredura e relacionamento assíncrono através de respostas não solicitadas, de iniciativa das estações escravas.
- d) **Modos de endereçamento:** suporta três modos de endereçamento, sendo:
  - Independentes para mestre-escravos, permitindo a operação seletiva de vários mestres e escravos;
  - De grupo, permitindo a seleção de lista de pontos;
  - *Broadcasting*, permitindo a difusão dos dados.
- e) **Protocolos CSMA:** define a utilização do protocolo CSMA (*Carrier Sense Multiple Access*), para disciplinar o acesso ao meio físico, permitindo o seu compartilhamento.
- f) **Tempo de propagação das mensagens:** define o procedimento para o cálculo do tempo de propagação das mensagens, permitindo desta maneira a sincronização dos relógios dos vários equipamentos do sistema.

- g) **Algoritmo CRC:** define a utilização de um algoritmo para CRC (*Cyclic Redundancy Code*), que proporciona uma alta segurança nos dados, equivalente à distância de *hamming* 6, o que garante que a ocorrência de cinco erros em nível de *bit* em cada bloco de 128 bits é seguramente detectada. Com isto, atende ao nível de integridade, com taxa de bit de erros menor ou igual a  $10E-4$ , definida da IEC - 870-5. O tempo médio entre os erros não detectados numa condição de um *frame* com 100 bits, com taxa de transmissão de 1200 bits/seg e com uma taxa de erro de  $10E-4$  levada a efeito por ruído, é igual a 260 000 anos.
- h) **Congelamento:** tem a capacidade de congelar dados em um determinado instante por um intervalo de tempo, permitindo que se obtenha dados de um escravo referenciado a um determinado instante.
- i) **Níveis de prioridade:** suporta o estabelecimento de priorização das mensagens, permitindo o estabelecimento da hierarquia de mensagens.
- j) **Registro de tempos:** suporta a associação de tempo aos dados transmitidos, permitindo o trânsito de mensagens com dados de SOE (*Sequency Operation Event*).
- k) **Objetos de dados:** define vários objetos de dados orientados para a necessidade do setor de energia, tais como: entrada binária; saída binária; contador; entrada analógica; saída analógica; tempo. Como estes objetos são definidos quanto à sua formatação e interpretação, é possível a portabilidade de dados entre os vários equipamentos, sem a necessidade de tradutores.
- l) **Arquitetura EPA:** adota o modelo de arquitetura EPA (*Enhanced Performance Architecture*), definido pela ISO, o que possibilita um alto desempenho e sua aplicação em equipamentos de pequeno porte. Uma implementação mínima do DNP utiliza aproximadamente 5 kB de memória e pouca capacidade de processamento.
- m) **Capacidade de endereçamento:** tem a capacidade de endereçar até 65.536 mestres e 65.536 escravos, permitindo uma grande diversidade de equipamentos. Também tem a capacidade de endereçar diretamente 4.294.967.296 pontos (equivalente a capacidade de endereçamento de 32 bits),
- n) **Independência do meio de comunicação:** tem a capacidade de operar sobre todos os meios de comunicação típicos dos sistemas de supervisão e controle, tais como: rádio; fibra

óptica; par metálico; cabo coaxial e outros. Além disso, a camada de aplicação pode ser utilizada com outras camadas de enlace ou física, como redes de pacotes e sistema *trunk* de rádio, permitindo uma grande flexibilidade na sua utilização.

- o) **Frame FT3**: adopta o formato de frame FT3 definido na IEC 870-5, que lhe proporciona uma alta taxa de transferência de dados, com uma eficiência de 78 %. A eficiência é a razão entre a parcela do frame que contém

O protocolo de comunicação DNP 3.0 possui a função de transporte em conformidade com a ISO/OSI.

## **2.8. Normas, Padrões e Protocolos**

As Normas e Padrões, definem os protocolos de telecomando, tais como, interfaces entre equipamentos, padrão de camadas, entre outros, afim de demonstrar uma visão da automação industrial, utilizando-se o estado da arte na área elétrica, especificamente o Padrão IEC 61850, que é o responsável pela simplificação e potencialização dos controles nos sistemas eletricidade de potência actualmente (Nilo Felipe Baptista de Mello, 2006).

O Padrão IEC 61850 é um Padrão de Comunicação entre dispositivos de um Sistema Elétrico, que suporta diversos protocolos e podem ser executados em redes TCP/IP (Ethernet), trabalham com mapeamentos padrões MMS (*Manufacturing Message Specification*), GOOSE (*Generic Object Oriented Substation Event*), SV (*Sampled Variables*) e *WebServices*.

- a) Vantagens no uso deste padrão:
  - o Interoperabilidade entre diversos fabricantes de dispositivos;
  - o Facilidade configuração, os blocos são padrões de informações e endereçamentos;
  - o Infraestrutura padrão, utiliza-se principalmente o Padrão Ethernet;
  - o Redução de custos engenharia, comissionamento e partida são mais rápidos.

**b)** As principais funções, mas não somente estas, podemos listar abaixo, perfazendo um sistema elétrico:

- Supervisão, Operação e Proteção dos circuitos elétricos de potência;
- Comando de despachos de carga;
- Controle de demanda;
- Operação de importação e exportação de energia elétrica;
- Análise de transiente, falhas, distúrbios e desligamentos.

Importa realçar que os sistemas de automação de subestações de Energia Elétrica modernos são implementados com Arquiteturas de Sistemas Abertos, baseados em processamento distribuído, possibilitando um crescimento modular e atualização a baixos custos.

A interface gráfica, os protocolos de comunicação e o gerenciamento da base de dados devem idealmente seguir padrões de domínio público. Como os gerenciadores das bases de dados não foram desenvolvidos para operarem em tempo real, deve-se utilizar máquinas de elevado desempenho.

O gerenciamento eficiente da rede de nós independentes de um sistema aberto é de vital importância para a interoperabilidade, logo, as entidades internacionais tem procurado recomendar os protocolos de comunicação a serem utilizados em cada um dos níveis de comunicação.

Para (Nilo Felipe Baptista de Mello, 2006) a norma IEC 61850 possibilitou padronização e facilidade de engenharia, e reformas em novos projetos, devem suportar integração (convergência) de controle do processo e automação elétrica;

Neste capítulo foram apresentadas teorias relacionadas ao controle de falhas em sistema de distribuição de energia elétrica, nos quais fornecem toda a base para a compreensão e motivação do desenvolvimento de um sistema para detecção de falhas em redes elétricas.

## **CAPITULO III: METODOLOGIA**

Aqui serão descritas as metodologias, técnicas, procedimentos e instrumentos de recolha de dados para a realização deste trabalho.

Sempre que se pretende fazer uma pesquisa ou trabalho científico, deve-se definir duma forma minuciosa todos os procedimentos e etapas do estudo que se pretende alcançar. Assim sendo, este conjunto de detalhes dá a chamada metodologia da pesquisa.

Segundo Diehl e Tatim (2004, p. 98) “na metodologia devem ser claramente descritos os procedimentos que serão utilizados na pesquisa”.

Para Bello (2007, p. 20), a metodologia é “a explicação minuciosa, detalhada, rigorosa e exacta de toda acção desenvolvida no método (caminho) do trabalho de pesquisa”

### **3.1. Tipos de pesquisa**

Neste caso específico, o autor procura entender ou buscar soluções para melhorar o sistema de controle de falhas na rede eléctrica de Porto, portanto; entende-se que a pesquisa é qualitativa. De acordo com Minayo (2010 apud MARTINS; RAMOS, 2013, p. 10), “a pesquisa qualitativa busca questões específicas e pormenorizadas, preocupando-se com um nível da realidade que não pode ser mensurado e quantificado”.

### **3.2. Quanto a Objectivos**

Tomando em conta os níveis de pesquisa, considera-se que neste trabalho é usada a pesquisa explicativa. Segundo Gil (2002, p.42), a pesquisa explicativa é aquela que tem como preocupação central identificar os factores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenómenos.

Este é o tipo de pesquisa que mais aprofunda o conhecimento da realidade, porque explica a razão, ou a necessidade de integrar um sistema de controle de falhas para auxiliar os técnicos na tomada de decisão.

### **3.2.1. Pesquisa Tipo Entrevista**

Segundo Lakatos e Marconi (2002, p. 194), “a entrevista é um encontro entre duas pessoas, a fim de que uma delas obtenha informações a respeito de determinado assunto, mediante uma conversação de natureza profissional”.

Para Goode e Hatt (1969:237), a entrevista “consiste no desenvolvimento de precisão, focalização, fidedignidade e validade de certo acto social como a conversação”.

Trata-se, pois, de uma conversação efectuada face a face, de maneira metódica; proporcionando ao entrevistado, verbalmente, a informação necessária.

Portanto, para padronizar a entrevista usada neste trabalho, foi elaborado um formulário, com uma linguagem técnica focalizando essencialmente no problema de falhas electricas.

### **3.2.2. Pesquisa Bibliográfica**

Para Manzo (1971, p. 32), a bibliografia pertinente “oferece meios para definir, resolver, não somente problemas já conhecidos, como também explorar novas áreas onde os problemas não se cristalizaram suficientemente” e tem por objectivo permitir ao cientista “o reforço paralelo na análise de suas pesquisas ou manipulação de suas informações” (Trujillo, 1974, p. 230).

Dessa forma, a pesquisa bibliográfica não é mera repetição do que já foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas propicia o exame de um tema sob novo enfoque ou abordagem, chegando a conclusões inovadoras.

Segundo Lakatos e Marconi (2003, p. 182), “a pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo”.

### **3.2.3. Pesquisa Exploratória**

Com base nos objetivos elencados no início deste trabalho, foi adotado o método de pesquisa exploratória-descritiva, pois é feita uma descrição e análise da forma como é computada a jornada de trabalho dos técnicos na dectenção e controle de falhas.

A pesquisa exploratória estabelece critérios, métodos e técnicas para a elaboração de uma pesquisa e visa oferecer informações sobre o objecto desta e orientar a formulação de hipóteses (CERVO E SILVA, 2007).

Os estudos exploratórios buscam descobrir ideias e intuições na tentativa de obter maior conhecimento com o fenômeno pesquisado.

Segundo Gil (1999), a pesquisa exploratória tem como objectivo principal desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores. Segundo o autor, estes tipos de pesquisas são os que apresentam menor rigidez no planeamento, pois são planeadas com o objectivo de proporcionar visão geral, de tipo aproximativo, acerca de determinado facto.

No estudo aqui proposto, a pesquisa exploratória se faz presente por haver uma necessidade de ampliar a familiarização do tema abordado com o pesquisador, já que imprescindível se faz o aprimoramento de ideias em busca de novas respostas, visando identificar também as causas dos problemas pesquisados.

#### **3.2.4. Pesquisa Descritiva**

A finalidade da pesquisa descritiva é observar, registrar e analisar os fenômenos ou sistemas técnicos, sem, contudo, entrar no mérito dos conteúdos. Na pesquisa descritiva realiza-se o estudo, a análise, o registro e a interpretação dos fatos do mundo físico sem a interferência do pesquisador. (BARROS E LEHFELD, 2007).

Segundo Gil (1999), as pesquisas descritivas têm como principal finalidade a descrição das características de determinado fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis.

Já Castro (1976) considera que a pesquisa descritiva apenas captura e mostra o cenário de uma situação:

Quando se diz que uma pesquisa é descritiva, se está querendo dizer que se limita a uma descrição pura e simples de cada uma das variáveis, isoladamente, sem que sua associação ou interação com as demais sejam examinadas (CASTRO, 1976).

Trazendo à realidade do trabalho aqui desenvolvido, a pesquisa descritiva é utilizada para demonstrar as variáveis do objecto de estudo, que é o controle de falhas em redes eléctricas. Utilizando este método, podem-se descrever as mudanças vislumbradas com as implantações a serem feitas, além de possibilitar uma vasta visão acerca das mudanças nos processos.

A coleta de dados é predominantemente descritiva, pois o material obtido nessa pesquisa é rico em descrições das situações, acontecimentos e hipóteses. Todos os dados são extremamente importantes, pois o processo é muito importante, assim como o resultado.

### **3.2.5. Pesquisa Participante**

Por fim, é possível dizer que a pesquisa também é participante, afinal, caracteriza-se pelo envolvimento e identificação do pesquisador. A pesquisa participante foi criada por Bronislaw Malinowski: para conhecer os nativos das ilhas Trobriand, ele foi se tornar um deles. Rompendo com a sociedade ocidental, montava sua tenda nas aldeias que desejava estudar, aprendia suas línguas e observava sua vida quotidiana (FONSECA, 2002).

Durante a elaboração deste trabalho, o autor participou nas actividades do dia a dia na manutenção que caracterizaram o ambiente envolvente no diagnóstico de falhas na operação do porto em redes eléctricas.

### **3.3. Técnica de recolha de dados**

#### **3.3.1. Entrevista**

Para Goode e Hatt (1969:237), a entrevista “consiste no desenvolvimento de precisão, focalização, fidedignidade e validade de certo acto social como a conversação de natureza profissional”.

Para o desenvolvimento e validação dos resultados de pesquisa, foi elaborado um formulário para a entrevista dos técnicos focalizado no controle e detenção de falhas. A entrevista baseou na escolha aleatória e profissional dos técnicos afectos na área de manutenção de redes electricas.

#### **3.3.2. Universo**

Segundo Marconi e Lakatos (2003:223) “universo ou população é o conjunto de seres animados ou inanimados que apresentam pelo menos uma característica em comum”.

O Porto de nacala é uma industria que tem como negócios manuseio de carga contentorizada e geral, baseada nas relações com vários agentes de navegação, com e sem escritórios no Porto estes trabalham para o mesmo objectivo.

De forma que se atinja os objectivos, é necessário que o sistema electrico seja fiável e garanta o fornecimento ininterrupta de energia eléctrica a todos consumidores e ao porto no geral.

Neste contexto, o universo para este trabalho, considera se todos clientes e publico em geral que beneficia dos serviços, tendo em conta este universo que se beneficia de toda da cadeia logística e do desenvolvimento das actividades, foi retirada uma amostra que vai responder as questões técnicas ligadas com as falhas de energia no Porto.

#### **3.3.3. Amostra**

Para Lakatos e Marconi (2003:224), “O problema da amostragem é, portanto, escolher uma parte (ou amostra), de tal forma que ela seja a mais representativa possível do todo e, a partir dos resultados obtidos, relativos a essa parte, poder inferir, o mais legitimamente possível, os resultados da população total”.

A amostragem é a técnica para obter uma amostra de uma população em estudo e amostra é uma parte da população escolhida para fazer um determinado estudo ou um subconjunto representativo da população com dimensão bem menor, que também possui a característica de interesse. De acordo com a abordagem teórica acima, nesta pesquisa será usado o modelo de amostragem aleatória simples.

Amostragem aleatória simples é um processo onde cada elemento tem probabilidade conhecida e idêntica à dos outros elementos, de ser seleccionado para fazer parte da amostra.

<b>Ordem</b>	<b>Número</b>	<b>Empresa</b>	<b>Pessoas abrangidas pela pesquisa por entidade</b>
1	1	PN	Técnicos de Manutenção
2	1	Nectar	Operador Privado do Porto
3	1	TN	Serviços de Estivadores e aluguer de equipamentos
4	1	CDN	Serviços Marítimos
5	1	CFM	Serviços Gerais

**Tabela 3.3:1** Distribuição da amostra

**Autor:** Milione Fenias Changala

## CAPITULO IV: ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo será feita análise e interpretação de dados colhidos para o desenho de sistema de controle de falhas proposto.

### 4.1. Estado actual da rede e do sistema de controle de falhas de Porto de Nacala

A rede electrica do porto é alimentado a partir de um ramal da EDM com o nível de tensão de 11KV e que a rede de distribuição dentro do porto é composta por quatro (4) subestações de 11/6.6/0.4/0.23KV/50Hz que alimenta dentre as cargas, edifícios administrativos, Torres de Iluminação, edifício de Sistema de Combate aos Incêndios e com sistema de backup garantido por cinco (5) grupos eletrogéneos localizados nos centros de cargas.

DIAGRAMA DA REDE DE MÉDIA TENSÃO DO PORTO DE NACALA

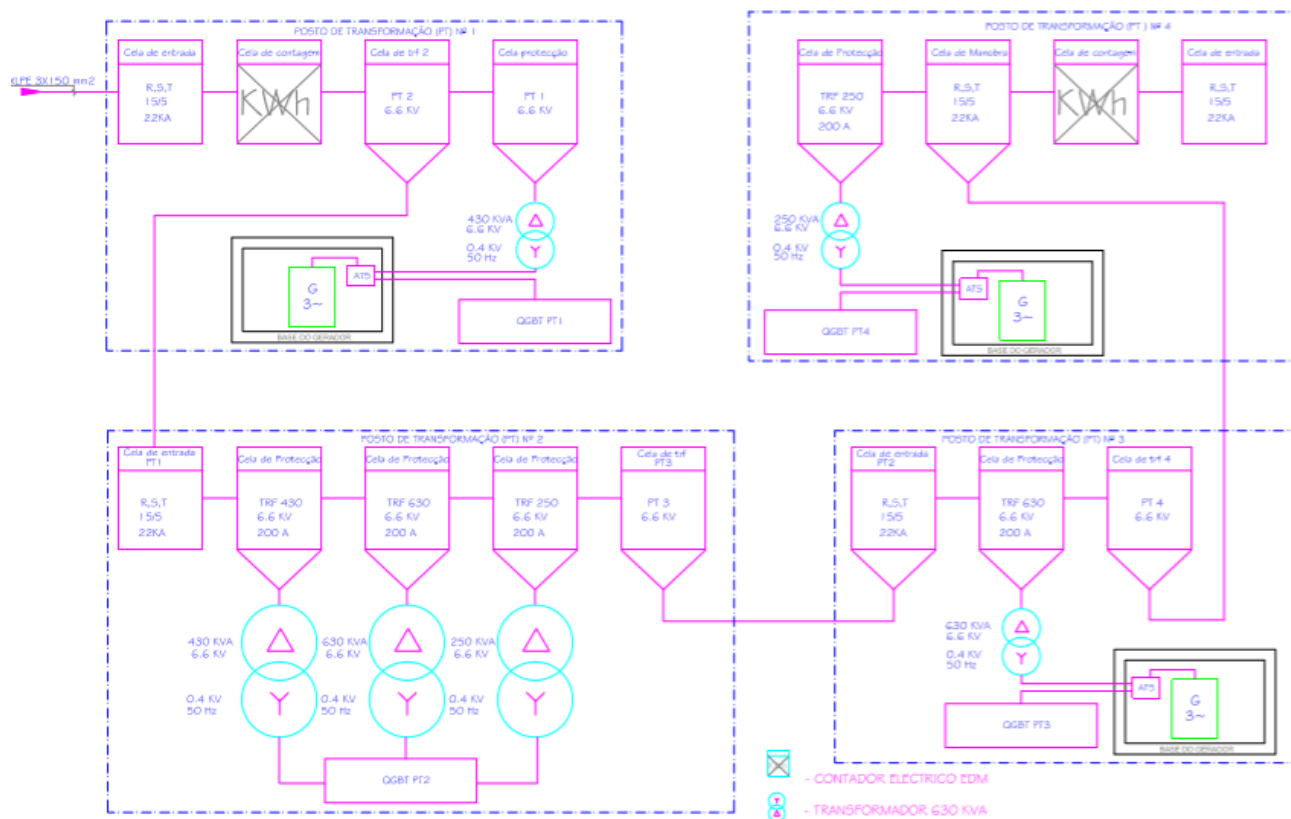


Figura 4.1:1-Diagrama de blocos da rede do Porto

Autor: Milione F. Changala

Com o desenvolvimento de pais e de sistemas, o porto prevê a integração de novos equipamentos para manuseio de carga contentorizada nos cais e nos terminais. Estes equipamentos, alimentados a partir de da rede com a potencia de 6.6 KV e com acapacidade de 1750 KVA, compostos de sistemas automáticos que interpreta vários dados e sendo que ha necessidade de fazer o controlo e monitoramento para permitir a intervenção dos técnicos a partir da sala única.

#### 4.1.1. Causas e tipos de falhas na rede de Porto

As constantes falhas permanentes na rede electrica são devidos a interrupção de cabos provocado pela circulação de camiões, descargas atmosféricas, e o estado obsoleto das instalações. Estas falhas, provocam na sua maioria avarias do tipo curto circuito e queima ou acionamento de elementos de protecção (Fusíveis e disjuntores) assim como causadas pela sobrecarga devido ao aumento desproporcional de cargas e sem verificar as capacidades da rede.

Item	Tipo de falhas	Falha Percentual %	Falhas Permanentes %	Falhas Temporarias %
01	Trifásicas	7	95	5
02	Bifásicas	11	70	30
03	Fase Neutro	79	20	80
	Outras	3	-	-

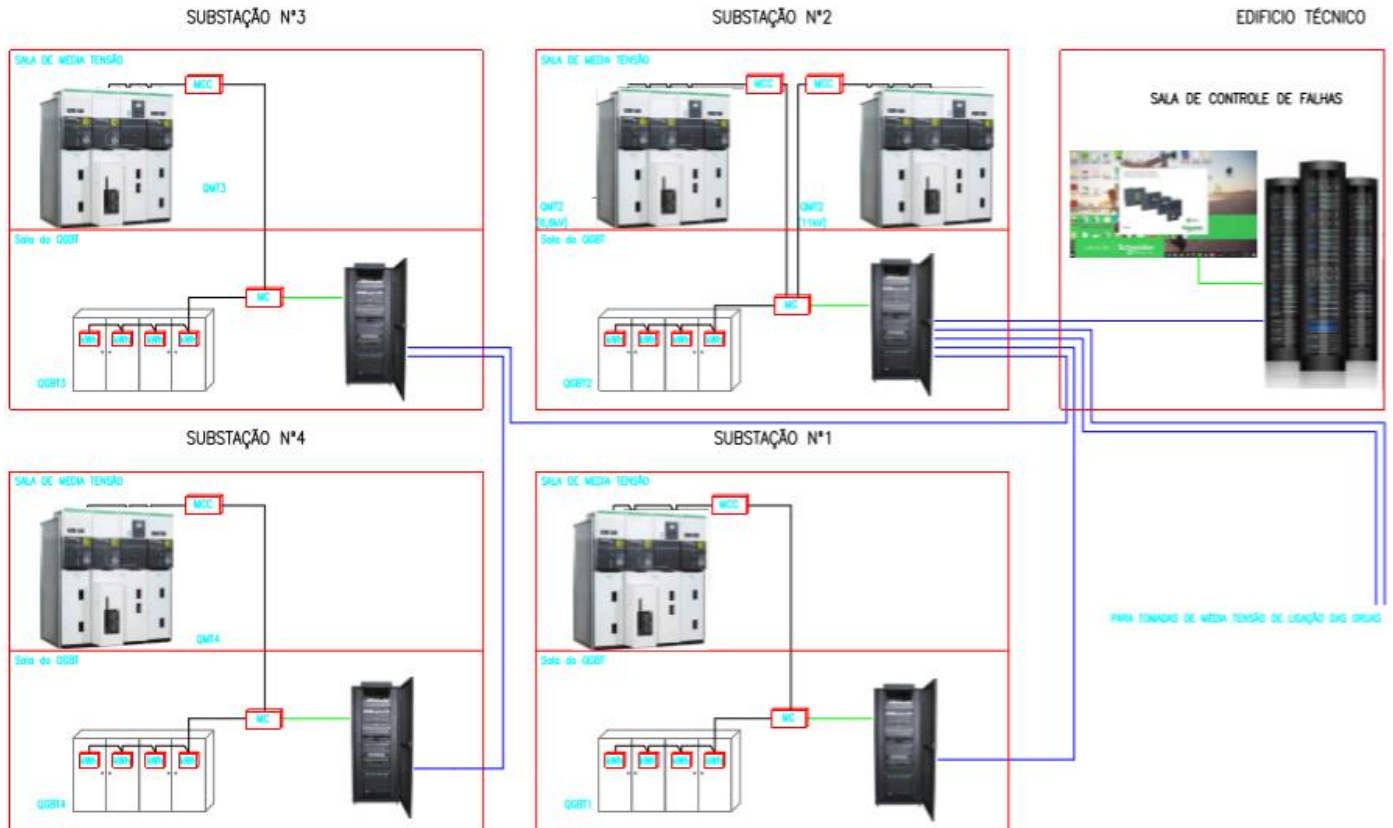
**Tabela 4.1:**1Dados estatísticos de ocorrência de falhas em redes eléctricas

**Autor:** Milione F. Changala

#### 4.2. Proposta de Sistema de Controle de Falhas

O projecto consiste em criar uma plataforma da rede de telecomunicações para incorporar/ integrar em cada unidade da subestação relés digitais para a dectenção e controlo de falhas com varias funções, interligados através de uma rede de dados para envio das as informações necessárias em tempo real sobre as condições dos principais equipamentos de média e baixa tensão, consumo de energia, alertas de falhas e alarmes de incêndio.

A cablagem de telecomunicações para a interligação entre as subestações são do tipo: 24FO SM 50/125, OS2 e 12FO SM 50/125, OS2 para equipamento Guindastes de Cais, com terminações e conversores em armários (Racks) de telecomunicações de 19”, 32U, piso.



**Figura 4.2:1-**Rede de distribuição e localização de equipamentos

**Autor:** Milione F. Changala

Este sistema utilizará os cabos considerados no sistema de telecomunicações, criando uma solução integrada. O Sistema de controle incluirá uma estação de trabalho principal a ser instalada no edifício técnico e nas oficinas, com software fornecido pelo fabricante de tipos de reles selecionados para o projecto.

Neste projecto optou-se por usar portas dos reles separam para fazer a comparação, observando as igualdades bit a bit entre os bancos de padrões de pré-falhas através de microprocessadores incorporados e as informações coletadas em tempo real enviadas para sistema de monitoramento.

#### 4.2.1. Descrição Geral de Sistemas de Controle de Falhas

O sistema de controle de falhas proposto é baseado na lógica de hardware (PERLAZA; DELGADO, 2003), utilizando dispositivos eletrônicos e lógico programável, com o objetivo de focar o problema da detecção de falhas, pois este sistema que permite conhecer o estado do sistema de potência, utilizando os sinais analógicos e os sinais digitais

A proteção e controle de falhas na rede deve ser feita através de relés digitais programáveis e com o software incorporado para a implementação e deve seguir descrição das necessidades conforme descreve o projecto e deve ser um sistema de habilitado para a Web, destinado a monitorar toda a infraestrutura de distribuição elétrica, desde a entrada de serviços públicos até pontos de distribuição de baixa tensão (torres de iluminação).

O sistema deve ser projectado para monitorar e gerenciar o consumo de energia em toda a empresa, seja dentro de uma única instalação ou através de uma rede de instalações, para melhorar a disponibilidade e a confiabilidade da energia e para gerenciar e medir a eficiência energética.

O Software deve ser desenvolvido pela *Schneider Electric* e interagir com a medição e equipamentos. O Software deve ser ativado na Web, fácil de usar, adequado para operação em estações de trabalho de computador, para fornecer uma rede de dados robusta, confiável e segura. O Software deve suportar a fácil integração de outros dispositivos eletrônicos inteligentes (IEDs) de terceiros (aberto).

O software deve ser integrado aos relés do produto padrão, sem necessidade de programação personalizada. Os principais recursos devem incluir:

- Aquisição de dados (dispositivos de medição, sensores e outros dispositivos eletrônicos inteligentes);
- Análise da qualidade de energia (incluindo harmônicos e sinusóides de tensão e corrente);
- Conformidade da qualidade de energia com os padrões internacionais: o IEC 61000-4-30 classe A o EN50160;
- Exibição gráfica de informações;
- Ferramentas de relatório com relatórios padrão;

- Exibição e tendências interativas de dados históricos;
- Tabelas de dados em tempo real com vistas padrão;
- Análise interativa de alarmes com vistas padrão;
- Monitoramento e controle do fator de potência;
- Interoperabilidade com dispositivos e sistemas diferentes por meio do OPC Client e OPC Server;
- Integração de dispositivos de terceiros através dos protocolos Modbus RTU e Modbus TCP;
- Oferece suporte a ações de exibição e controle de dados em tempo real para vários usuários para aplicativos como medição, monitoramento/ derramamento de carga, preços em tempo real e controle gerador;
- Expansão do sistema através de servidores de E/S distribuídos.

#### **4.2.2. Controle de Falhas**

Consiste na análise e interpretação de alarmes a partir dos relatórios fornecidos pelos relés ao sistema de monitoramento de modo a identificar (qual componente apresenta defeito), localizar (qual a localização) e diagnosticar (o tipo de defeito) componentes no sistema de distribuição que apresenta o defeito.

Esse diagnóstico pode ser efetuado de forma local ou centralizado. Neste trabalho considera-se o diagnóstico efetuado de forma local e limitado ao ambiente das subestações de distribuição de energia elétrica e tem como objectivo fornecer diagnóstico de falhas aos operadores de centros de controle destas unidades específicas.

Através de dispositivos de protecção e controle que registram todos os eventos, pode-se monitorar falhas e registros de eventos em uma subestação, que permite identificar sobre o tipo de falhas ocorridas em algum componente do sistema. Para os registros desses eventos, normalmente utilizam-se relés digitais com microprocessadores.



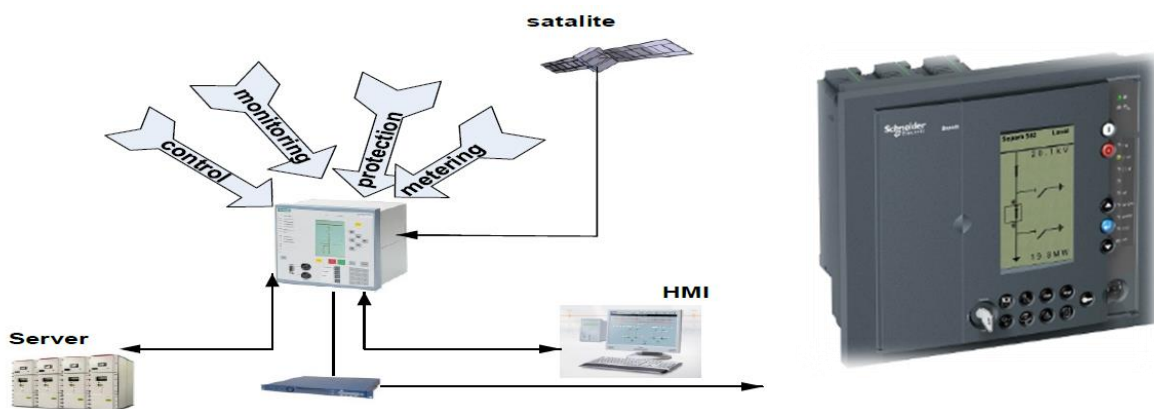
**Figura 4.2:2-**Aplicação de vários tipos de relés

**Autor:** Schneider Electronics

Os sinais de corrente e de tensão nas fases (R, S, T) são obtidos dos transformadores de correntes e de potencial. Os valores de corrente e tensão de linha quando necessários são obtidos usando-se as relações de linha e de fase.

### 4.2.3. Dispositivos Inteligentes

São relés eletrônicos gerenciados por microprocessadores específicos a este fim, onde sinais de entrada das grandezas e parâmetros digitados são controlados por um software que processa a lógica da proteção através de algoritmos.



**Figura 4.2:3-** Relé Digitais

**Autor:** Schneider Electronics

A configuração usada pelo fabricante permite a optimização de pinos e o aumento de registradores, caso seja necessário um aumento na capacidade de tratamento de dados.

O relé digital pode simular um relé ou todos os relés existentes num só equipamento, produzindo ainda outras funções, tais como, medições de suas grandezas de entradas e/ou associadas, sendo conhecido como relé multinação.

Vantagens:

- Auto-checagem;
- Flexibilidade;
- Mais versáteis e poderosos que os relés eletromecânicos ou eletrônicos convencionais.

O relé digital pode efectuar várias funções, tais como: Protecção; Supervisão de rede; Transmissão de sinais; Religamento dos disjuntores; Identificação do tipo de defeito; Sincronização de tempo via GPS.

O software deve ser projectado para minimizar o tempo de engenharia e comissionamento para adicionar um novo dispositivo ao sistema de monitoramento. Também oferece ao usuário a capacidade imediata de usar o conjunto completo de recursos de software para um dispositivo recém-adicionado. Deve fornecer integração a gama Sepam de relés de protecção que é adequada a todas as aplicações de protecção das redes de média tensão de distribuição de industrial.

Esta gama é composta por três séries de relés, com elevados níveis de performance:

- Sepam série 20, para as aplicações simples;
- Sepam série 40, para as aplicações exigentes;
- Sepam série 80, para as aplicações personalizadas.

O software não exige mapeamento de registros de dispositivos internos para objetos de software com antecedência para usar qualquer recurso do software. Todos os registros de dispositivos internos nos mapeamentos de objectos de software são pré-incorporados ao Software. Esse recurso reduz bastante o tempo e o custo.

Os seguintes recursos testados na fábrica são fornecidos para cada dispositivo suportado:

- Diagramas de dispositivos, fornecidos no software, para permitir que os usuários interajam visualmente com todos os recursos do dispositivo, como:
  - Medições em tempo real, como tensão, corrente, potência, energia, fator de potência, harmônicas;
  - Alarmes e eventos históricos a bordo;
  - Dados de medição históricos a bordo, como energia, demanda, potência, tensão, corrente e qualidade de energia;
  - Recursos de controle, incluindo a capacidade de redefinir registros de dispositivos e operar relés de dispositivos.
- Relatórios, permitindo que os usuários transformem imediatamente os dados históricos integrados no formulário de relatório, usando os relatórios padrão pré-incorporados ao software;
- Aplicativos habilitados para a Web, como painéis ou visualizador de alarmes;
- Objetos do servidor OPC, fornecendo mapeamentos OPC pré-construídos para medições usadas com frequência;
- Sincronização de tempo, quando o dispositivo possui um relógio interno;
- *Upload* automático de qualquer novo dado histórico integrado no banco de dados de software, incluindo:
  - Registros de dados;
  - Registros de eventos;
  - Registros de alarme;
  - Registros de forma de onda.

Todos os recursos pré-construídos do dispositivo devem ser oferecidos em todos os idiomas locais suportados pelo software. Para dispositivos conectados que não possuem registro de dados integrado, um driver de dispositivo pode oferecer suporte ao registro baseado em PC.

O registro baseado em PC lê periodicamente dados em tempo real em um dispositivo, faz cálculos e armazena os resultados no banco de dados histórico. Os resultados são armazenados em intervalos especificados pelo usuário, geralmente a cada 15 minutos.

O log baseado em PC traz recursos históricos de log para dispositivos de baixo custo que oferecem apenas dados em tempo real. Os tipos de cálculos incluem:

- Mínimo - para determinar o valor mínimo durante o intervalo de registro;
- Máximo - para determinar o valor máximo durante o intervalo de registro;
- Médio - para determinar o valor médio durante o intervalo de registro.

O site corporativo do contratado terá um dispositivo seção de suporte ao driver, que fornece downloads de drivers de dispositivo sob demanda para uma variedade de dispositivos do sistema de energia. Esses drivers sob demanda serão fornecidos com diagramas de dispositivos testados na fábrica.

A conexão entre diferentes pontos distribuídos, deve ser feita ou estabelecida por uma rede de telecomunicações interligados a cabo de fibra óptica.

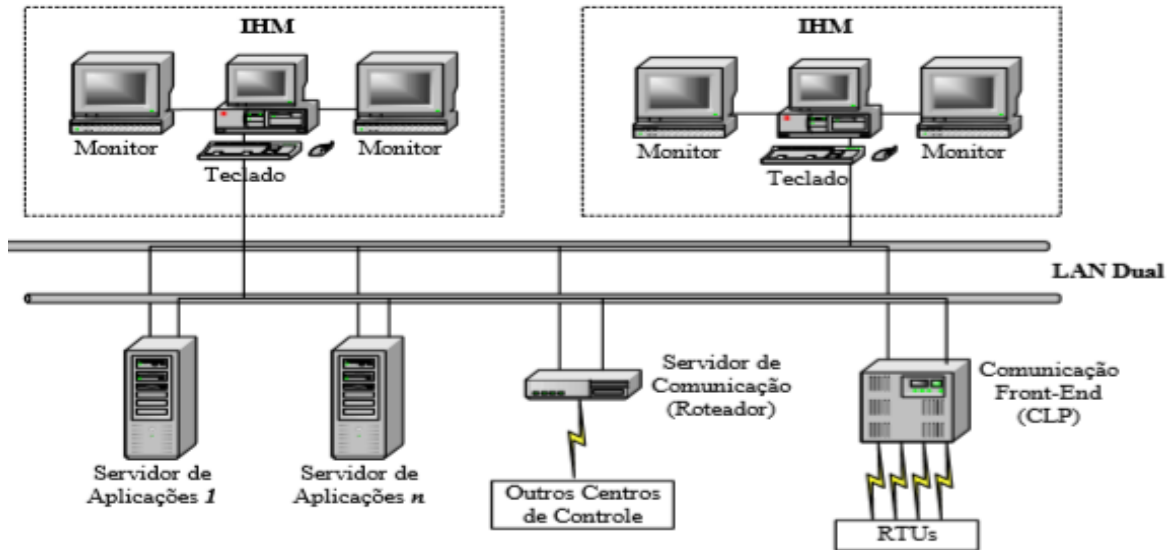
#### **4.2.4. Arquitetura da Rede de Controle de Falhas**

As arquiteturas dos Sistemas modernos têm tanto software como hardware com arquiteturas distribuídas. Nestas o processamento de dados é distribuído entre vários computadores e servidores que se comunicam entre si através de uma rede LAN (*Local Area Network*) dedicada (ACKERMAN,2006).

Outra característica importante dos sistemas SCADA modernos é sua arquitetura aberta. Esta característica permite inter- conectividade com outros sistemas. Sistemas abertos são importantes porque permitem a possibilidade de interfaceamento com productos de outros vendedores.

Apesar da maioria dos vendedores oferecerem sistemas abertos às concessionárias, eles ainda desenvolvem suas próprias Interface de Programação de Aplicação (IPA) instaladas no computador

central. A IPA possui módulos dedicados de programas capazes de se comunicar utilizando objectos comuns e mecanismos de troca de dados.



**Figura 4.2:4-**Arquitetura distribuída de um sistema SCADA típico

Autor: ACKERMAN,2006

Os servidores de aplicações têm a característica de possuir grande capacidade de processamento. Assim eles podem comportar os seguintes subsistemas:

- Núcleo SCADA: servidor usado principalmente para funções de processamento de dados.
- Base de Dados: suporta a base de dados de todo o sistema.
- Aplicações avançadas: suporta todas as aplicações do DMS. A principal característica desse servidor é a alta capacidade de processamento.
- Base de dados histórica: suporta a base de dados que contém todos os dados históricos. As informações provenientes desses dados podem ser usadas para estudos futuros e treinamento dos operadores.
- Configuração e administração: controle, gerenciamento e manutenção do sistema SCADA. Este servidor pode gerenciar o modo de operação de cada servidor e controlar funções como backup do sistema.

A comunicação *front-end*, geralmente concebida utilizando CLPs tem a função de aquisição de dados das RTUs e dispositivos de campo, como relés, chaves seccionadoras, contactores,

disjuntores etc. Os CLPs executam funções tais como automatização de chaveamentos, intertravamentos e segurança (ACKERMAN,2006).

O servidor de comunicação ou roteador possibilita a troca de dados ou arquivos em tempo real com outros centros de controle.

Além das considerações anteriores, deve-se atentar para o fato de que o sistema que possui uma rede LAN dual composta de duas redes funcionando paralelamente. Este tipo de configuração é utilizado para assegurar ao sistema a alta disponibilidade, operação contínua e flexibilidade na manutenção. Assim se um computador ou uma rede falhar todas as comunicações serão chaveadas para o computador e a rede que estão em correto funcionamento.

## **CAPITULO V: DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

Neste capítulo será feita a explicação e descrição dos resultados obtidos e suas implicações, à luz dos modelos teóricos e estudos dos outros autores apresentados na revisão da literatura.

### **5.1. Definição e escolha de modelo de funcionamento do protótipo**

O modelo de interligação é tradicionalmente garantido pela comunicação por cabos de fibra óptica, devido a sua alta taxa de transmissão e qualidade, não obstante a rede é aberta a futura comunicação por ondas de radio, wireless para permitir a expansão de sinal mais rápido.

Os dispositivos e equipamentos escolhidos, constando que para um usuário inicial o sistema supervisor oferece um meio autoexplicativo, pois permite a navegação entre os intertravamentos do sistema, possibilitando a compreensão do fluxo produtivo.

Os relés escolhidos ou a utilização de dispositivos programáveis para a emissão de alarmes, mostram quão simples os dados podem ser tratados, armazenados e analisados, proporcionando ao usuário a possibilidade de corrigir falhas e gargalos do processo.

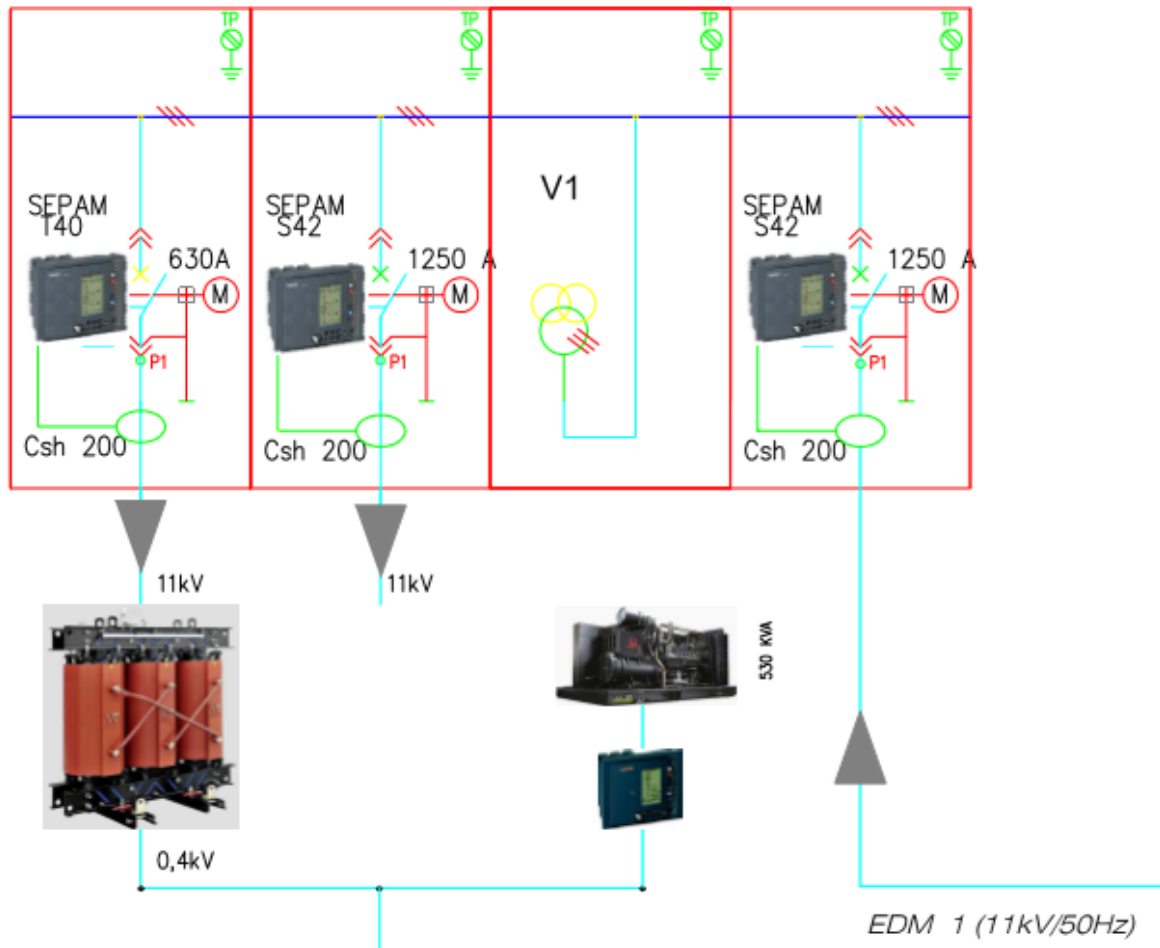
A utilização de IHM permite que alterações e ajustes sejam feitas diretamente no sistema supervisor, sem a necessidade de alterações diretas no programa do CLP, que normalmente seriam realizadas pelo programador.

Propõe-se a arquitetura superescalar por ter a capacidade de tratamento de dados na forma paralela, visando aumentar a velocidade de processamento dos dados.

Foi observado que para os usuários de manutenção e engenharia a IHM permite corrigir e ajustar os parâmetros, reanimar ou religar um circuito e sensores em tempo real sem a necessidade de parada de linha ou intervenção física.

Para permitir uma intervenção rápida e eficaz e assim reduzir os custos de operação e de manutenção da rede de porto, idealizou-se o sistema de controle de falhas que irá disponibilizar todas as informações de operação e de manutenção disponíveis a partir dos dispositivos instalados na rede, que permitem a digitalização através de equipamentos digitais, controle e supervisão.

Como forma de idealizar este a escolha da solução por dispositivos inteligentes por fornecer soluções integradas e completas, sendo que todas as informações requeridas à operação local da instalação são apresentadas claramente na tela LCD gráfica da Interface Homem-máquina (IHM) fornecido nas telas dos relés Sepam.



**Figure 5.1:1**-Exemplo de aplicação real no Diagrama de rede

**Autor:** Milione F. Changala

No geral, através de dispositivos de proteção e controle que registram todos os eventos no sistema SCADA, pode-se monitorar falhas e registros de eventos em uma subestação, que permite identificar sobre o tipo de falhas no sistema ou falhas ocorridas em algum componente do sistema. Para os registros desses eventos, normalmente utilizam-se registradores digitais de falhas por estes apresentarem multicanais.

## **5.2. Operação e Controle de Falhas**

A operação remota da rede será feita na sala de supervisão e na sala técnica, onde toda a rede converge através de conexões via fibra óptica para controle e configuração e diagnóstico centralizado da rede através de software instalados e feito em dois tipos independentes de redes de comunicação:

- As redes de supervisão ou S-LAN (*Supervisory Local Area Network*), para controle e monitoramento a distância dos Sepam conectados a um sistema de supervisão (SCADA ou RTU);
- As redes de operação ou E-LAN (*Engineering Local Area Network*), especialmente reservadas para a configuração a distância dos Sepam e ao diagnóstico centralizado da rede com o software SFT2841.

## **5.3. Melhoria da Continuidade de Serviço**

Com o sistema de controle de falhas, através de dispositivos/ reles Sepam, todas as informações são disponíveis para permitir a administração e a utilização ótima da instalação elétrica ao operador durante uma trip por falha, permitem restabelecer a alimentação da rede o mais rápido possível.

O controle de processos e da manutenção preventiva dos equipamentos é facilitada pelas funções de diagnóstico fornecidas de proteção dos equipamentos da rede (Geradores, Transformadores) que permitem otimizar o controle.

De salientar que este sistema propõe a interligação de redes via fibra óptica por garantir a fiabilidade e entrega de datagramas (pacotes enviados), assim, para diversos pontos no futuro o gestor da rede pode expandir para via wireless para diferentes pontos de acesso autorizado.

## **5.4. Redução dos custos de manutenção**

Para além das melhorias de serviço, esta projectada para permitir a redução dos custos e dos tempos de manutenção de sistema de protecção, redução de tempo de exposição dos técnicos e emissão de relatórios.

## **5.5. Análise das Hipóteses**

**Hipótese 1:** A falta da revisão da literatura esta relacionada com o estado actual do sistema de controle de falhas na rede eléctrica de Porto.

Sim, a revisão da literatura melhora o estado de confiança para conhecer as novas soluções disponíveis no mercado, abrindo espaço para inovação e aplicação de novas tecnologias.

Existem varias literaturas publicadas com objectivos de minimizar o impacto de falhas em redes electricas, sendo os autores apresentam uma solução prática e ideal baseados em software ou hardware e ou combinação de arquitecturas para a implementação de uma solução robusta e com menos custos, facto que deve ser levado em consideração para a projecção e melhoramento de sistemas.

Consta de alguns autores recomendações de uso de sistemas abertos e que todos buscam informações e recursos de sistemas de aquisição de dados, disponibilizados na maioria das centros de distribuição (Subestações) e distribuição de energia eléctrica, actualmente.

Estas soluções abertas, através das revisões da literatura abre espaço para fazer acompanhamento e permitir ou conhecer tecnologias e idealizar se um sistema de controle de falhas baseada em arquitetura de hardware distribuída com sistemas abertos ou outros que adequam a cada situação e ao mercado onde esta inserido.

**Hipótese 2:** O estado actual do sistema de controle de falhas na rede eléctrica de Porto, esta relacionada com a falta de mão de obra especializada.

Baseado nas observações feitas no campo de pesquisa, esta hipótese é considerada, visto que; para que objecto de manutenção atinja um estado de funcionamento livre de avarias a custo óptimo por tempo máximo possível, deve ser responsabilidade de todos. Doutra forma permitem manter o equipamento em boas condições técnicas assegurando a sua utilização com um grau de qualidade, regularidade e segura.

O processo de identificação de falha é feita empiricamente verificando os equipamentos de protecção do circuito com falha (fusíveis e interruptores da instalação) e caso os equipamentos de protecção tenham sido accionado, inicia o processo verificação da linha em todos pontos e quadros de baixa distribuição e a linha de alimentação da carga isolada.

De salientar que em muitos casos, a falha está localizada visualmente (escavadeira em local, ou abertura de conductas para a inspecção de cabos) ou verificando onde estão os fusíveis queimados. Em alguns casos, há um problema detectado do transformador de distribuição ou falha na caixa subterrânea no cabo.

Portanto, baseado na experiencia do técnico ou no conhecimento da rede em pontos criticos onde o tecnico imagina e começa a fazer a s devidas verificações e de certa forma a formação ou treinamentos dos técnicos deve ser um processo continuo e este serve de estímulo e assim como actualização dos sistemas e equipamentos para que as operações sejam controladas, orientadas e planificadas, com vista a minimizar os custos de investimento..

**Hipótese 3:** O sistema de controle de falhas na rede eléctrica do Porto não se adequa ao contexto actual.

Com o tempo, os sistemas e equipamentos ficam obsoletos, aumentado a taxa de falhas e dificultando a integração de novas tecnologias, facto que leva a maior exposição dos técnicos devido a falta de sistemas que auxiliam na tomada de decisão e levando os técnicos a levar mais tempo na identificação de qualquer problema.

De salientar que; os sistemas são desenhados para atender certas funcionalidades, com o desenvolvimento das tecnologias e aquisição de novos equipamentos equipadas com sistemas de automação que necessitam de sistemas de monitoramento centralizada e reset de alguns processos por forma a atender a demanda e responder em tempo real as falhas e mitigar as ocorrências e considerando que o sistema actual esta obsoleto.

Este desenvolvimento das tecnologias permite a idea de desenhar um novo sistema de controle de falhas e com sistemas abertos o que poderá permitir a manutibilidade no futuro e integração com vários dispositivos de diferentes fabricantes (ABB, Tecnel, Siemens, Scneider Electronics) de diferentes tecnologias.

Assim, considerando este facto, julga se procedente a hipótese que o sistema de controle de falhas actual não se adequa ao contexto actual.

**Hipótese 4:** A falta de sistema de controle de falhas na rede eléctrica do Porto, é uma causa deficiente para o controle de falhas eléctricas.

As redes eléctricas são desenhadas com a componente automação para o apoio na tomada de decisão da equipe técnica em vários aspectos e ou para o monitoramento de rede de forma a dar informação em tempo real do estado da rede. A integração de sistemas de controle de falhas diminui o tempo de interrupção de energia e minimiza os custos.

De uma forma geral as tecnologias são uma ferramenta para o auxilio no processamento rápido e apoio na tomada de decisão ao homem ou evitar a exposição de homem em varias situações. Para este caso, pela dimensão da rede e dada a dimensão da rede há necessidade de ter um sistema de monitoramento da rede que vai fornecer varias informações em tempo real de falhas de rede devido a vários factores (Sobrecargas, Curtos Circuitos, distorção harmónica, desequilíbrios de tensão e Correntes, Ruidos) e estado de equipamentos (Horas de funcionamento e previsão das manutenção preventiva).

Conforme o exposto e dada a importância do sistema, a falta de sistema de controle de falhas (automação) é uma causa de deficiente e ha necessidade de integrar um sistema de monitoramento para o apoio na tomada de decisão em vários aspectos.

## CAPITULO VI: CONCLUSÃO

Serão arrolados as conclusões sobre o tema, sugestões para futuros trabalhos e as referencias bibliográficas utilizadas como fonte para a elaboração deste trabalho.

### 6.1. Considerações Finais

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise aprofundada no controle de falhas em redes eléctricas e no uso mais racional da energia que tem justificativas econômicas e de sustentabilidade, no Porto e em outras instituições. Além disso, também permitiu uma pesquisa mais aprofundada para obter dados mais consistentes sobre as etapas do processo de dectenção de falhas, parte mais demorada do processo de dectenção empírica, grau de conhecimento em automação industrial para os profissionais das engenharias eléctricas.

A localização de falhas em redes de distribuição não é uma tarefa fácil. Ainda hoje, não há um método que seja totalmente confiável na determinação do local onde elas ocorrem e novos estudos se fazem necessários para desenvolver ferramentas de auxílio às concessionárias e grandes empresas, para que estas possam manter a prestação de serviço com qualidade e dentro dos limites mínimos estipulados pelos órgãos regulamentadores.

Como visto na literatura, há métodos que satisfazem com certa precisão a indicação de um circuito defeituoso, principalmente falhas, mas ainda há possibilidades a ser exploradas em relação ao desenho de rede e funcionalidades ou de técnicas, para desenvolver as ferramentas e softwares capazes de estimar o ponto em que ocorre a falha, dando detalhes de distância, direção e posição na topologia da rede, principalmente para sistemas radiais.

O desenho de controle de falhas que faça a comunicação, integração das informações presentes e analisando os dados da rede e as medições realizadas no momento da falha através de metodologia de dispositivos hardware é promissor na localização de falhas considerando que os softwares são fornecidos pelos fabricantes do equipamento.

Com o desenho de sistema, considera-se que a utilização de sistema de controle de falhas permite aos operários realizarem seu trabalho de forma mais rápida e eficiente. Além disso, diminui o tempo de espera para restabelecimento de energia e melhoria da eficiência operacional, evitando expor os técnicos na identificação de avaria minimizando os custos.

## **6.2. Sugestões e Recomendações**

Na sequência do presente trabalho surgiram alguns aspectos que se revelaram interessantes para uma abordagem mais detalhada. De seguida, são referidos aqueles que poderão vir a ser objecto de futura investigação:

- a) Consequências de integração de equipamentos/ dispositivos de diferentes fabricantes em sistemas de abertos, para facilitar a integração de equipamentos de outros fabricantes;
- b) Desenho e integração de sistemas de combate aos incêndios em subestações e edifícios;
- c) Se necessário, inserir quantidade de conversores para alcançar o tempo mínimo possível para um projecto de controle de falhas;
- d) Adequar os parâmetros de rede da concessionária e inspecionar os processos de fabricação e relatórios de testes;
- e) Integração de sistemas de monitoramento do funcionamento de pórticos no sistema de gestão e controle.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERMAN, W. J. **Fundamentals of automation systems & current trends in substations**, São Paulo, v.1, n.1, p.15, 2006.
- ACKERMAN, W. J. **Substation and the EMS. IEEE Power Engineering Society**, New York, p. 274 -279, 1999.
- ANDERSON, P. M. **Power system protection. Hardcover: IEEE Press Series on Power Engineering**, 1999. v.1, p.10
- ANDRÉ, A. S. Pipeline: arquiteturas de computadores, 2008. p.6.
- BARROS, Aidil Jesus Pães; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 3. ed. São Paulo: Macron, 2007.
- CASTRO, Cláudio de Moura. **Estrutura e apresentação de publicações científicas**. São Paulo: McGraw-Hill, 1976.
- CERVO, Amado Luís; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Person Prentice Hall, 2007.
- COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ- CPFL. Norma técnica 2912: **proteção de redes áreas de distribuição** – sobrecorrente, 2003.
- DECANINI, J. G. M. S. **Deteção e classificação de faltas de curto-circuito em sistemas de distribuição de energia elétrica usando lógica nebulosa**. 2008. 110.f. Dissertação (Engenharia Elétrica), São Paulo, 2008.
- DY-LIACCO, T. E. **Real-time computer control of power systems. Proceedings of the IEEE**, New York, v.62, n. 7, p. 884-891, 1974.
- DUAILIBE, P. - Subestações: **Tipos, Equipamentos e Proteção**, 1999.
- EEP-<https://electrical-engineering-portal.com/scada-dcs-plc-rtu-smart-instrument>: “**SCADA, DCS, PLC, RTU and Smart Instrument**” 2020.
- FONSECA, João José Saraiva. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002

- FABIANO ALVES DE SOUZA. **Detecção de Falhas em Sistema de Distribuição de Energia Elétrica Usando Dispositivos Programáveis**, Ilha Solteira – SP Setembro/2008.
- GAUSHELL, D. J.; BLOCK, W. R. **SCADA communication techniques and standards. IEEE Computer Applications in Power**, New York, p.1-7, 1993.
- GIGUER, S. **Proteção de sistemas de distribuição**: Sagra, 1988. p.334.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 1987.
- GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- GOLDENBERG, Miriam. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro. Record, 1997.
- JARDINI, J. A. **Sistemas digitais para automação da geração, transmissão e Distribuição de energia elétrica**. São Paulo, 1996. p.15
- Johan Nyberg, “**Distribution Automation of Mv/Lv Transformer Stations And Low Voltage Grids**” Innovative Ideas for intelligent Distribution Grid.
- LIYANAGE, K.M.; LIU, C.C.; MUCHLINSKI, S.I.; EIDE, A. **Intelligent systems for distribution automation. In: IEEE “International Conference On Systems, Man, And Cybernetics”**.
- LAVILLE, Christian; DIONNE, Jean. A construção do saber: **manual de metodologia da pesquisa em Ciências humanas**. Editora UFMG, 1999.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- McDONALD, J. D. **Electric power substations engineering**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2003.
- Nilo Felipe Baptista de Mello; **Automação Digital de Subestações de Energia Elétrica**, 2006.
- PEREIRA, Allan Cascaes; **Integração dos Sistemas de Proteção, Controle e Automação de Subestações e Usinas – Estado da Arte e Tendências**, Abril/2005.

- PERLAZA, D.; DELGADO, A. **Detección de fallas em sistemas de potência com chip ADN em FPGA.**, 2005. p.7
- SATO, F. **Proteção de sistemas de energia elétrica.** 2003. v2, p.6.
- [www.schneider-electric.com.br](http://www.schneider-electric.com.br) “**Proteção de sistemas elétricos de média e baixa tensão, Sepam Séries 20, 40 e 80**”.

## APÊNDICE

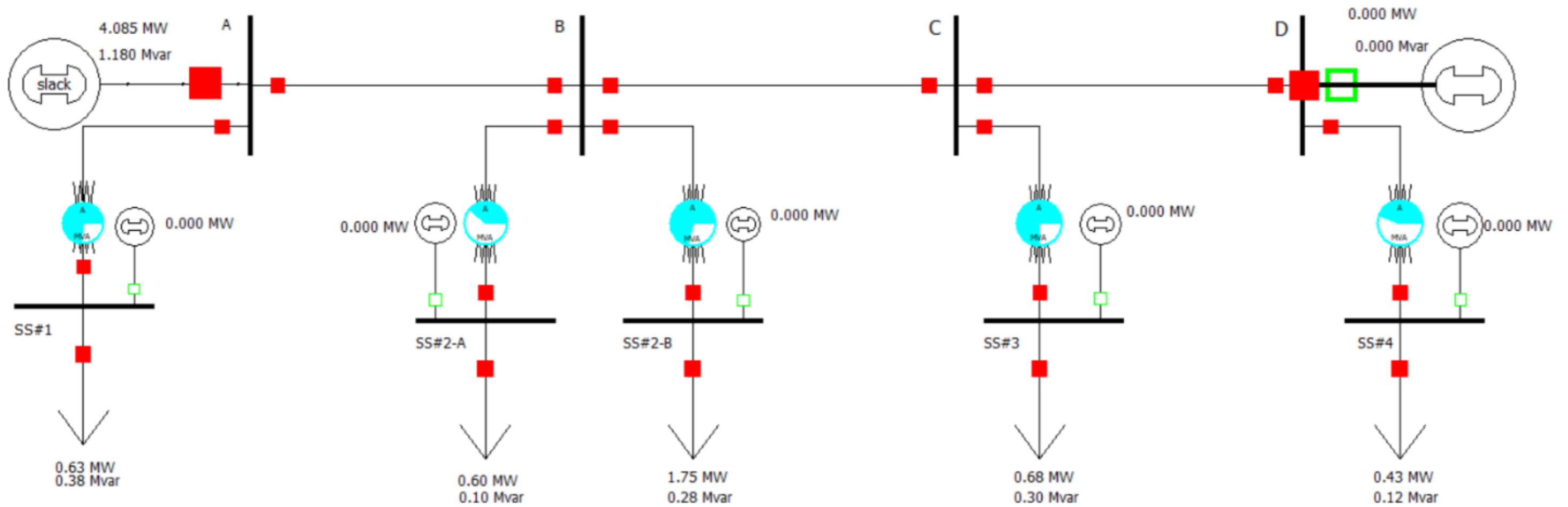
### 1. Norma 61580

STANDARD	DESCRIPTION
IEC 61850-1	Communication networks and systems in substations - Part 1: Introduction and overview
IEC 61850-2	Communication networks and systems in substations - Part 2: Glossary
IEC 61850-3	Communication networks and systems in substations - Part 3: General requirements
IEC 61850-4	Communication networks and systems in substations - Part 4: System and project management
IEC 61850-5	Communication networks and systems in substations - Part 5: Communication requirements for functions and device models
IEC 61850-6	Communication networks and systems for power utility automation - Part 6: Configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs
IEC 61850-7	Communication networks and systems in substations - Basic communication structure for substation and feeder equipment
	IEC 61850-7-1: Principles and models
	IEC 61850-7-2: Abstract communication service interface (ACSI)
	IEC 61850-7-3: Common Data Classes
	IEC 61850-7-4: Compatible logical node classes and data classes
IEC 61850-8	Communication networks and systems in substations - Specific Communication Service Mapping (SCSM)
	IEC 61850-8-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) - Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3
	IEC 61850-8-2: Specific communication service mapping (SCSM) - Mappings to web-services
IEC 61850-9	Communication networks and systems in substations - Specific Communication Service Mapping (SCSM)
	IEC 61850-9-1: Sampled values over serial unidirectional multidrop point to point link
	IEC 61850-9-2: Sampled values over ISO/IEC 8802-3
IEC 61850-10	Communication networks and systems in substations - Part 10: Conformance testing

#### a) Algumas normas Moçambicanas

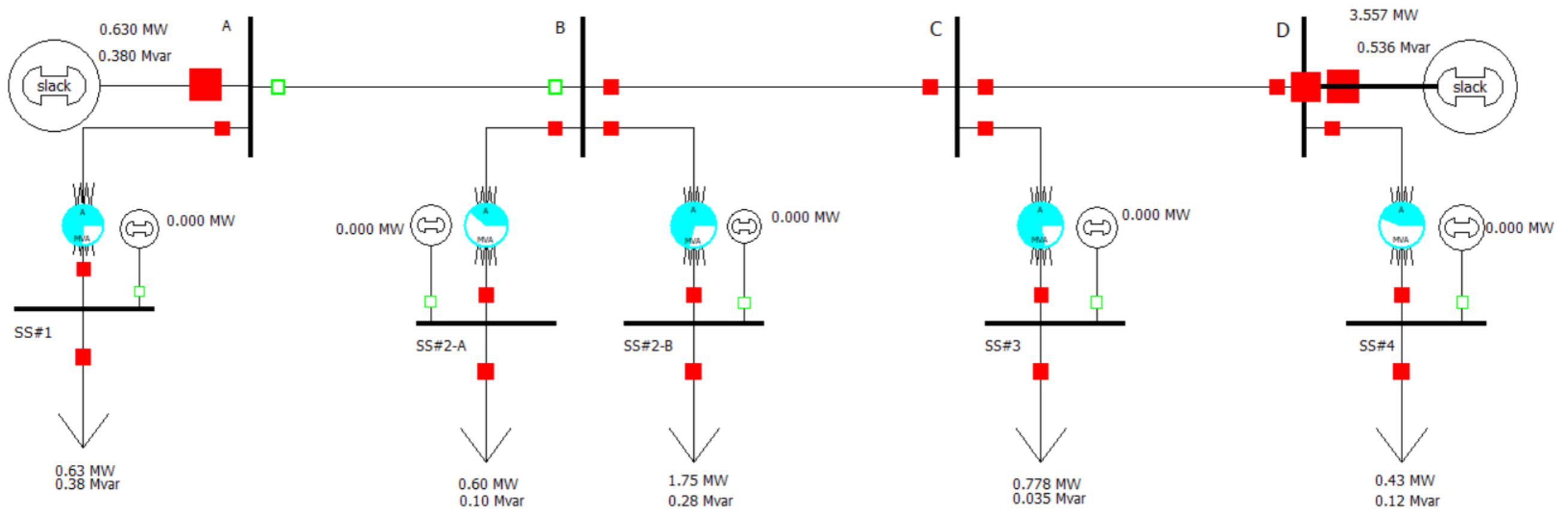
- 29 240 Redes de transmissão e distribuição de energia eléctrica o NM 68: 2008 Ed. 1 44p. Poste de eucalipto, cruzetas, travessas de distribuição de energia e sistemas telefónicos.
- 29 260 Equipamento eléctrico para trabalho em condições especiais o NM 122: 2009 Ed. 1 16p. Caixas e invólucros para acessórios eléctricos para instalações fixas e domésticas análogas – Dimensões

ANEXOS



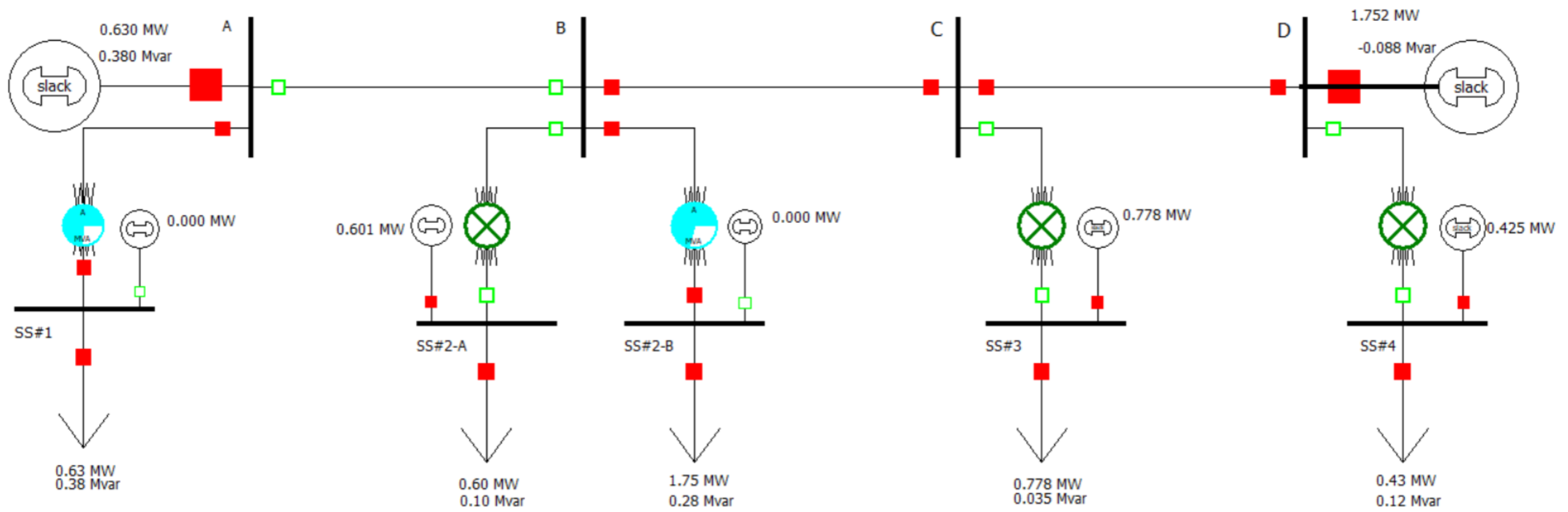
Anexo 1: Diagrama da Rede Electrica de Porto-Alimentação a partir d EDM 11 KV

Autor : Milione Fenias Changala



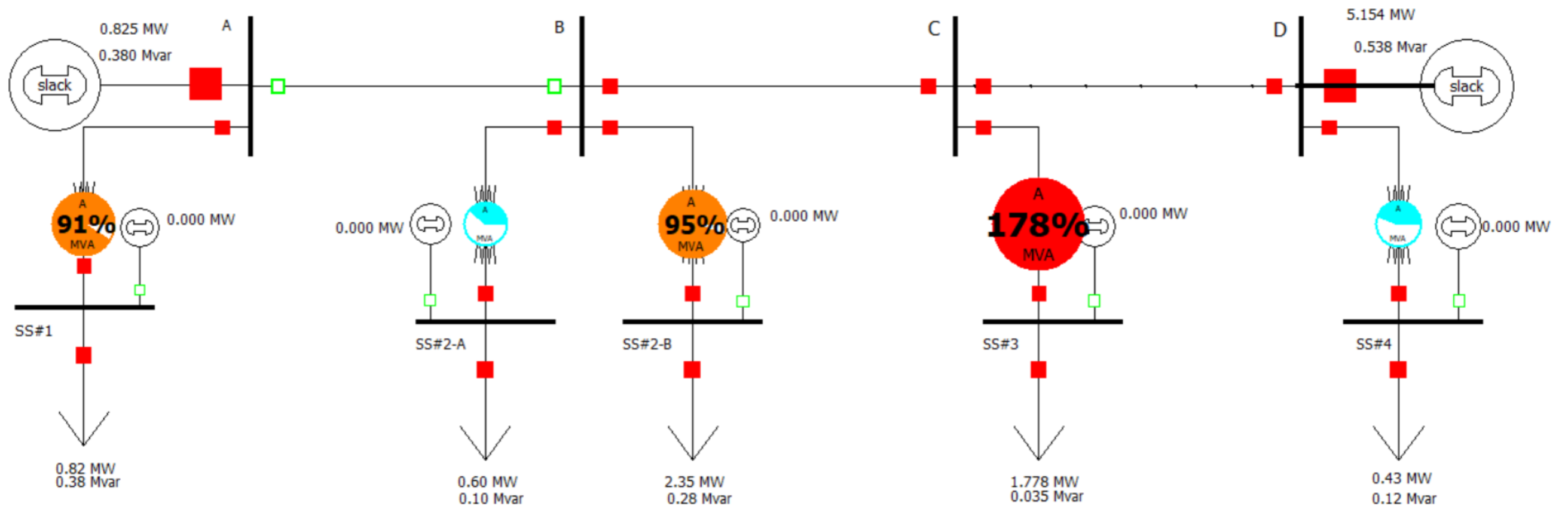
**Anexo 2:** Diagrama da Rede Electrica de Porto-Alimentação a partir dos dois ramais da EDM 11 KV

**Autor :** Milione Fenias Changala



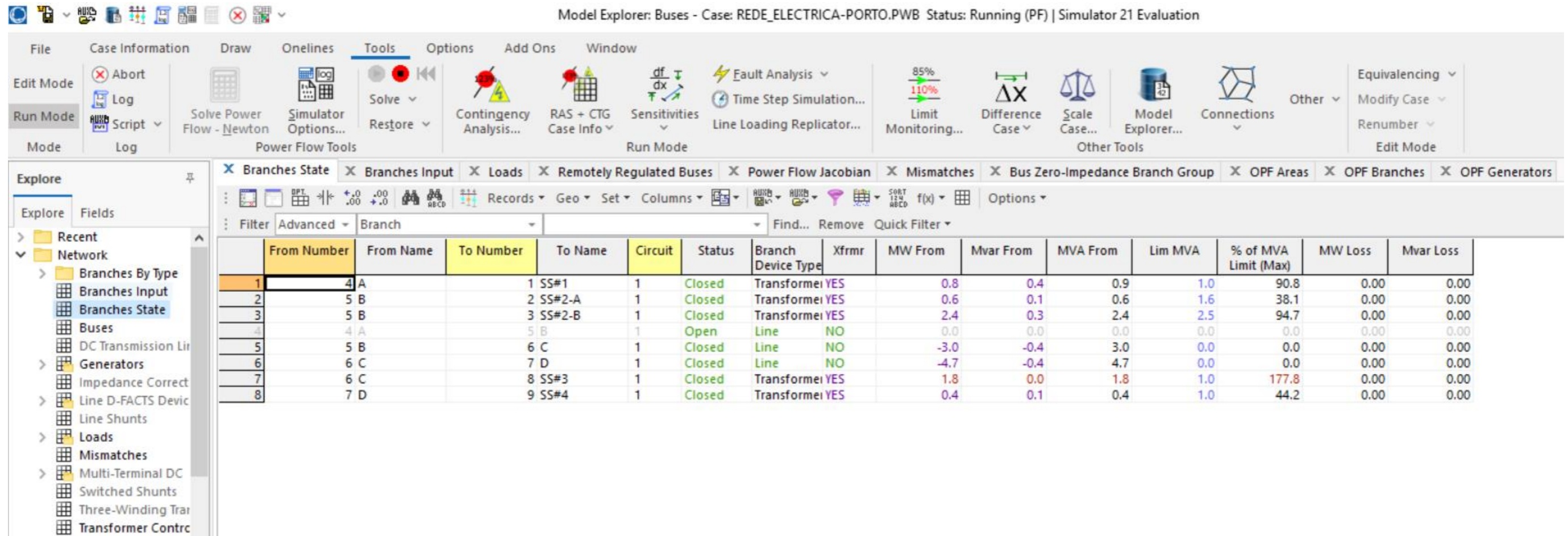
**Anexo 3:** Diagrama Electrico do funcionamento em Grupo Geradores

**Autor:** Milione Fenias Changala



Anexo 4: Diagrama de electrico com sistema em regime de sobrecarga

Autor: Milione Fenias Changala



Anexo 5: Painel informativo de estado da rede

Figura: Milione Fenias Changala

Fault Analysis - Simulator 21 Evaluation

File Case Information Draw Onelines Tools Options Add Ons Window

Abort  
 Log  
 Script  
 Solve Power Flow - Newton  
 Simulator Options...  
 Restore  
 Contingency Analysis...  
 RAS + CTG Case Info  
 Sensitivities  
 Fault Analysis  
 Time Step Simulation...  
 Line Loading Replicator...  
 Limit Monitoring...  
 Difference Case  
 Scale Case...  
 Model Explorer...  
 Connections  
 Other  
 Equivalencing  
 Modify Case  
 Renumber  
 Edit Mode

Run Mode Log Power Flow Tools Run Mode Other Tools

Run Faults Abort

Single Fault

Calculate Clear Clear/Close

Choose the Faulted Bus

Sort by  Name  Number

- 1 (SS#1) [138.0 kV]
- 2 (SS#2) [138.0 kV]
- 3 (SS#3) [138.0 kV]
- 4 (SS#4) [138.0 kV]
- 5 (SS#1-1) [138.0 kV]
- 6 (SS#1-1) [66.00 kV]
- 7 (SS#4-1) [38.00 kV]
- 8 (SS#2-1) [75.00 kV]**
- 9 (SS#2-1) [110.0 kV]

Fault Location  
 Bus Fault  
 In-Line Fault  
 Location %

Fault Type  
 Single Line-to-Ground  
 Line-to-Line  
 3 Phase Balanced  
 Double Line-to-Ground

Fault Impedance  
 R:   
 X:

Fault Current  
 Scale Current By:   
 If Magnitude:  p.u.  
 If Scaled Mag:  p.u.  
 If Angle:  deg.

Subtransient Phase Current  
 p.u. deg.  
 A    
 B    
 C

Units  
 p.u.  Amps

Bus Records Lines Generators Loads Switched Shunt Buses Y-Bus Matrices

	From Number	From Name	To Number	To Name	Circuit	Xfrmr	Phase Cur A From	Phase Cur B From	Phase Cur C From	Phase Cur A To	Phase Cur B To	Phase Cur C To
1	1	SS#1	2	SS#2	1	NO	0.02010	9.35918	9.34130	0.02010	9.35918	9.34130
2	1	SS#1	6	SS#1-1	1	YES	0.00887	0.00768	0.00834	0.00887	0.00768	0.00834
3	2	SS#2	3	SS#3	1	NO	0.01055	9.35316	9.34369	0.01055	9.35316	9.34369
4	2	SS#2	9	SS#2-1	1	YES	0.00149	0.00099	0.00099	0.00149	0.00099	0.00099
5	3	SS#3	4	SS#4	1	NO	0.00413	0.00206	0.00206	0.00413	0.00206	0.00206
6	3	SS#3	8	SS#2-1	1	YES	0.00867	9.35237	9.34760	0.00867	9.35237	9.34760
7	4	SS#4	7	SS#4-1	1	YES	0.00400	0.00097	0.00303	0.00400	0.00097	0.00303

Auto Insert... Load Data... Save Data... Close Help

Run Mode Solution Animation Running AC Viewing Present

**Anexo 6:** Dados de Simulação de Curto Circuito  
 Autor : Milione Fenias Changala

## **GUIÃO DE ENTREVISTA**

A entrevista é um instrumento de pesquisa em campo do projecto de para a elaboração de monografia de conclusão do curso e Licenciatura em Engenharia Electrica, para sistemas de controle de falhas em Sistemas Eléctricos de Potencia.

A amostra abrange os técnicos dos CFM afectos no porto de Nacala, na gestão e manutenção de redes eléctricas, cuja a faixa etária varia de 24 aos 63 anos de idade, que por opção não forma revelados os nomes.

## 1. Guião de Entrevista

a) Existe algum sistema de deteção e controle de falhas do porto de Nacala?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b) Em caso de uma anomalia, como é feita a deteção de falhas na rede eléctrica do porto de Nacala e quanto tempo a equipe leva para detectar a falha?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c) Há uma confiabilidade na informação, no ponto e o problema em causa?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

d) Os técnicos atendem o plano de manutenção de forma eficiente, e estão treinados?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

e) De que maneira o sistema de controle de falhas poderá ou irá permitir de uma forma rápida a equipe na identificação das falhas nos sistemas eléctricos?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

f) Para os grupos Geradores, como é feito o controle do nível do combustível e outros?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 2. Guião de Entrevista

g) Existe algum sistema de deteção e controle de falhas do porto de Nacala?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

h) Em caso de uma anomalia, como é feita a deteção de falhas na rede eléctrica do porto de Nacala e quanto tempo a equipe leva para detectar a falha?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

i) Há uma confiabilidade na informação, no ponto e o problema em causa?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

j) Os técnicos atendem o plano de manutenção de forma eficiente, e estão treinados?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

k) De que maneira o sistema de controle de falhas poderá ou irá permitir de uma forma rápida a equipe na identificação das falhas nos sistemas eléctricos?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

l) Para os grupos Geradores, como é feito o controle do nível do combustível e outros?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### 3. Guião de Entrevista

m) Existe algum sistema de deteção e controle de falhas do porto de Nacala?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

n) Em caso de uma anomalia, como é feita a deteção de falhas na rede eléctrica do porto de Nacala e quanto tempo a equipe leva para detectar a falha?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

o) Há uma confiabilidade na informação, no ponto e o problema em causa?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

p) Os técnicos atendem o plano de manutenção de forma eficiente, e estão treinados?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

q) De que maneira o sistema de controle de falhas poderá ou irá permitir de uma forma rápida a equipe na identificação das falhas nos sistemas eléctricos?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

r) Para os grupos Geradores, como é feito o controle do nível do combustível e outros?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### 4. Guião de Entrevista

s) Existe algum sistema de deteção e controle de falhas do porto de Nacala?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

t) Em caso de uma anomalia, como é feita a deteção de falhas na rede eléctrica do porto de Nacala e quanto tempo a equipe leva para detectar a falha?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

u) Há uma confiabilidade na informação, no ponto e o problema em causa?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

v) Os técnicos atendem o plano de manutenção de forma eficiente, e estão treinados?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

w) De que maneira o sistema de controle de falhas poderá ou irá permitir de uma forma rápida a equipe na identificação das falhas nos sistemas eléctricos?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

x) Para os grupos Geradores, como é feito o controle do nível do combustível e outros?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 5. Guião de Entrevista

y) Existe algum sistema de deteção e controle de falhas do porto de Nacala?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

z) Em caso de uma anomalia, como é feita a deteção de falhas na rede eléctrica do porto de Nacala e quanto tempo a equipe leva para detectar a falha?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

aa) Há uma confiabilidade na informação, no ponto e o problema em causa?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

bb) Os técnicos atendem o plano de manutenção de forma eficiente, e estão treinados?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

cc) De que maneira o sistema de controle de falhas poderá ou irá permitir de uma forma rápida a equipe na identificação das falhas nos sistemas eléctricos?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

dd) Para os grupos Geradores, como é feito o controle do nível do combustível e outros?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

## 1. Guião de Observação

a) O estado actual de Porto adequa para a integração de sistema de controle de falhas

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

b) Qual é a duração do tempo de investigação do local de falha?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

c) Há uma confiabilidade na informação, no ponto e o problema em causa?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

d) Os técnicos atendem o plano de manutenção de forma eficiente, e estão treinados?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

e) Com a modernização do porto, ate que ponto o aumento do uso de equipamentos eletrônicos, que normalmente são sensíveis a eventos relacionados à qualidade de energia elétrica (conteúdo harmônico, desbalanceamento de tensões), indica a necessidade de mitigação dos problemas relacionados a esses eventos?

R: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_