



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ANTHONY JOSEAN CORDEIRO CALDAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Campina Grande – PB  
Maio de 2013

ANTHONY JOSEAN CORDEIRO CALDAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Relatório de estágio supervisionado apresentado à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de bacharel em engenharia elétrica.

WASHINGTON LUIZ ARAÚJO NEVES, DR., UFCG  
ORIENTADOR

CAMPINA GRANDE – PB  
MAIO DE 2013

ANTHONY JOSEAN CORDEIRO CALDAS

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

Relatório de estágio supervisionado apresentado à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de bacharel em engenharia elétrica.

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_2013.

---

WASHINGTON LUIZ ARAÚJO NEVES Dr., UFCG

---

Professor(a) da UFCG

CAMPINA GRANDE – PB  
MAIO DE 2013

A minha mãe, Maria Benigna  
Cordeiro Cabral, pelos seus  
ensinamentos de vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família, em especial a minha mãe, Maria Benigna Cordeiro Cabral, pelo apoio e suporte incondicional.

Agradeço ao professor Pedro Luiz do Nascimento pelas oportunidades.

Agradeço ao professor Washington Luiz Araújo Neves pela oportunidade de ser seu estagiário orientando.

Agradeço aos engenheiros Mário Neto e Danilo Leão da prefeitura universitária da UFCG pela oportunidade de realização do estágio e pelo conhecimento e informações que me foram passadas ao longo do período de realização das atividades e que contribuíram, de uma forma significativa, para a minha formação.

Agradeço aos recém engenheiros empossados da Prefeitura Universitária da UFCG: Francisco Alex, João Helder e Camila Guedes pelos debates e trocas de ideias, bem como pelo auxílio durante a realização das atividades de estágio.

Agradeço aos colegas de curso, Tiago Balbino, Luciano Duarte, Márcio Rilton, Cláudio, Francisco, Miquéias e os demais pela contribuição direta ou indireta que permitiram, de alguma forma, que eu lograsse êxito em concluir o curso.

Agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram em minha formação pessoal e profissional.

## RESUMO

As atividades de estágio se constituem como uma etapa importante na formação do aluno de engenharia elétrica, pois permite uma aplicação prática dos conhecimentos adquiridos em sala de aula. A área de realização do estágio bem como o respectivo ambiente definirá as experiências a serem adquiridas no período de estágio. O engenheiro eletricista (ênfase eletrotécnica) atua nos respectivos sistemas de energia que vão, desde a geração até a transmissão e distribuição de energia elétrica. No âmbito da distribuição, as atividades básicas envolvem o trabalho com linhas de distribuição de tensão primária e/ou secundária, transformadores de distribuição, chaves seccionadoras, chave fusível unipolar, pára-raios, subestações, aterramento elétrico, medição e proteção de sistemas, além de outras atividades objetivando garantir a continuidade e a confiabilidade do fornecimento de energia elétrica ao consumidor final.

Palavras-chave: Estágio. Distribuição. Energia. Continuidade. Confiabilidade. Medição. Proteção.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Rede de distribuição convencional :a) Tensão primária b) Tensão Secundária .....	13
Figura 2.2 – Rede de distribuição primária compacta .....	14
Figura 2.3 – Cabo protegido.....	15
Figura 2.4 – Cabo mensageiro sustentando os condutores da rede por meio de um espaçador retangular.....	15
Figura 2.5 – Espaçador losangular .....	15
Figura 2.6 – Separador vertical .....	16
Figura 2.7 – Braço anti-balanço .....	16
Figura 2.8 – Isolador de ancoragem .....	17
Figura 2.9 – Isolador tipo pino.....	17
Figura 2.10 – Anel de amarração.....	17
Figura 2.11 – Grampo de ancoragem .....	18
Figura 2.12 – Braço tipo L .....	18
Figura 2.13 – Braço tipo C .....	18
Figura 2.14 – Suporte Horizontal .....	19
Figura 2.15 – Suporte Z .....	19
Figura 2.16 – Perfil em U .....	19
Figura 2.17 – Laço pré-formado.....	20
Figura 2.18 – Cantoneira auxiliar .....	20
Figura 2.19 – Cantoneira reta .....	20
Figura 2.20 – Estrutura empregada na rede secundária isolada (RSI) b) Cabo multiplexado .....	21
Figura 2.21 – Conector de perfuração .....	21
Figura 2.22 – Conector tipo cunha.....	21
Figura 2.23 – Representação esquemática da geração, transmissão, subtransmissão e distribuição de energia elétrica.....	22
Figura 2.24 – a) Transformador trifásico de distribuição b-) Placa de dados de um transformador trifásico de distribuição.....	22
Figura 2.25 – Subestação alimentada por ramal subterrâneo .....	26
Figura 2.26 – Subestação alimentada por ramal aéreo.....	26
Figura 2.27 – Subestação ao nível do solo .....	27
Figura 2.28 – Subestação em plano elevado.....	28
Figura 2.29 – NDU002 Energisa – Elos fusíveis para transformadores .....	29
Figura 2.30 – Mamede 2012 –Curva característica de pára-raios oxido de zinco e carboneto de silício .....	31
Figura 2.31 – NDU 010 Energisa – Para-raios poliméricos de distribuição.....	32
Figura 2.32 – Pára-raios polimérico de distribuição.....	32
Figura 2.33 – Chave fusível unipolar .....	35
Figura 2.34 – Curva características para elos fusível tipo K.....	36
Figura 2.35 – Analisador de qualidade de energia .....	38

Figura 2.36 – Evokit Schneider Electric .....	38
Figura 2.37 – Disjuntor Evolis Schneider Electric .....	39
Figura 2.38 – Relé digital série Sepam 20 .....	41
Figura 3.1 – a) Dimensionamento da seccionadora de entrada b) Ramal de entrada .....	42
Figura 3.2 – Cabine de entrada.....	43
Figura 3.3 – Posto de medição .....	43
Figura 3.4 – Posto de proteção .....	44
Figura 3.5 – Posto de correção de fator de potência .....	44
Figura 3.6 – Posto de saída .....	45
Figura 3.7 – Ramal de saída .....	45
Figura 3.8 – a) Relé digital b) Função sobrecorrente detectada.....	46
Figura 3.9 – Cabine do barramento do transformador.....	45
Figura 3.10 – Dados obtidos por meio do analisador de energia .....	48
Figura 3.11 – Dados do projeto elétrico do LabMet.....	48
Figura 3.12 – Cabine do secundário do transformador.....	49
Figura 3.13 – a) Troca de transformadores b) Instalação do novo transformador c) Novo transformador instalado .....	50
Figura 3.14 – a) Sistema de aterramento b) Conductor de aterramento c) Malha de aterramento .....	52
Figura 3.15 –a) Disjuntor com condutor superaquecido b) Comprometimento da conexão .....	52
Figura 3.16 –a) Retirada do disjuntor b) Novo Disjuntor instalado .....	53
Figura 3.17 –a) Subestação abrigada b) Transformador da subestação .....	53

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>13</b>
2.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA COMPACTA PROTEGIDA .....	13
<b>2.1.1 Media tensão</b> .....	<b>13</b>
2.1.1.1 Vantagens.....	14
2.1.1.2 Desvantagens .....	14
<b>2.1.2 Baixa tensão</b> .....	<b>20</b>
2.2 TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO.....	21
<b>2.2.1 Ensaio de transformador</b> .....	<b>23</b>
2.3 SUBESTAÇÕES DE CONSUMIDOR .....	24
<b>2.3.1 Subestação de instalação interior</b> .....	<b>25</b>
2.3.1.1 Subestações em alvenaria.....	25
2.3.1.2 Classificação das subestações quanto ao ramal de entrada.....	25
<b>2.3.2 Subestação de instalação exterior</b> .....	<b>27</b>
2.4 PROTEÇÃO EM SUBESTAÇÕES DE CONSUMIDOR .....	28
<b>2.4.1 Média tensão</b> .....	<b>28</b>
2.4.1.1 Proteção de sobrecorrente.....	28
2.4.1.2 Proteção de sobretensão .....	30
<b>2.4.2 Baixa tensão</b> .....	<b>32</b>
2.4.2.1 Sobrecorrente .....	32
<b>2.4.3 Aterramento em subestações de consumidor</b> .....	<b>33</b>
2.5 CHAVE FUSÍVEL INDICADOR UNIPOLAR .....	34
<b>2.5.1 Características elétricas</b> .....	<b>35</b>
<b>2.5.2 Elos fusíveis</b> .....	<b>35</b>
2.6 ANALISADOR DE QUALIDADE DE ENERGIA TRIFÁSICO .....	37
2.7 EVOKIT.....	38
<b>2.7.1 Disjuntor Evolis</b> .....	<b>39</b>
<b>2.7.2 Relé Digital</b> .....	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO 3 - EXPERIÊNCIAS, VIVÊNCIAS, ACOMPANHAMENTOS E OUTROS</b> .....	<b>42</b>
3.1 FORNECIMENTO DE ENERGIA À UFCG .....	42
3.2 INTERRUPÇÃO DE FORNECIMENTO DE ENERGIA DA UFCG.....	46

3.3 FORNECIMENTO DE ENERGIA AO PRÉDIO DO LABORATÓRIO DE METROLOGIA – LABMET.....	47
<b>3.3.1 Carregamento do transformador .....</b>	<b>47</b>
<b>3.3.2 Energização do Labmet .....</b>	<b>43</b>
3.4 SUBESTAÇÕES AÉREAS, SUBSTITUIÇÃO DE TRANSFORMADORES, REMODELAGEM DA REDE .....	49
<b>3.4.1 Troca de transformadores e remodelagem da rede de distribuição.....</b>	<b>47</b>
3.5 MANUTENÇÃO DO QUADRO NO BLOCO CD .....	52
3.6 MODIFICAÇÃO DA ALIMENTAÇÃO DO PRÉDIO DO SERVIÇO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO – STI .....	53
<b>4 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>54</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXO 1 - RELATÓRIO DE ENSAIOS DE TRANSFORMADOR .....</b>	<b>56</b>
<b>ANEXO 2 - DIAGRAMA UNIFILAR DO SISTEMA ELÉTRICO UFCG.....</b>	<b>57</b>

## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

O presente texto se refere à descrição de algumas considerações acerca das atividades de estágio supervisionado realizadas no período de 10/12/2012 a 17/04/2013 junto ao setor de engenharia da secretaria de infra-estrutura (Prefeitura Universitária) da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG.

Do estatuto de criação da UFCG em seu art 5º paragrafo único :

“A administração dos *campi* universitários será exercida por prefeituras universitárias, diretamente subordinadas à Reitoria, com atribuições definidas no Regimento da Reitoria”.

A prefeitura universitária está associada a secretaria de infra estrutura. O capítulo III do regimento da Reitoria traz as competências e atribuições de tal órgão na estrutura organizacional da UFCG:

Art. 26. A Secretaria de Infra-Estrutura tem por atribuição, a proposição de diretrizes, a orientação, a coordenação, a supervisão e a fiscalização de assuntos concernentes a infra-estrutura da Universidade, compreendendo:

I – colaborar com a Secretaria de Planejamento e Orçamento, no planejamento e desenvolvimento físico dos campi da Universidade;

II – elaborar estudos e projetos de edificações e infra-estruturas nos campi ou fora deles quando do interesse da Universidade;

III – solicitar a contratação, fiscalizar, executar e controlar obras e serviços de engenharia;

VI – manter e conservar bens móveis e imóveis da universidade;

V – gerenciar o setor de transportes;

VI – planejar, fiscalizar, controlar e operar os serviços públicos de água, energia e comunicações;

VII – determinar o setor de exercício dos servidores lotados na Secretaria;

VIII – zelar pela segurança da comunidade acadêmica, no âmbito dos campi, bem como pelo patrimônio da Universidade;

IX – gerir os créditos provisionados e os recursos repassados, que se destinem à execução de suas atividades.

Parágrafo único. Nos campi situados fora da sede, as finalidades discriminadas neste artigo serão atribuídas no todo ou em parte à Sub-Secretaria de Infra-Estrutura sediada em cada campus, sob a orientação técnica da Secretaria de Infra-Estrutura.

Art. 27. A Secretaria de Infra-Estrutura pode delegar atribuições específicas definidas em portaria emitida pelo secretário.

Verifica-se que as atribuições do setor de engenharia elétrica da prefeitura universitária incluem: elaboração de projetos de natureza elétrica, elaboração de orçamentos, fiscalização e manutenção elétrica.

O relatório está dividido em duas partes. A primeira parte consiste em um teórico acerca sobre questões que envolveram de forma direta ou indireta a

realização das atividades. Nessa parte fez-se considerações acerca de dispositivos, equipamentos, técnicas, normas e/ou procedimentos. Na segunda parte foram abordadas algumas vivências e experiências de campo baseadas na explanação da primeira parte.

## CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA COMPACTA PROTEGIDA

Constitui-se em uma nova opção para a distribuição de energia elétrica em média e baixa tensão, por meio da substituição dos tradicionais cabos nus. Recentemente essas redes vêm sendo extensivamente utilizadas pelas concessionárias de energia elétrica.

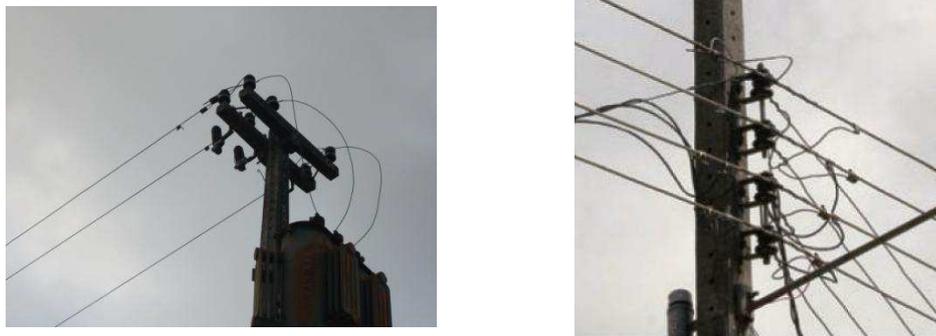


Figura 2.1 – Rede de distribuição convencional :a) Tensão primária b) Tensão Secundária

No Brasil, a rede compacta de distribuição em tensão primária é regulamentada pela norma “NBR 15992:2011 - Redes de distribuição aérea de energia elétrica com cabos cobertos fixados em espaçadores para tensões até 36,2 Kv”, além das orientações técnicas estabelecidas por cada concessionária local.

#### 2.1.1 Media tensão

A rede de distribuição de média tensão do tipo compacta foi inicialmente desenvolvida pela empresa Hendrix W&C, em 1951, nos Estados Unidos. O objetivo inicial foi desenvolver uma rede aérea com compactação próxima à encontrada em redes subterrâneas, reduzindo, dessa forma, a área de ocupação [11].

A rede compacta utiliza 3 condutores cobertos protegidos e apoiados em espaçadores sustentados por um cabo mensageiro de aço e seus respectivos acessórios e estruturas. Em seus requisitos gerais, a norma NBR 15992

especifica que a rede compacta deve ser tratada como rede primária nua para todos os aspectos de segurança que envolvam construção, operação, bem como sua respectiva manutenção.



Figura 2.2 – Rede de distribuição primária compacta

#### 2.1.1.1 Vantagens

Dentre as vantagens desse tipo de rede podem-se citar:

- Melhoria da confiabilidade no fornecimento de energia;
- Redução do impacto ao meio ambiente;
- Redução da faixa de servidão;
- Melhoria estética;
- Redução de custo de operação e manutenção.

#### 2.1.1.2 Desvantagens

Algumas desvantagens podem ser elencadas, a saber:

- Custo de implantação maior que as redes convencionais;
- Presença de condições de multi-estressamento aos elementos que constituem a rede. Esses estresses, agindo de forma individual ou combinada, podem induzir o envelhecimento dos materiais poliméricos usados na composição dos sistemas de isolamento dos equipamentos das redes protegidas. Dentre esses estresses destacam-se:
  - ✓ Estresse mecânico: vibração, tração, torção dos cabos da rede;
  - ✓ Estresse elétrico: Concentração de campo;
  - ✓ Estresse térmico: temperatura de operação e variações de temperatura ambiente;

- ✓ Estresse ambiental: Gases que compõem o ambiente, poluentes, umidade, radiação ultravioleta.
- Possibilidade de surgimento de trilhamento elétrico e erosão – O trilhamento é um mecanismo pelo qual se verifica um envelhecimento superficial do dielétrico, que produz trilhas como resultado da ação de descargas próximas, ou na superfície do material isolante. A erosão é a perda gradual e localizada de massa que ocorre pela ação de descargas superficiais

A seguir tem-se uma breve descrição acerca dos condutores bem como dos acessórios comumente empregados nesse tipo de rede:

a) Cabos

Cabo coberto (protegido) – Trata-se do cabo condutor de energia elétrica, propriamente dito, do tipo não isolado revestido de material polimérico (XLPE) que evita fuga de corrente elétrica em caso de contato acidental com objetos aterrados.



Figura 2.3 – Cabo protegido

Cabo mensageiro – Trata-se de um cabo de aço zincado utilizado para sustentação mecânica dos cabos protegidos e onde se apoia os espaçadores.

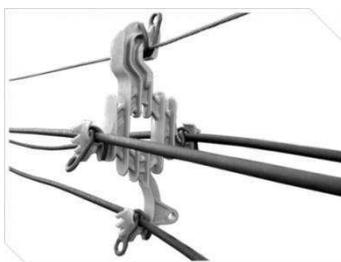


Figura 2.4 – Cabo mensageiro sustentando os condutores da rede por meio de um espaçador retangular

b) Acessórios poliméricos

Espaçador – Trata-se de um acessório constituído de material polimérico em formato de losango cuja função principal é a de sustentar e separar o

conjunto de cabos (protegido e mensageiro) ao longo do vão, mantendo o isolamento elétrico da rede.

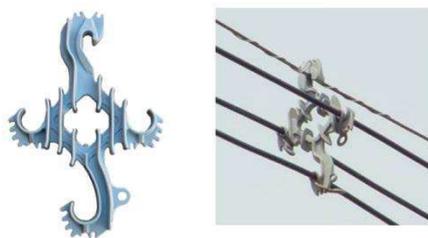


Figura 2.5 – Espaçador losangular

Separador vertical – Trata-se de um acessório constituído de material polimérico cuja função é a de dar sustentação e separação ao conjunto de cabos da rede compacta, mantendo o isolamento elétrico da rede.

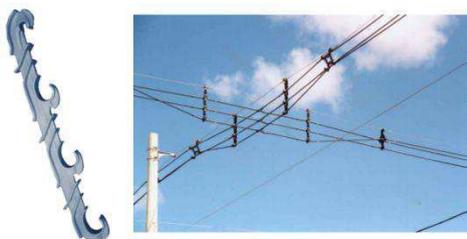


Figura 2.6 – Separador vertical

Braço anti-balanço – trata-se de um acessório de material polimérico destinado à redução da vibração mecânica dos condutores.



Figura 2.7 – Braço anti-balanço

Isolador de ancoragem – Trata-se de um isolador empregado para a sustentação e a fixação dos cabos em estruturas de fim de linha.

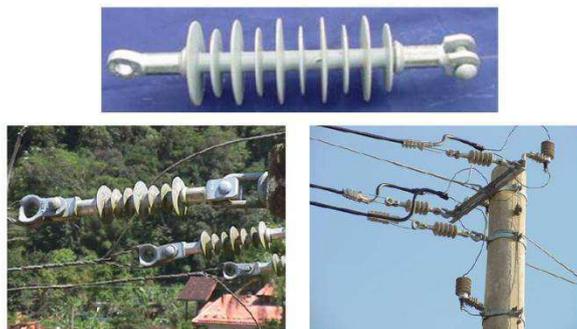


Figura 2.8 – Isolador de ancoragem

Isolador tipo pino – Isolador polimérico destinado a sustentação dos cabos de força mantendo o isolamento elétrico da rede



Figura 2.9 – Isolador tipo pino

Anel de amarração – Trata-se de acessório de material polimérico empregado na fixação do condutor fase no isolador tipo pino, espaçador losangular e no separador de fase.



Figura 2.10 – Anel de amarração

Grampo de ancoragem polimérico – Acessório destinado à ancoragem dos cabo fase.



Figura 2.11 – Grampo de ancoragem

### c) Ferragens

Braço tipo L – Trata-se de uma ferragem em formato de “L” fixada ao poste com função de sustentação do cabo mensageiro.

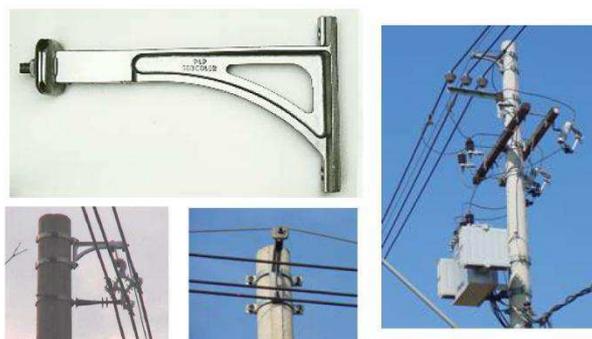


Figura 2.12 – Braço tipo L

Braço tipo C – Trata-se de uma ferragem em formato de “C”, fixada ao poste, com finalidade de sustentação das fases.



Figura 2.13 – Braço tipo C

Suporte horizontal – Ferragem destinada a suportar os isoladores tipo pino.



Figura 2.14 – Suporte Horizontal

Suporte Z – Ferragem em formato de “Z” com a finalidade de fixar o pára-raios ou a chave fusível.

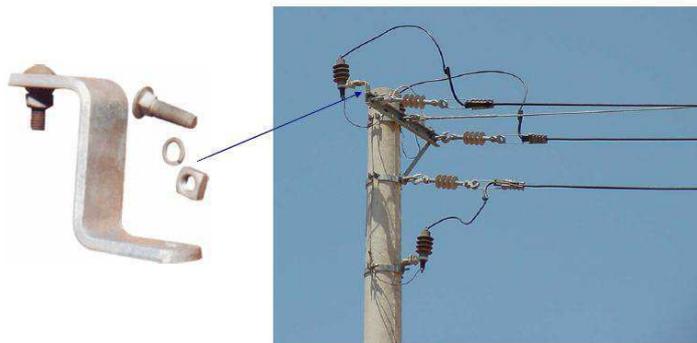


Figura 2.15 – Suporte Z

Perfil em U – Ferragem empregada como estrutura para a instalação de equipamentos na montagem de redes compactas.

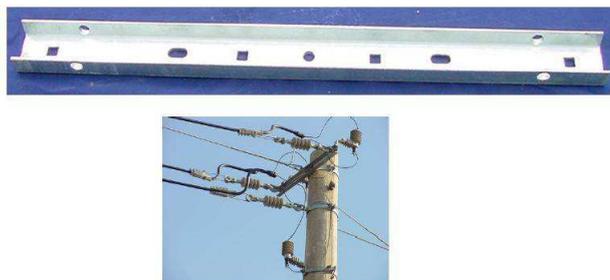


Figura 2.16 – Perfil em U

Laço pré-formado para mensageiro – Trata-se de um laço laminado, trefilado revestido de zinco destinado à amarração de espaçadores.

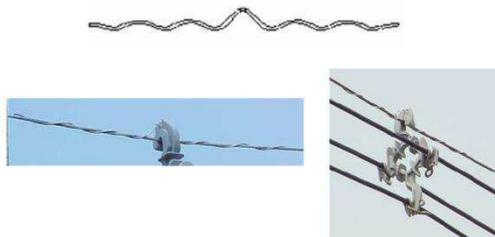


Figura 2.17 – Laço pré-formado

Cantoneira auxiliar – Utilizada para o encabeçamento das fases na extremidade superior do braço tipo “C”, ou para a instalação de chaves fusíveis ou pára-raios.

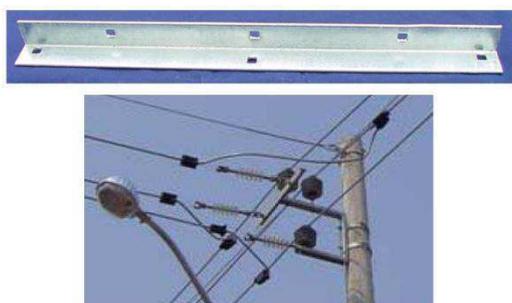


Figura 2.18 – Cantoneira auxiliar

Cantoneira reta – Fabricada em aço carbono com zincagem a quente. Utilizado para fixar a cantoneira auxiliar no braço suporte "C".

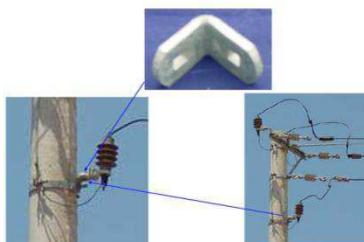


Figura 2.19 – Cantoneira reta

### 2.1.2 Baixa tensão

Em baixa tensão, tem-se adotado, comumente pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica, um sistema de redes aéreas em tensão secundária que utiliza cabos isolados multiplexados. Os cabos multiplexados são formados pela reunião de 1, 2 ou 3 condutores fase isolados em torno de

um condutor de neutro que também é utilizado na sustentação do conjunto. A principal estrutura empregada nesse tipo de sistema consiste de uma roldana presa ao poste que permite a amarração dos cabos.



Figura 2.20 -Estrutura empregada na rede secundária isolada (RSI) b) Cabo multiplexado

Conector tipo perfuração – Destinado a conectar os cabos isolados.



Figura 2.21 – Conector de perfuração

Conector tipo cunha – Destinado a conectar os condutores neutro.



Figura 2.22 – Conector tipo cunha

## 2.2 TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO

Segundo Mamede (2012, p. 448):

Transformador é um equipamento de operação estática que por meio de indução eletromagnética transfere energia de um circuito, chamado primário, para um ou mais circuitos denominados,

respectivamente, secundário e terciário, sendo no entanto mantida a mesma frequência, porém com tensões e correntes diferentes.

Ainda segundo Mamede (2012), os transformadores podem ser classificados em função da posição que ocupam no sistema. Na figura 21, a seguir, tem-se uma representação esquemática da geração, transmissão, subtransmissão e distribuição de energia elétrica.

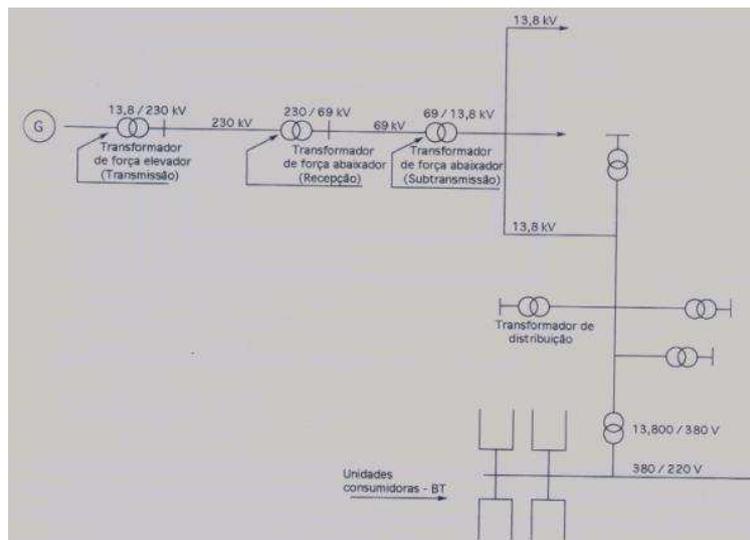


Figura 2.23 – Representação esquemática da geração, transmissão, subtransmissão e distribuição de energia elétrica.  
Fonte: Mamede (2012, p.449)

Os transformadores de distribuição, como o próprio nome sugere, estão localizados nas regiões consumidoras, geralmente apresentam uma potência de até 300 kVA e são empregados no fornecimento de energia elétrica em tensão secundária (380/220 V).



Vijai Elétrica do Brasil Ltda  
João Pessoa - PB, BRASIL

TRANSFORMADOR DE DISTRIBUIÇÃO TRIFÁSICO

Nº SÉRIE: \_\_\_\_\_ MÊS DE FABRICAÇÃO: \_\_\_\_\_  
 POTÊNCIA: kVA 30 ANO DE FABRICAÇÃO: 2005  
 IMPEDÂNCIA: % 3 NORMA: IEEE 5992  
 FREQUÊNCIA: Hz 60 FASES: 3  
 TEMP. LIQ. ISOL: °C 55 CLASSE: kV/55  
 TEMP. ENROL: °C 55 REG. SERVIÇO: CONTÍNUO  
 TEMP. AMBIENTE: °C 40 ALTITUDE ATE: m 1000  
 REFRIGERAMENTO: LW CONDUTOR ATÍP: COWRE  
 TIPO ÓLEO/ISOLANTE: B NÓCULO: IMPREGNADO

COMBINAÇÃO		VOLTS	
POSICION. COMBINAÇÃO	COMBINAÇÃO UGR	ALTA TENSÃO	BAIXA TENSÃO
1	10-30/10-10-10	23000	230/127
2	12-7/10-10-10	11400	
3	7-15/10-10-10	10800	
4	10-4/10-10-10	10800	

Diagrama Mecânico DYN11

DATA: \_\_\_\_\_ VOLUME DE ÓLEO: l 64  
 Nº PEÇOS: \_\_\_\_\_ MASSA TOTAL: kg 241  
 Nº ITEM: 32079 PLACA DE IDENT. Nº: ENR-024 (10/07)

CNPJ: 06.988.663/0001-74 Tel/Fax: +55 51 3533-1900  
 Ins. Estadual: 16.148.584-2 E-mail: vendas@vijai.com.br

Figura 2.24 – a) Transformador trifásico de distribuição b-) Placa de dados de um transformador trifásico de distribuição

Em geral, os transformadores de distribuição trifásicos apresentam bobinas com ligação em delta no enrolamento de alta tensão e estrela no enrolamento de baixa tensão. Além disso, nesses casos, comumente, o neutro da estrela se apresenta solidamente aterrado.

### **2.2.1 Ensaio de transformador**

Segundo a Norma NBR 5356-1 são classificados em 3 tipos: ensaios de rotina; ensaios de tipo e ensaios especiais.

#### **a) Ensaio de rotina**

Ainda pela norma NBR 5356-1: “Os ensaios de rotina são feitos pelo fabricante em sua fábrica, cabendo ao comprador o direito de designar um inspetor para assistir aos ensaios”.

Os ensaios de rotina comumente realizados são listados a seguir:

- a) Resistência elétrica dos enrolamentos;
- b) Relação de tensões;
- c) Resistência do isolamento;
- d) Polaridade;
- e) Deslocamento angular e sequência de fases;
- f) Perdas em vazio e em carga;
- g) Corrente de excitação;
- h) Impedância de curto circuito;
- i) Ensaio dielétricos;
- j) Estanqueidade e resistência à pressão, a quente, em transformadores subterrâneos de qualquer potência nominal e à temperatura ambiente nos demais transformadores de potência nominal igual ou superior a 750 kVA.

#### **b) Ensaio de tipo**

- a) Elevação de temperatura;
- b) Tensão suportável nominal de impulso atmosférico para transformadores com tensão Um menor ou igual a 242 kV;
- c) Nível de ruído;

- d) Ensaios no óleo isolante, após contato com equipamento, em transformadores com tensão Um menor ou igual a 36, 2 kV;
- e) Medição de potência absorvida pelos motores de bombas de óleo e ventiladores.

### **c) Ensaios especiais**

Os ensaios especiais são os seguintes:

- a) Ensaio de curto circuito;
- b) Medição da impedância de sequência zero em transformadores trifásicos;
- c) Medição dos harmônicos na corrente de excitação;
- d) Análise cromatográfica dos gases dissolvidos no óleo isolante;
- e) Fator de potência do isolamento;
- f) Vácuo interno;
- g) Nível de tensão de rádio interferência;
- h) Ensaios para verificação do esquema de pintura das partes internas e externas do transformador conforme a NBR 11388

Em anexo, é apresentado um exemplo de relatório de ensaios de tipo de um dos transformadores utilizados no sistema de distribuição de energia elétrica da UFCG no campus de Campina Grande.

## **2.3 SUBESTAÇÕES DE CONSUMIDOR**

Segundo Mamede (2008, p. 576):

Subestação é um conjunto de condutores, aparelhos e equipamentos destinados a modificar as características da energia elétrica (tensão e corrente), permitindo a sua distribuição aos pontos de consumo em níveis adequados de utilização.

Mamede (2008, p. 578) traz, ainda, a seguinte afirmação:

[...] por exigência da legislação em vigor, todo consumidor cuja potência instalada seja igual ou superior a 50 kW e igual ou inferior a 2500 kW deve, em princípio, ser atendido pela concessionária local em tensão primária de distribuição.

Em geral, quanto à construção, as subestações de consumidor podem ser classificadas em dois tipos:

- Subestação de instalação interior;
- Subestação de instalação exterior

### **2.3.1 Subestação de instalação interior**

Trata-se da subestação onde os equipamentos e aparelhos são instalados em dependências abrigadas das intempéries. Nessa tipo de instalação, as subestações podem ser construídas em alvenaria ou em invólucro metálico.

#### **2.3.1.1 Subestações em alvenaria**

As subestações em alvenaria são divididas em compartimentos denominados de postos ou cabines. Cada compartimento desempenha uma função bem definida.

##### **a) Posto de medição primária**

É a cabine destinada à alocação dos equipamentos auxiliares de medição como, por exemplo, transformadores de potencial e transformadores de corrente.

##### **b) Posto de proteção primária**

É destinado à instalação de chaves seccionadoras, fusíveis ou disjuntores responsáveis pela proteção geral e seccionamento da instalação.

##### **c) Posto de transformação**

É aquele destinado à instalação dos transformadores de força podendo conter, ou não, os equipamentos de proteção individual.

#### **2.3.1.2 Classificação das subestações quanto ao ramal de entrada**

As subestações podem ser classificadas, ainda, conforme o tipo de ramal de entrada.

##### **a) Subestação alimentada por ramal de entrada subterrâneo**

Nesse tipo de subestação, a entrada em tensão primária comumente origina-se de poste externo com destino à cabine.

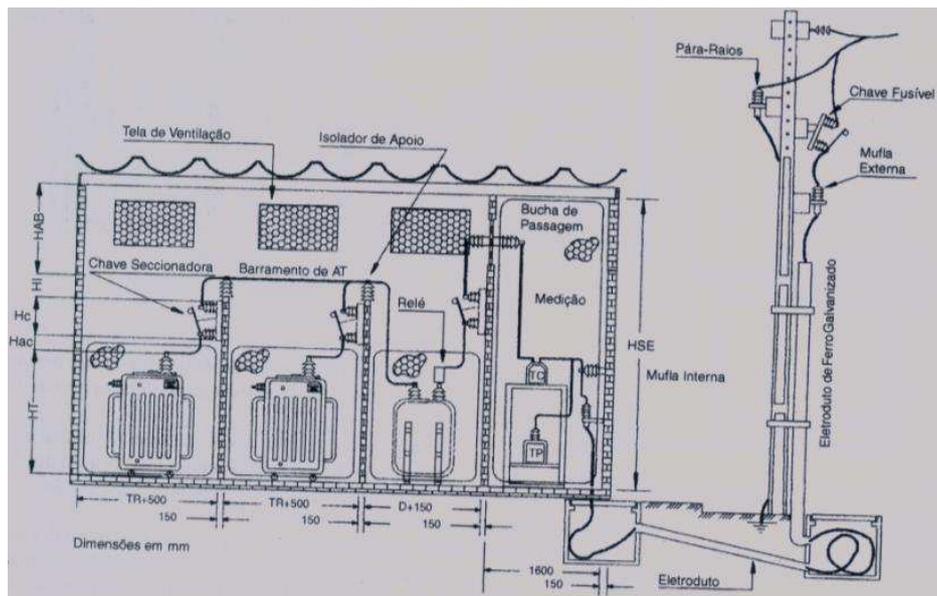


Figura 2.25 – Subestação alimentada por ramal subterrâneo  
 Fonte: Mamede (2008, p.583)

### b) Subestação alimentada por ramal de entrada aéreo

A seguir, é apresentado um exemplo de subestação desse tipo.

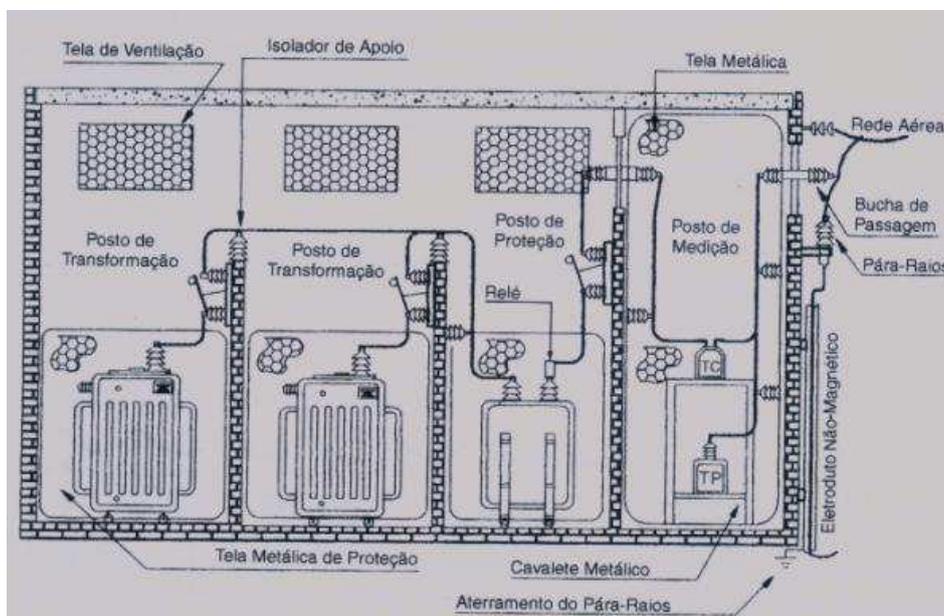


Figura 2.26 – Subestação alimentada por ramal aéreo  
 Fonte: Mamede (2008, p.584)

### c) Subestação modular metálica

Segundo Mamede (2008 , p. 584) , também chamada de subestação em invólucro metálico, é aquela destinada à indústria ou a outras edificações nas quais, em geral, o espaço disponível é reduzido. Pode ser construída para uso interno ou ao tempo.

### 2.3.2 Subestação de instalação exterior

É a subestação na qual os equipamentos são instalados ao tempo. As subestações de instalação exterior podem ser classificadas segundo a montagem dos equipamentos em três tipos:

#### a) Subestações de instalação ao nível do solo

Trata-se da subestação em que os equipamentos – tais como disjuntores e transformadores – são instalados em bases de concreto construída ao nível do solo e os demais equipamentos, tais como pára-raios, chaves fusíveis e seccionadoras, são montadas em estruturas aéreas, conforme exemplifica a figura a seguir:

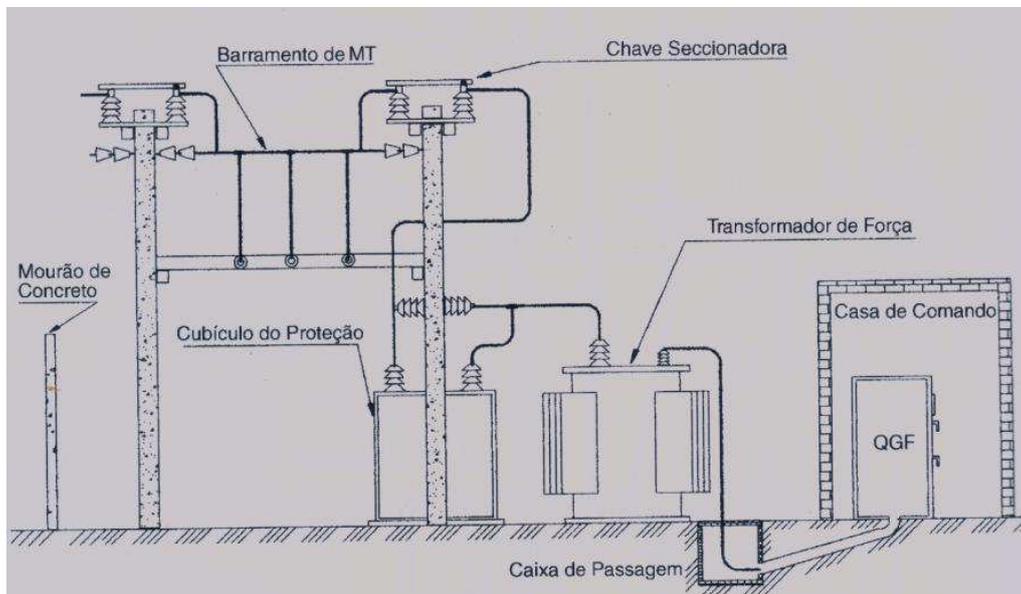


Figura 2.27– Subestação ao nível do solo

Fonte: Mamede (2008, p.592)

## b) Subestações aéreas em plano elevado

Em tais subestações, o transformador se encontra fixado em torre ou plataforma

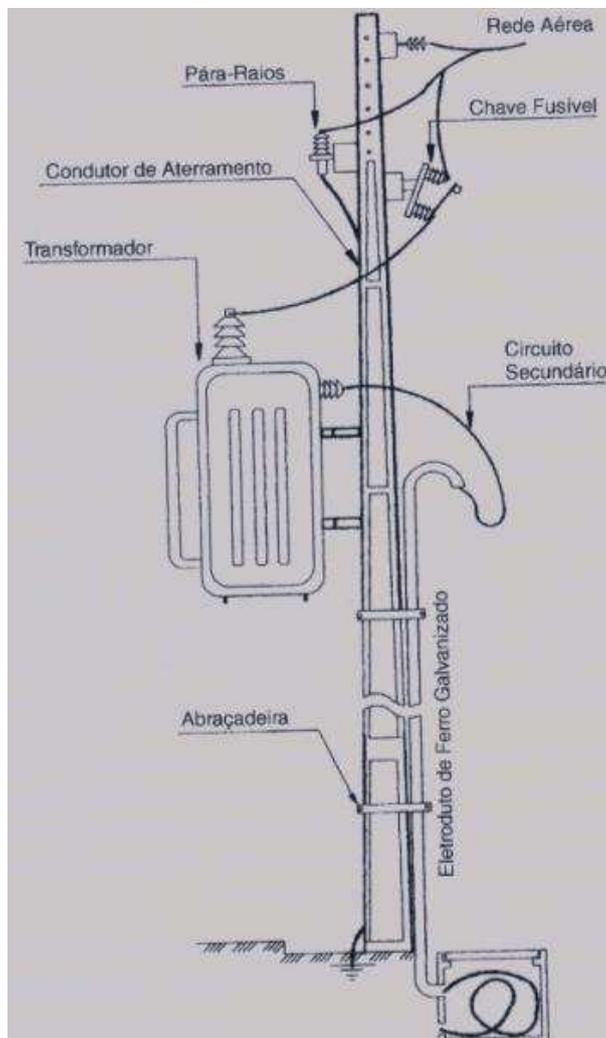


Figura 2.28 – Subestação em plano elevado  
Fonte: Mamede (2008, p.590)

## 2.4 PROTEÇÃO EM SUBESTAÇÕES DE CONSUMIDOR

### 2.4.1 Média tensão

#### 2.4.1.1 Proteção de sobrecorrente

A NBR 14.039/03 estabelece que, para subestações com capacidade de transformação trifásica igual ou inferior a 300 kVA, a proteção geral na média

tensão deve ser realizada por meio de um disjuntor acionado através de relés secundários com as funções 50 e 51, fase e neutro (onde é fornecido o neutro), ou por meio de uma chave seccionadora e fusível, sendo que, neste caso, adicionalmente, a proteção geral na baixa tensão deve ser realizada através de disjuntor.

Ainda a partir da norma NBR 14039/03 tem-se que, para subestações com capacidade de transformação trifásica superior a 300 kVA, a proteção geral na média tensão deve ser realizada por meio de um disjuntor acionado através de relés secundários com as funções 50 e 51, fase e neutro (onde é fornecido o neutro).

Como não poderia ser diferente, a NDU 002 da Energisa traz orientações semelhantes. Para subestações de até 300 kVA, a proteção contra sobrecorrentes será feita por chaves-fusíveis com capacidade de mínima de interrupção de 10 kA. Adicionalmente, a proteção no lado de baixa tensão deve ser efetuada por disjuntor termomagnético em caixa moldada com capacidade de interrupção mínima de 10 kA. O dimensionamento dos elos fusíveis é dado em função da potência do transformador empregado, conforme a tabela fornecida pela concessionária:

<b>Transformador Trifásico</b>			
<b>POTÊNCIA (kVA)</b>	<b>ELO-FUSÍVEL 11,4 kV</b>	<b>ELO-FUSÍVEL 13,8 kV</b>	<b>ELO-FUSÍVEL 22 kV</b>
	<b>MINAS GERAIS / NOVA FRIBURGO</b>	<b>BORBOREMA / SERGIPE / PARAÍBA</b>	<b>MINAS GERAIS</b>
15	0,5H	0,5H	0,5H
30	1H	1 H	1 H
45	2H	2 H	1H
75	3H	3H	2H
112,5	5H	5H	2H
150	8K	8K	3H
225	12K	10K	5H
300	15K	12K	8K

Figura 2.29 – NDU002 Energisa – Elos fusíveis para transformadores

Para subestações acima de 300 kVA, a NDU 002 da Energisa traz orientações similares à NBR 14039. O texto da NDU 002, que versa acerca do assunto, diz que, nesses casos, a proteção geral em média tensão deve ser efetuada exclusivamente por meio de um disjuntor acionado através de relés

secundários com funções 50 e 51 fase e neutro (onde é fornecido o neutro). Tal disjuntor deve ser a vácuo ou a SF6 com capacidade de interrupção simétrica mínima de 350 MVA com corrente nominal mínima de 350 A.

#### 2.4.1.2 Proteção de sobretensão

Para proteção dos equipamentos elétricos contra sobretensão e em pontos de transição de rede aérea para subterrânea ou vice versa, exige-se o uso de supressor de surto (pára-raios) poliméricos, conforme estabelece a NDU-002 da Energisa.

##### **a) Pára-raios**

Os supressores de surto, conhecidos comumente como pára-raios, são equipamentos destinados à proteção do sistema elétrico contra surtos de tensão, mais especificamente sobretensões. Tais sobretensões podem ser de origem atmosférica ou de manobra.

Segundo Mamede (2012, p.1):

[...] os pára-raios são utilizados para proteger os diversos equipamentos que compõem uma subestação de potência ou simplesmente um único transformador de distribuição instalado em poste. Os pára-raios limitam as sobretensões a um valor máximo. Este valor é tomado como o nível de proteção que o pára-raios oferece ao sistema.

O princípio de funcionamento pára-raios está baseado na característica não linear dos elementos varistores que compõem o dispositivo. Atualmente, se utilizam dois elementos principais na construção de pára-raios: carboneto de silício e óxido de zinco. A seguir tem-se, um comparativo entre as curvas características de cada elemento onde pode ser vista a característica não linear de ambos:

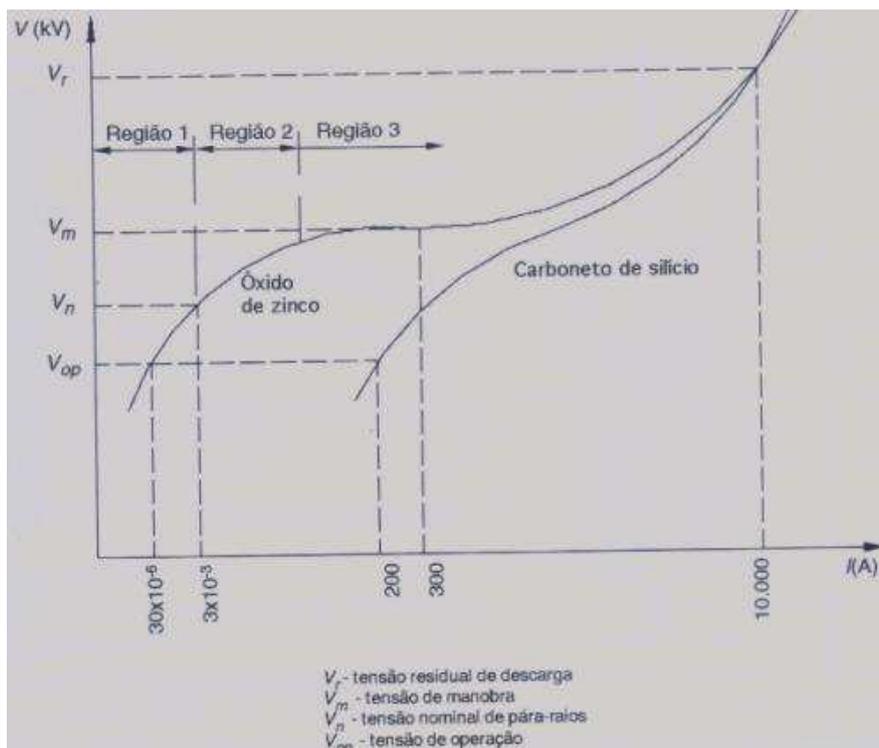


Figura 2.30 - Curva característica de pára-raios óxido de zinco e carboneto de silício  
 Fonte: Mamede (2012, p.3)

A especificação de um pára-raios pode ser dada pelos seguintes dados:

- Tensão Nominal;
- Tensão disruptiva máxima de impulso atmosférico;
- Tensão residual máxima sob corrente de descarga nominal;
- Tensão disruptiva à frequência industrial;
- Tensão disruptiva máxima por surto de manobra;
- Corrente de descarga nominal;
- Classe (A ou B);
- Tipo de resistor não-linear(carboneto de silício ou óxido de zinco).

#### Pára-raios de distribuição

Da NDU 002 tem-se, então: “Os pára-raios deverão ser poliméricos e suas especificações conforme norma NDU-10 (Normas de padrões e especificações de materiais da distribuição)”.

Portanto, consultando a NDU-10, a escolha dos pára-raios é dada conforme a tabela abaixo:

ITEM	CÓDIGO ALMOX.	APLICAÇÃO SISTEMA 60Hz (kV)	TENSÃO NOMINAL KV EFICAZ	CORRENTE NOMINAL DESCARGA ONDA 8/20µs KA	TENSÃO RESIDUAL MÁX. P/ CORRENTE DE DESCARGA (8/20µs)	L MÁXIMO (mm)	H MÍNIMO (mm)	TORQUE MÍNIMO DE INSTALAÇÃO NOS TERMINAIS (daN x m)	MASSA APROX. (kg)
1	30326	11,4	10	10	36	700	80	2,4	2
2	32655	13,8	12	10	36,7	700	80		2,1
3	30327	22	18	10	64,8	1090	80		3,3

Figura 2.31 – NDU 010 Energisa -Pararraios poliméricos de distribuição

Normalmente, os pára-raios de distribuição são instalados próximos aos transformadores de distribuição. Alguns fabricantes de transformadores reservam local no próprio corpo do transformador para a instalação dos pára-raios.



Figura 2.32 – Pára-raios polimérico de distribuição

## 2.4.2 Baixa tensão

### 2.4.2.1 Sobrecorrente

A NDU 002 estabelece que, para a proteção contra sobrecorrente, deve ser utilizado um Disjuntor termomagnético, Norma NEMA ou IEC.

### Subtensão

A NDU 002 prescreve, ainda, que a proteção contra falta de tensão e subtensão deverá ser feita no circuito secundário e, especialmente, junto aos motores elétricos ou outras cargas, não se permitindo que o disjuntor geral seja equipado com bobina de mínima tensão.

### 2.4.3 Aterramento em subestações de consumidor

As subestações devem ter todas as partes condutoras não energizadas ligadas a malha de terra. Desse modo, devem-se aterrar:

- Suportes metálicos destinados à fixação de isoladores e aparelhos;
- Proteções metálicas, tais como telas, portas etc;
- Carcaça dos transformadores;
- Carcaça dos geradores;
- Carcaça dos transformadores de medida;
- Carcaça e os volantes de disjuntores de média tensão;
- Tampas metálicas das valas e eventuais tubulações metálicas;
- Neutro do transformador;
- Condutor de proteção.

A NBR 14.039/03 recomenda que a resistência de aterramento seja da ordem de 10 ohm em qualquer época do ano, a fim de se evitar potenciais perigos no solo durante curto-circuitos monopolares.

A seguir, seguem algumas orientações da Enegis através da NDU 002 para sistema de aterramento em subestações de consumidor:

- As hastes deverão ser cobreadas e seu comprimento de 2,4 metros com distância entre elas de 3 metros;
- A interligação de todo o circuito de aterramento e sua ligação ao neutro deverá ser feita com cabo de cobre nu 50 mm<sup>2</sup>.
- Para as cabines de medição e proteção abrigadas, utilizar o mínimo de seis hastes de aterramento;
- O número mínimo de hastes exigido na malha de terra é de 06 para subestações abrigadas de até 150 kVA, 09, para subestações abrigadas até 500kVA, conforme o projeto da malha de aterramento. Para subestações aéreas, o número mínimo exigido, até 225kVA (220/127V) e 300kVA(380/220V) é de 03 hastes;
- Todas as ferragens, tais como tanques dos transformadores, disjuntores e telas, deverão ser ligados ao sistema de terra com cabo de cobre nu 50mm<sup>2</sup>;
- O cabo de aterramento deve ser contínuo, nu e sem emendas;

- O neutro do sistema secundário (sistema multiterrado) deve estar acessível e deve ser diretamente interligado à malha de terra da unidade consumidora e ao neutro dos transformadores;
- Para subestações externas, o sistema de aterramento está apresentado nos próprios desenhos.

Ainda de acordo com a NDU 002 tem-se que:

O condutor de ligação dos pára-raios para a terra deverá ser conectado às demais ligações de aterramento e ser de cobre nu, seção mínima de 50mm<sup>2</sup>, com jumper individual para cada pára-raios. Se a subestação for protegida por pára-raios além daqueles instalados na rede, a conexão desses dispositivos à malha de terra da subestação deve ser idêntica a dos pára-raios da rede.

## 2.5 CHAVE FUSÍVEL INDICADORA UNIPOLAR

Segundo Mamede (2012, p. 46): “É um equipamento destinado à proteção de sobrecorrente de circuitos primário, utilizado em redes aéreas de distribuição urbana e rural e em pequenas subestações de consumidor e de concessionária”.

Tal componente se constitui em um dispositivo clássico para a proteção de sobrecorrente de ramais e de transformadores em redes de distribuição, sobretudo aéreas.

Mamede (2008 ,p. 397) ainda afirma que:

[...] É constituída, na versão mais comum, de um corpo de porcelana com dimensões adequadas à tensão de isolamento e à tensão suportável de impulso, e no qual está articulado um tubo, normalmente fabricado de fenolite ou fibra de vidro, que consiste no elemento fundamental que define a capacidade de interrupção da chave. Dentro desse tudo, denominado de cartucho, é instalado o elo fusível.

A seguir tem-se um exemplo de uma chave fusível:

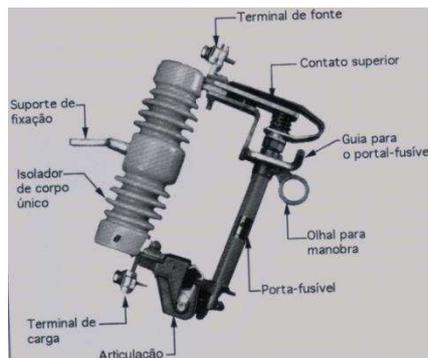


Figura 2.33 – Chave fusível unipolar  
Fonte: Mamede (2012, p.46)

### 2.5.1 Características elétricas

A NBR 7.282 – Dispositivos fusíveis de alta tensão — Dispositivos tipo expulsão — Requisitos e métodos de ensaio, estabelece as características elétricas necessárias para as condições de funcionamento das chaves fusíveis unipolares. Tal norma classifica que esses equipamentos são classificados quanto ao tipo de base, podendo ser de 3 tipos diferentes: A, B ou C. A seguir, tem-se uma tabela extraída da NBR 7.282 que apresenta os requisitos mínimos elétricos para uma chave fusível em função de sua classe de tensão.

A chave fusível indicador unipolar é especificada a partir dos seguintes parâmetros:

- Tensão nominal eficaz, em KV;
- Corrente nominal, em A;
- Frequência nominal;
- Capacidade de interrupção simétrica, em kA;
- Capacidade de interrupção assimétrica, em kA;
- Distância de escoamento;
- Tensão suportável de impulso (TSI), em KV.

### 2.5.2 Elos fusíveis

Os elos fusíveis constituem-se no elemento metálico no qual é inserida uma parte sensível de correntes elétricas elevadas que se rompem quando

utilizados em chaves fusíveis em casos de sobrecorrente. A norma brasileira NBR 7.282:2011 prescreve três tipos de elos fusíveis de distribuição: elo tipo K, H e T.

#### a) Elos tipo H

É utilizado na proteção primária de transformador de distribuição e fabricado para correntes de até 5 A. São considerados elos fusíveis de alto surto, isto é, apresentam um tempo de atuação lento para altas correntes.

#### b) Elos tipo K

É largamente utilizado na proteção de redes aéreas de distribuição urbanas e rurais. Estes elos são considerados fusíveis de atuação rápida.

#### c) Elos tipo T

Estes elos são considerados fusíveis de atuação lenta. Sua aplicação principal é verificada na proteção de ramais primários de redes aéreas de distribuição.

O funcionamento do elo fusível se baseia em suas respectivas curvas características. A seguir, é apresentado um exemplo de uma curva característica para o elo fusível tipo k.

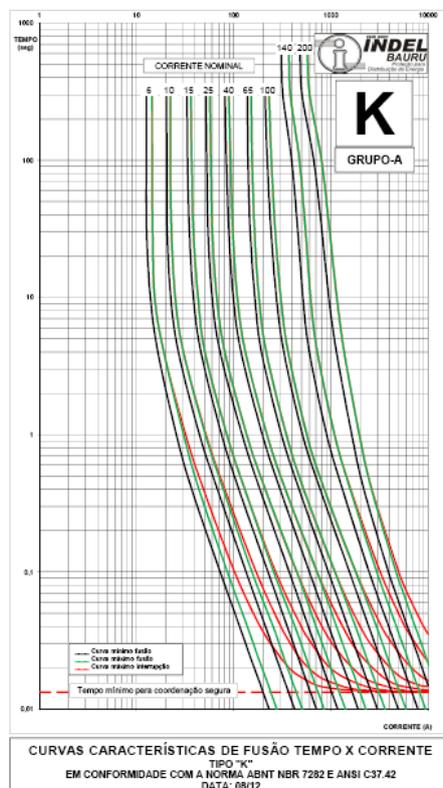


Figura 2.34 – Curva características para elos fusível tipo K

No que diz respeito à utilização de elos fusíveis na proteção de transformadores, especialmente em subestações aéreas, é comum encontrar tabelas das concessionárias distribuidoras de energia contendo o respectivo fusível adequado para cada potência nominal de transformador.

## 2.6 ANALISADOR DE QUALIDADE DE ENERGIA TRIFÁSICO

Trata-se de um equipamento medidor eletrônico destinado a efetuar medições elétricas em sistemas de corrente alternada.

A seguir, serão apresentadas algumas características de medição de um analisador de energia trifásico da marca Homis.

- ✓ Medição para sistemas:
  - Trifásico a quatro fios;
  - Trifásico a três fios;
  - Monofásico a dois fios;
  - Monofásico a três fios.
- ✓ Medição de tensão RMS;
- ✓ Medição de potencia ativa (W, kW, MW, GW);
- ✓ Medição de potência aparente (kVA);
- ✓ Medição e potência reativa (kvar);
- ✓ Medição de fator de potência;
- ✓ Medição de ângulo de fase;
- ✓ Medição de energia ativa (WH, kWh);
- ✓ Medição de energia reativa (kvarH);
- ✓ Medição de demanda média;
- ✓ Medição de demanda máxima;
- ✓ Análise de harmônicos até 99ª ordem;
- ✓ Análise de THD;
- ✓ Eventos transitórios (DIP, SWELL, OUTAGE);
- ✓ Desbalanceamento de tensão ou corrente trifásica (VUR, IUR);
- ✓ Fator de tensão trifásico ou desbalanceamento de corrente (d0%, d2%).

Observa-se que o medidor, em questão, é dotado de três sensores de corrente (TCs) e de quatro garras de potencial, a partir dos quais é possível efetuar a conexão com o sistema.



Figura 2.35 – Analisador de qualidade de energia

## 2.7 EVOKIT

Trata-se de uma solução integrada da empresa Schneider Electric destinada à proteção de subestações de alvenaria. Apresenta-se em estrutura metálica com os produtos disjuntor, relé de proteção e TC's conectados entre si e pronto pra ser instalado e energizado.



Figura 2.36 – Evokit Schneider Electric

Dentre os equipamentos principais que compõem o conjunto destacam-se:

- ✓ Disjuntor Evolis;
- ✓ Relé Digital Sepam S20.

### 2.7.1 Disjuntor Evolis

Disjuntor tripolar com tensão nominal de 17,5 kV da Schneider Electric que utiliza de uma câmara de extinção à vácuo e permite ações de proteção e manobra em média tensão.



Figura 2.37 –Disjuntor Evolis Schneider Electric

O disjuntor Evolis apresenta as seguintes características descritas no quadro abaixo:

<b>Tensão nominal (kV 50, 60Hz)</b>		<b>17,5</b>
<b>Nível de isolamento</b>	kV rms 60 Hz – 1 min	38
	kV crista 1, 2/50 $\mu$ s	95
<b>Corrente nominal In (A)</b>		<b>630</b>
<b>Capacidade de interrupção - Icc (kA rms)</b>		<b>25</b>
<b>Poder de fechamento (kA crista)</b>		<b>65</b>
<b>Corrente de curta duração admissível (kA rms - 3s)</b>		<b>25</b>
<b>Capacidade de interrupção para correntes capacitivas (A)</b>		<b>400</b>
<b>Tempo de funcionamento (ms)</b>	abertura	45
	interrupção	50
	fechamento	62

### 2.7.2 Relé Digital

Relé do tipo digital da Série SEPAM 20 da Schneider Electric. Tal dispositivo apresenta funções de medição e proteção, e apresenta as seguintes características:

- 10 entradas lógicas;
- 8 saídas á relé;
- 1 porta de comunicação;
- 8 entradas para sensores de temperatura.

No que diz respeito à proteção, traz as seguintes funcionalidades:

#### **Funções de Proteção**

- Proteção de sobrecorrente de fase instantânea ou temporizada (função 4x 50/51);
- Proteção de sobrecorrente de fuga a terra (função 4x50/51N);
- Proteção de fuga a terra insensível a corrente inrush dos transformadores;
- Proteção contra desbalanço de fases;
- Proteção da taxa de variação de frequência para uma desconexão rápida e segura;

#### **Funções de Medição**

- Correntes de fase RMS I1, I2 I3, instantânea, máxima e média;
- Corrente residual;
- Diagnostico da rede e da máquina;
- Corrente de trip;
- Taxa de desbalanço/corrente de sequência negativa;
- Oscilografia.



Figura 2.38 – Relé digital série Sepam 20

## CAPÍTULO 3 - EXPERIÊNCIAS, VIVÊNCIAS, ACOMPANHAMENTOS E OUTROS

Durante o período de realização das atividades de estágio, foi possível vivenciar algumas situações típicas do engenheiro em campo. A seguir, apresenta-se um breve relato acerca de alguns momentos vivenciados em campo.

### 3.1 FORNECIMENTO DE ENERGIA À UFCG

O fornecimento de energia da UFCG é efetuado pela concessionária de energia elétrica Energisa – PB em tensão primária nominal 13,8 kV [Anexo 2]. As instalações elétricas da UFCG apresentam uma demanda média de energia de cerca de 1.700 kW e, por isso, está submetida às orientações técnicas estabelecidas pela concessionária sob a Norma de Distribuição Unificada 002 - *Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária NDU-002*.

A derivação da rede é efetuada por intermédio de chave seccionadora conforme orientação NDU 002:

Quadro 2- Dimensionamento de chaves primárias

Chave de derivação		
DEMANDA (kVA)	CHAVE / IN (A)	
ATÉ 225 KVA (220/127V) e 300 KVA (380/220V)	CHAVE FUSÍVEL	100
ACIMA DE 225 KVA (220/127V) e 300 KVA (380/220V)	CHAVE SECCIONADORA	400

Fonte: NDU 002

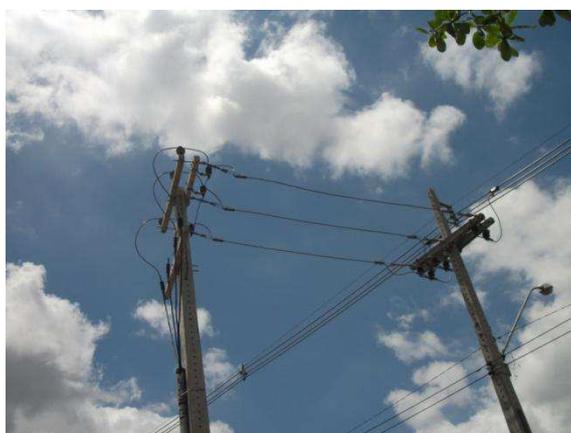


Figura 3.1 – Ramal de entrada

A cabine de entrada e medição de energia elétrica é construída em alvenaria e apresenta quatro postos/compartimentos onde são efetuados os procedimentos de medição, proteção, correção de fator de potência e saída respectivamente.



Figura 3.2 – Cabine de entrada

### **Posto 1 – Medição**

É a entrada de energia elétrica onde está instalada a medição para fins de faturamento. A medição do consumo de energia elétrica é efetuada em média tensão, a três elementos, com o auxílio de transformadores de corrente e transformadores de potencial.



Figura 3.3 – Posto de medição

### **Posto 2 – Proteção**

É o posto adjacente e subsequente ao posto 1. Nele se localizam o conjunto disjuntor e o relé digital da solução Evokit Schneider, constituindo-se, assim, a proteção geral de média tensão da entrada.



Figura 3.4 – Posto de proteção

### **Posto 3 – Correção de fator de potência /Reativos**

É o posto subsequente que está adjacente ao posto 2. Esse posto contém um banco de capacitores de 50 kvar ligados na configuração estrela aterrada para a correção do fator de potência.



Figura 3.5 – Posto de correção do fator de potência

### **Posto 4 – Saída para distribuição**

É o ultimo posto, e está subsequente ao posto 3. Esse posto contém a saída em 13,8 kV para a rede de distribuição primária. É constituída de uma chave seccionadora e de pára-raios.



Figura 3.6 – Posto de saída

Observa-se que a distribuição de energia elétrica do campus da UFCG, em Campina Grande, é efetuada a partir da cabine de medição de entrada em tensão nominal primária de 13,8 kV por meio de rede protegida. Desse modo, faz-se necessário adotar subestações abaixadoras que se utilizem de transformadores de distribuição ao longo do campus e em locais de consumo para se obter baixa tensão 380/220 V. Comumente, empregam-se subestações aéreas para tal objetivo. A NDU002 fornece as orientações técnicas a serem empregadas no projeto e implementação de tais subestações.



Figura 3.7 – Ramal de saída

### 3.2 INTERRUPTÃO DE FORNECIMENTO DE ENERGIA DA UFCG

Houve uma interrupção no fornecimento de energia no sistema de distribuição em tensão primária do campus no dia 17/04/2013. A situação ocorreu como reflexo da atuação do disjuntor causado por uma sobrecorrente de fase (50/51) detectada pelo sistema de proteção (relé digital Sepam 20). A seguir, tem-se a IHM (Interface Homem Máquina) do respectivo relé o qual apresenta a indicação do trip e da função de proteção que atuou.



Figura 3.8 – a) Relé digital b) Função sobrecorrente detectada

Após o trip, procedeu-se à retirada de cargas por meio das chaves seccionadoras dos ramais de distribuição em tensão primária e tornou-se a ligar o disjuntor novamente, procedendo-se, assim, à re-energização do campus.

A justificativa para a atuação da função sobrecorrente deve-se, então, ao fato de que, nos últimos tempos, tem-se verificado um crescente aumento da demanda de energia, o que reflete um aumento da corrente. Observa-se, desse modo, a necessidade de re-parametrização do relé digital frente ao aumento da carga.

### 3.3 FORNECIMENTO DE ENERGIA AO PRÉDIO DO LABORATÓRIO DE METROLOGIA – LABMET

A construção do laboratório de metrologia, bem como o respectivo projeto elétrico e a sua execução, deu-se por “terceiros”, cabendo o setor de engenharia elétrica da Prefeitura Universitária apenas o seu acompanhamento. No que diz respeito ao fornecimento de energia ao prédio LabMet, ele ocorreu em baixa tensão à 4 fios (3 fases e 1 neutro), provenientes do barramento do transformador situado próximo ao bloco CG.



Figura 3.9 – Cabine do barramento do transformador

#### 3.3.1 Carregamento do transformador

Antes de proceder à ligação do Labmet ao transformador em questão, efetuou-se um estudo acerca do carregamento atual do transformador de modo a avaliar a possibilidade de ligação à alimentação do Labmet no Trafo. Para tal objetivo, utilizou-se o Analisador de Qualidade de Energia Trifásico HOMIS.

A seguir, apresenta-se a demanda de potência aparente total coletada pelo analisador de energia para o transformador em questão antes da ligação do LabMet.

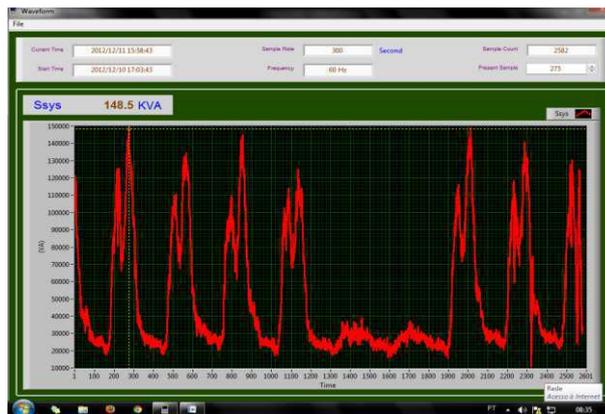


Figura 3.10 – Dados obtidos por meio do analisador de energia

A partir dos dados coletados, observa-se que, no dia 11/12/2012, foi registrada a maior demanda de potência aparente total solicitada do Trafo, a qual corresponde a 49,5%

$$Carregamento(\%) = \frac{S_{m\acute{a}xima}}{S_{transformador}} \cdot 100 \tag{1}$$

$$Carregamento(\%) = \frac{148,5kVA}{300kVA} \cdot 100 = 49,5\%$$

Desse modo, observa-se que existe uma “sobra” de potência aparente de cerca 151,5 kVA.

### 3.3.2 Energização do Labmet

A partir do projeto elétrico, observa-se uma carga instalada total de cerca de 215 kVA.

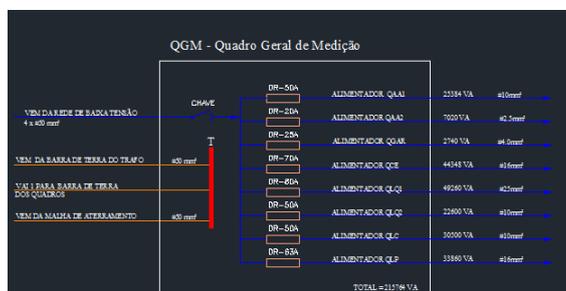


Figura 3.11 – Dados do projeto elétrico do LabMet

Como a carga demandada é comumente inferior a carga instalada decidiu-se, portanto, efetuar a energização do Labmet a partir do transformador em questão.



Figura 3.12 – Cabine do secundário do transformador

### 3.4 SUBESTAÇÕES AÉREAS, SUBSTITUIÇÃO DE TRANSFORMADORES, REMODELAGEM DA REDE

É notável a expansão da universidade no tocante ao número de empreendimentos que estão sendo construídos, de modo que é imprescindível atualizar, permanentemente, a rede de distribuição com vistas a suprir o conseqüente crescimento da demanda de energia elétrica.

Nesse sentido, procedeu-se ao acompanhamento de diversas atividades que envolveram a distribuição de energia, tais como: instalações de subestações do tipo aérea, troca de transformadores, reconfiguração da rede de distribuição de energia elétrica em média e baixa tensão. A execução das atividades deu-se pela empresa Prener Engenharia.

#### **3.4.1 Troca de transformadores e remodelagem da rede de distribuição**

Fez-se o acompanhamento de troca de transformadores, remodelagem da rede e outros procedimentos na distribuição de energia elétrica no sistema elétrico do campus de Campina Grande. A fotografia, abaixo, ilustra o procedimento efetuado.

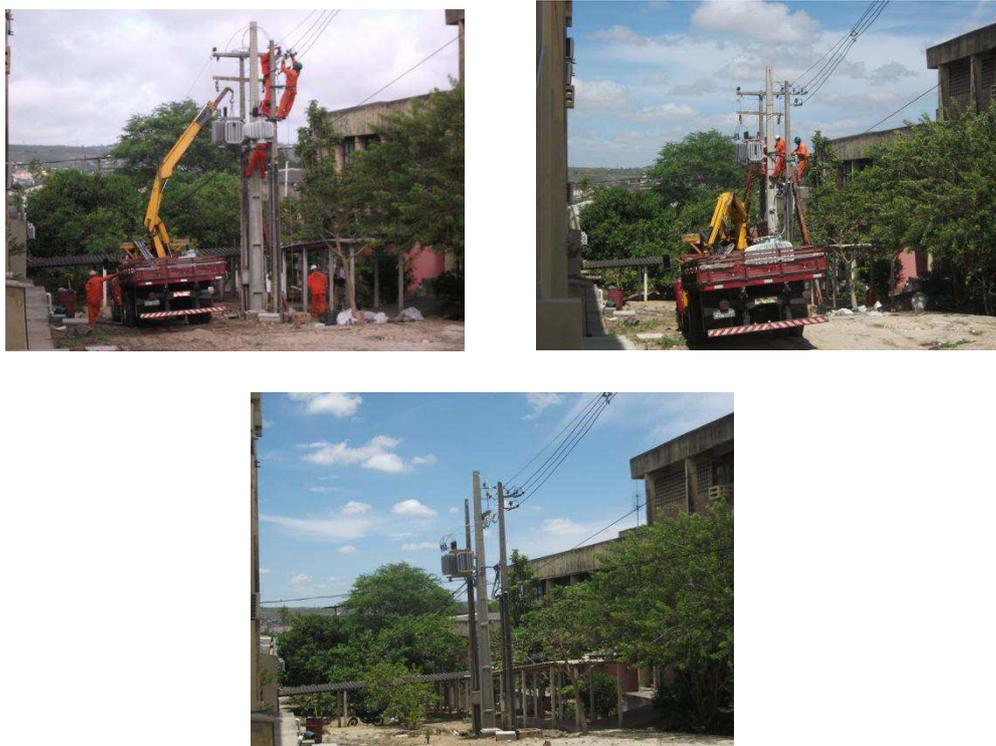


Figura 3.13 – a) Troca de transformadores b) Instalação do novo transformador c) Novo transformador instalado

Tal procedimento se constituiu na instalação de novo ramal de rede de distribuição em tensão primária, e da troca de três transformadores próximos por um único transformador.

Seguem os dados da nova subestação aérea instalada:

Três transformadores trocados: de 75 kVA, 75 kVA e 150 kVA.

Transformador substituto: 300 kVA

Chave fusível unipolar

Tipo	C
Tensão máxima do equipamento (kV)	15
Corrente Nominal (A)	100

Elo fusível

Tipo	botão
Tipo de curva	K
Corrente nominal (A)	15

## Pára-raios

Tipo	Polimérico de distribuição
Tensão nominal (kV)	12
Corrente de descarga (kA)	10

## Condutores de alta tensão

Tipo	Alumínio
Proteção	XLPE
Bitola	50 mm <sup>2</sup>

## Condutores de baixa tensão

Tipo	Alumínio
Proteção	Multiplexado isolado XLPE
Bitola	3x1 50mm <sup>2</sup> + 50mm <sup>2</sup>

## Sistema de aterramento

Tipo de haste	Aço Cobreada
Numeros de hastes	3
Tamanho das hastes (m)	2, 4
Condutor de aterramento	Cobre 50 mm <sup>2</sup>

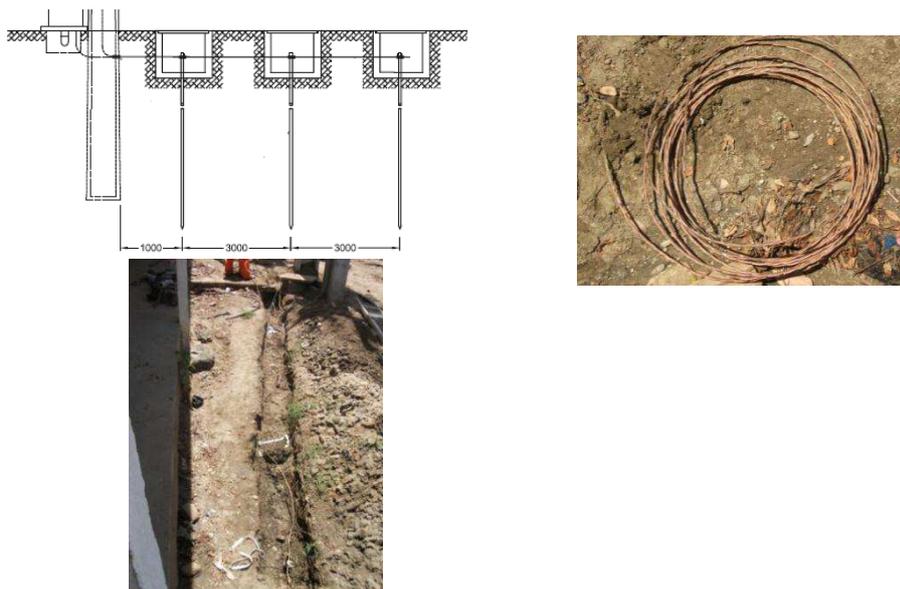


Figura 3.14 – a) Sistema de aterramento b) Condutor de aterramento c) Malha de aterramento

### 3.5 MANUTENÇÃO DO QUADRO NO BLOCO CD

Fez-se o acompanhamento do procedimento de manutenção em um quadro geral de distribuição do bloco CD. O problema em questão deu-se em virtude de um condutor de alimentação que apresentou com a respectiva isolamento degradada em virtude do aquecimento excessivo.



Figura 3.15 –a) Disjuntor com condutor superaquecido b) Comprometimento da conexão

Constatou-se, preliminarmente, que a motivação principal foi causada por um ponto de mau contato, o que ocasionou elevação de temperatura “ponto quente”. Desse modo, procedeu-se à substituição do disjuntor por outro equivalente.



Figura 3.16 –a) Retirada do disjuntor b) Novo Disjuntor instalado

### 3.6 MODIFICAÇÃO DA ALIMENTAÇÃO DO PRÉDIO DO SERVIÇO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO – STI

Procedeu-se ao acompanhamento da troca do fornecimento de energia do prédio do STI. O fornecimento de energia elétrica ao prédio era efetuado em tensão primária 13,8 kV com subestação abrigada interior ao prédio e utilizando-se de transformador do tipo 127/220 V



Figura 3.17 –a) Subestação abrigada b) Transformador da subestação

Trocou-se a alimentação em tensão primária por uma alimentação em tensão secundária a 4 fios (3 fases + neutro) com subestação aérea externa ao prédio. Tal procedimento exigiu diversos “ajustes” a serem procedidos nos quadros de distribuição, nos circuitos de tomadas e de iluminação do prédio, incluindo-se a substituição de disjuntores bipolares, bem como a substituição de uma fase por neutro nos circuitos bifásicos.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Durante a realização das atividades de estágio, foi possível obter uma aproximação maior relativa às atividades de um profissional engenheiro eletricitista em campo bem como de um ambiente profissional no qual ele está inserido, especialmente aquele de distribuição face ao escopo das atividades, principalmente no que concerne à utilização de técnicas, ferramentas e procedimentos típicos de um ambiente profissional.

No estágio, foram acompanhadas diferentes atividades de diferentes níveis de complexidade, o que garantiu uma boa base de vivência profissional. Foi possível também manter contato com outros profissionais da área, tais como engenheiros, eletricitistas, ajudantes e outros, o que se mostrou como um instrumento didático importante, uma vez que muitos desses profissionais atuam na área há muito tempo, e sempre fornecem informações valiosas acerca de um ou de outro problema, pois carregam consigo, uma larga experiência em suas atribuições.

Após realizado o período de estágio, observou-se que ele cumpriu, de forma eficiente, o seu objetivo principal, que é a complementação da formação acadêmica teórica obtida em sala de aula.

## REFERÊNCIAS

- [1] MAMEDE FILHO, João. **Instalações Elétricas Industriais**. 7 ed. Rio de Janeiro: editora LTC, 2008.914p.
- [2] MAMEDE FILHO, João. **Manual de Equipamentos Elétricos**. 3 ed. Rio de Janeiro: editora LTC, 2012. 778p.
- [3] NBR 14039 : 2005 – **Instalações elétricas de Média tensão 1,0 kV a 36, 2 Kv**
- [4] NBR 15992 : 2011 – **Redes de distribuição aérea de energia elétrica com cabos cobertos fixados em espaçadores para tensões até 36,2 kV**
- [5] NBR 5356-1: 2007- **Transformadores de potência parte 1 – Generalidades**
- [6] NBR 7282:2011- **Dispositivos fusíveis de alta tensão — Dispositivos tipo expulsão - Requisitos e métodos de ensaio**
- [7] Norma de Distribuição Unificada 002 –NDU002 – **Fornecimento de energia elétrica em tensão primária.**
- [8] Norma de Distribuição Unificada 002 –NDU010 – **Padrões e especificação de materiais de distribuição.**
- [9] Schneider Electric -Disjuntor Evolis - Manual do usuário.
- [10] Schneider Electric - Relé Sepam 20 - Manual do usuário.
- [11] Sistemas Elétricos com redes protegidas - Características técnicas. <[http://www.funcoge.org.br/sipase/apresentacao/dia\\_2/ronaldo\\_antonio.pdf](http://www.funcoge.org.br/sipase/apresentacao/dia_2/ronaldo_antonio.pdf)> Acesso: abril de 2013 .

## ANEXO 1 – RELATÓRIO DE ENSAIOS DE TRANSFORMADOR


**Vijai Elétrica do Brasil Ltda.**

### RELATÓRIO DOS ENSAIOS DE TRANSFORMADOR

ENSAIO DE ROTINA DO TRANSFORMADOR COM AS CARACTERÍSTICAS ABAIXO:

<b>CLIENTE :</b> REAL CONSTRUCOES		<b>FREQUÊNCIA [Hz]:</b> 60	<b>CORRENTE A.T. [A]:</b> 12,55
<b>NÚMERO :</b> 151197	<b>POTÊNCIA [kVA]:</b> 300,0	<b>TENSÕES A.T. [kV]:</b> 13,80 a 11,40	<b>CORRENTE B.T. [A]:</b> 455,80
<b>FASES :</b> 3	<b>LIGAÇÃO:</b> Triângulo/Estrela Dvn1	<b>TENSÕES B.T. [V]:</b> 380/220	<b>DATA FABRICAÇÃO:</b> 15/06/2009
<b>TIPO :</b> AEREO CONVENCIONAL	<b>MODELO:</b> CPI300T1501	<b>DERIVAÇÕES :</b> 5	<b>ESTADO :</b> NOVO
		<b>A.T. LIGADA EM [kV]:</b> 13,80	<b>MASSA [Kg]:</b> 910
		<b>B.T. LIGADA EM [V]:</b> 380	<b>FABRICANTE :</b> VIJAI

<b>ENSAIO DE RESISTÊNCIA ÔHMICA DOS ENROLAMENTOS</b>		<b>DESLOCAMENTO ANGULAR</b>
H1H2: 6,16 [OHMS]	X1X2: 3,81 [mOHMS]	30 Graus
H1H3: 6,16 [OHMS]	X1X3: 3,51 [mOHMS]	
H2H3: 6,16 [OHMS]	X2X3: 3,83 [mOHMS]	
TEMPERATURA AMBIENTE [°C]: 21,0		

<b>RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO</b>	<b>TENSÃO APLICADA</b>	<b>TENSÃO INDUZIDA</b>
LEITURA AT/BT [MOHMS]: 2000	AT/BT À MASSA [kV]: 34,00	TENSÃO INDUZIDA [V]: 760
LEITURA AT/MASSA [MOHMS]: 2000	BT/AT À MASSA [kV]: 10,00	FREQUÊNCIA [Hz]: 240
LEITURA BT/MASSA [MOHMS]: 2000	FREQUÊNCIA [Hz]: 60	TEMPO DO ENSAIO [S]: 30
TENSÃO DO MEGÔMETRO [V]: 1000	TEMPO DO ENSAIO [S]: 60	MÉTODO DO ENSAIO : NORMAL

ENSAIO DE RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO					
TAP [V]:	13800	13200	12600	12000	11400
FASE 1 :	62,86	60,13	57,40	54,67	51,93
FASE 2 :	62,94	60,20	57,48	54,74	52,00
FASE 3 :	62,98	60,23	57,50	54,77	52,03
ERRO[%]:	0,12	0,10	0,13	0,13	0,13

<b>ENSAIO EM VAZIO</b>		<b>ENSAIO EM CURTO CIRCUITO</b>	
TENSÃO DO ENSAIO [V]:	380	CORRENTE DE CURTO CIRCUITO [A]:	12,55
CORRENTE DE EXCITAÇÃO [A]:	8,53	TENSÃO DE CURTO CIRCUITO [V]:	612,10
CORRENTE DE EXCITAÇÃO [%]:	1,87	POTÊNCIA DE CURTO CIRCUITO [W]:	2937
PERDAS EM VAZIO [W]:	900	TEMPERATURA AMBIENTE [°C]:	28,1

<b>VALORES CORRIGIDOS A 75 [°C]</b>		<b>ENSAIO DE PINTURA</b>	
PERDAS NO COBRE [W]:	3379	Espessura da Camada: (ASTM E 376)	
PERDAS TOTAIS [W]:	4279	ESPECIFICAÇÃO:	120
RENDIMENTO A PLENA CARGA [%]:	98,3	MÍNIMO :	120
IMPEDÂNCIA DE CURTO CIRCUITO [%]:	4,47	MÉDIO :	135
		MÁXIMO :	150
		Unidade: [microns]	

<b>ENSAIOS DO ÓLEO ISOLANTE</b>			
TIPO DO ÓLEO :	OLEO TIPO A	Vol.: 203 [Litros]	
RIGIDEZ DIELÉTRICA:	60,00 [Kv]	(MB 330)	
TENSÃO INTERFACIAL:	60,00 [mN/m]	(MB 320)	
TEOR DE ÁGUA :	10,00 [ppm]	(MB 936)	
DENSIDADE :	0,875	(MB 104)	
IND. NEUTRALIZAÇÃO:	<0,01 [mgKOH/g]	(ASTM D 974)	
F.P. A 100 [°C]:	0,40 [%]	(ASTM D 924)	
F. DISS. A 90 [°C]:	0,30 [%]	(IEC 247)	

<b>ESTANQUEIDADE E RESISTÊNCIA À PRESSÃO</b>	
PRESSÃO [Kgf/cm2]:	0,7
TEMPO [Horas]:	1

**OBSERVAÇÕES**

TRANSFORMADOR APROVADO, ENSAIADO CONFORME NORMAS TECNICAS EM VIGOR (NBR 5440/99, NBR 5356-1 e NBR 5356-3/07).

27/10/2009

DATA

RESPONSÁVEL PELO ENSAIO

Av. das Indústrias, 400, D. Industrial, CEP: 58082-050, João Pessoa - PB

Tel/Fax: (83) 3233-8000 / 3233-8025

## ANEXO 2 – DIAGRAMA UNIFILAR DO SISTEMA ELÉTRICO UFCG

