



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Energias Alternativas e Renováveis
Departamento de Engenharia Elétrica

NADJA TRIGUEIRO DE CARVALHO

PROJETOS ELÉTRICOS EM MÉDIA E BAIXA TENSÃO

João Pessoa, Paraíba
Fevereiro de 2014

NADJA TRIGUEIRO DE CARVALHO

PROJETOS ELÉTRICOS EM MÉDIA E BAIXA TENSÃO

*Relatório de Estágio submetido ao
Departamento de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal da Paraíba como parte
dos requisitos necessários para a obtenção do
título de Engenheiro Eletricista.*

Orientador:
Professor Nady Rocha, Dr.

João Pessoa, Paraíba
Fevereiro de 2014

NADJA TRIGUEIRO DE CARVALHO

PROJETOS ELÉTRICOS EM MÉDIA E BAIXA TENSÃO

Relatório de Estágio submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Aprovado em / /

Professor Avaliador: Helon David de Macêdo Braz, Dr.
Universidade Federal da Paraíba
Avaliador

Professor Avaliador: Rogério Gaspar de Almeida, Dr.
Universidade Federal da Paraíba
Avaliador

Professor Nady Rocha, Dr.
Universidade Federal da Paraíba
Orientador, UFPB

AGRADECIMENTOS

Sempre e acima de tudo a Deus. A Ele todos os méritos deste trabalho.

Agradeço também aos meus pais e familiares, pelo apoio incondicional e constante. A segurança que eles me proporcionam me dá coragem para seguir em frente.

Agradeço também a meu namorado por toda a paciência que ele tem comigo. Obrigada por estar ao meu lado mesmo quando estou uma pilha de nervos.

Ao professor Nady Rocha por ter me dado base suficiente para executar satisfatoriamente todas as atividades a mim delegadas.

Ao professor Euler Macêdo por ter se proposto a me ajudar, estando sempre disponível e procurando tornar as coisas o mais simples possível nestes tempos de correria.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, passaram pela minha vida e contribuíram para a conclusão de mais esta etapa.

*“Pois Cristo morreu nossa morte
para que vivêssemos sua vida”*

SUMÁRIO

Resumo	7
Lista de Abreviaturas e Siglas	8
Lista de Figuras	9
1. Introdução	10
1.1. Introdução ao Sistema Elétrico de Potência	10
1.1.1. Geração	10
1.1.2. Transmissão	11
1.1.3. Distribuição	12
1.1.4. Utilização	13
1.2. Importância dos Projetos Elétricos	14
1.3. Objetivos	17
1.4. Organização do Trabalho	18
2. A Empresa	19
3. Fundamentação Teórica	21
3.1. Subestações	21
3.2. Projetos em Média Tensão	25
4. Projetos de Subestações	29
4.1. Projeto de Subestação de 150 kVA para Atender à uma Estação Elevatória de Água Tratada	29
4.2. Projeto de Relocação de Subestação de 75 kVA	32
5. Loteamento Village Damha II	34
Conclusão	38
Referências Bibliográficas	39

RESUMO

Este estágio foi realizado na empresa MRA engenharia, empresa localizada na cidade de João Pessoa – PB, dedicada a confecção de projetos elétricos em média e baixa tensão. Este relatório conterá três projetos, realizados no período de novembro de 2013 a janeiro de 2014, juntamente com um roteiro das atividades feitas e o embasamento nas normas e leis da área.

O primeiro projeto foi de uma subestação que precisou ser adicionada para atender a uma estação elevatória de água tratada para a Cagepa. O segundo foi também de uma subestação, porém com propósito distinto. Neste caso, o poste onde o transformador se encontrava precisava ser removido do local, e, portanto um projeto de uma nova subestação foi necessário.

O terceiro projeto consistiu em um Loteamento localizado no município do Conde – PB. Neste caso, foi necessário o dimensionamento da rede de média e baixa tensão, levando em conta os cálculos de queda de tensão, restrições arquitetônicas e etc.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ART - Anotação de Responsabilidade Técnica
- BT - Baixa Tensão
- CAA - Cabo de Alumínio com Alma de Aço.
- Cagepa - Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
- CFTV - Circuito Fechado/Interno de Televisão
- cv - Unidade de Potência (Cavalo Vapor)
- DR - Dispositivo Diferencial Residual
- IT - Instrução Técnica
- kVA - Múltiplo da Unidade de Potência no Sistema Internacional de Unidades equivalente a 1000 VA.
- MT - Média Tensão
- NBR - Norma Brasileira
- NDU - Norma de Distribuição Unificada
- ONS - Operador Nacional do Sistema
- PVC - Cloreto de Polivinila
- SEP - Sistema Elétrico de Potência
- SIN - Sistema Interligado Nacional
- SPDA - Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Sistema Elétrico de Potência.....	14
Figura 2 - Partes da Conexão entre a Rede de Distribuição e o Consumidor.....	22
Figura 3 - Estruturas de Poste de MT.....	26
Figura 4 - Estruturas de Poste de BT.....	28
Figura 5 - Planta de situação da Cagepa.....	30
Figura 6 - NDU 002 - Tabela 02.....	30
Figura 7 - Detalhes da Subestação.....	31
Figura 8 - Diagrama Unifilar Subestação 150 kVA.....	32
Figura 9 - Planta de Situação para a Subestação de 75 kVA da SANCCOL.....	33
Figura 10 - Loteamento Damha II e as Seis Áreas de Distribuição.....	35
Figura 11 - Detalhes do projeto dos postes.....	36
Figura 12 - Detalhe do Condutor - tronco para SBE de 75 kVA.....	36
Figura 13 - Diagrama de queda de tensão na rede de distribuição secundária....	37
Figura 14 - Diagrama Unifilar do Loteamento.....	37

Capítulo 1

Introdução

A energia elétrica é uma das mais nobres formas de energia secundária. A sua facilidade de geração, transporte, distribuição e utilização, atribuem à eletricidade uma característica de universalização [1]. No mundo de hoje, eletricidade é um direito humano básico. Contudo, atributos peculiares da eletricidade a tornam uma mercadoria complexa de lidar e exigem ações permanentes de planejamento, operação e manutenção.

1.1. Introdução ao Sistema Elétrico de Potência

O setor elétrico mundial passa constantemente por amplo processo de reestruturação organizacional. Atualmente, os sistemas elétricos de potência são divididos em quatro grandes áreas: geração, transmissão, distribuição e utilização, sendo cada uma das partes imprescindível para o fornecimento e aproveitamento da energia elétrica. Para se entender o sistema de potência brasileiro completamente, identificando as dificuldades enfrentadas e a necessidade ímpar de cada etapa do processo, faz-se necessário compreender o princípio de funcionamento e o objetivo de cada uma das partes do qual é composto.

1.1.1. Geração

A geração de energia elétrica no Brasil é muito favorecida pelas condições ambientais e naturais do país. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, o Brasil investe nas seguintes fontes de energia: eólica, fotovoltaica, hidrelétrica, maremotriz, termelétrica, nuclear e combustível (fóssil, biomassa, entre outros). Além disso, encontram-se já estabelecidos na matriz energética o

petróleo, o gás natural e a importação de energia do Paraguai, Argentina, Venezuela e Uruguai. Entre as opções de fontes de energia, 63,84% é proveniente de hidrelétricas, totalizando 85.729,916 MW de energia gerada. Ao todo o Brasil gera 134,317 GW de energia através de 3.022 usinas em operação [2].

Normalmente, a tensão gerada numa usina é menor que 25 kV, sendo necessária, então, uma elevação nesse nível de tensão para que a energia gerada possa ser transmitida. Portanto, na saída do gerador se tem uma tensão alternada, a qual é expressa por uma onda senoidal com frequência nominal fixa e amplitude que varia conforme a modalidade do atendimento em baixa, média ou alta tensão. Como na maioria dos casos a fonte geradora se estabelece longe dos centros de consumo, a onda gerada é transmitida em alta tensão, diminuindo a corrente e consequentemente reduzindo as perdas no transporte. Essa onda senoidal propaga-se pelo sistema elétrico mantendo a frequência constante e modificando a amplitude à medida que se depara com transformadores abaixadores ou elevadores.

1.1.2. Transmissão

Saindo dos geradores e após passar por transformadores elevadores, a eletricidade começa a ser transportada através de cabos aéreos nus, fixados em grandes torres de metal. A esse conjunto de cabos e torres dá-se o nome de linha de transmissão. Em sistemas de grande porte, é usual a interligação redundante entre sistemas, formando uma rede. O número de interligações aumenta a confiabilidade do sistema, mas por outro lado também aumenta sua complexidade. A rede de transmissão é, então, responsável por ligar as grandes usinas de geração às áreas de grande consumo. O nível de tensão nessa etapa do sistema se concentra entre $230 \text{ kV} \leq V \leq 1000 \text{ kV}$, pois devido ao longo percurso, faz-se necessário diminuir a corrente evitando perdas por efeito Joule. Outros elementos importantes das redes de transmissão são os isolantes de vidro ou porcelana, que sustentam os cabos e impedem descargas elétricas durante o trajeto.

A maior parte desse sistema é controlado pelo Sistema Interligado Nacional, SIN, que congrega o sistema de produção e transmissão de energia elétrica do Brasil e que surgiu com o objetivo de ampliar a confiabilidade, otimizar os recursos energéticos e homogeneizar mercados consumidores de eletricidade [3]. Apenas 2,2% da produção de eletricidade do país ainda se encontram fora do SIN e se caracteriza por sistemas elétricos dimensionados apenas para o atendimento de necessidades localizadas [3]. O SIN, por outro lado, exige uma coordenação sistêmica para assegurar que a energia gerada pelos quase 3.000 empreendimentos em operação chegue ao consumidor com segurança, além de garantir o suprimento de forma contínua, com qualidade e com preços acessíveis para todos. Essa coordenação é feita pelo Operador Nacional do Sistema, ONS, cuja função básica é controlar a operação eletroenergética das usinas geradoras e da rede de transmissão de energia elétrica do SIN. Existem alguns consumidores que podem ser alimentados diretamente pelo sistema de transmissão, desde que o seu consumo seja alto o suficiente. Grandes indústrias, fábricas e shoppings geralmente optam pelo fornecimento em alta tensão visando reduzir os gastos na conta de energia. A esses clientes dá-se o nome de consumidores livres, ou seja, não estão vinculados necessariamente a uma concessionária e, portanto possuem o direito de escolher seu fornecedor.

1.1.3. Distribuição

Um sistema de distribuição é basicamente o último estágio do Sistema de Potência em que ainda se encontra uma grande densidade de fluxo de carga que deve ser mantido operante de forma coordenada e contínua, e que opera sobre a supervisão de uma concessionária local. Esse sistema opera em níveis de tensão mais baixos que o sistema antecessor (de transmissão), além de possuir níveis diferentes de potência e diferentes comprimentos de linhas. Outro fator que também o diferencia da transmissão é quanto às configurações de rede e a conseqüente diferença na operação do sistema como um todo. O sistema de distribuição pode ser dividido em três subsistemas com funções distintas e específicas:

- Subtransmissão: reduz os níveis de tensão provenientes da transmissão, os quais se encontram tipicamente entre $69\text{ kV} \leq V \leq 138\text{ kV}$. As linhas de subtransmissão alimentam as subestações de distribuição. Historicamente, as linhas de subtransmissão foram linhas de transmissão que devido ao esperado aumento da demanda tiveram que ser substituídas por linhas de mais alta potência. Este processo de “evolução” ainda não chegou ao fim, dando a margem para que transições como essa continuem ocorrendo.
- Distribuição Primária: se liga na subtransmissão através de um transformador abaixador que leva as tensões para valores entre $13,8\text{ kV} \leq V \leq 34,5\text{ kV}$. Essas linhas percorrem uma área limitada dentro das cidades, na maioria das vezes em cabos aéreos, até que passem por uma subestação abaixadora.
- Distribuição Secundária: é a última etapa da distribuição, a qual se liga a distribuição primária através de transformadores abaixadores que levam o nível de tensão para o valor padrão da região (Tensão de Fase 110V ou 220V).

Os consumidores desse setor são de vários tipos tais como residencial, rural, comercial, serviços públicos, entre outros. Eles podem se ligar a qualquer um dos subsistemas citados.

1.1.4. Utilização

Os pequenos consumidores, indústrias e equipamentos eletroeletrônicos também estão ficando cada dia mais exigentes, de modo que para atender os anseios desse ascendente mercado é necessário um cuidado maior com a qualidade de energia. Dizem-se mais exigentes, pois os equipamentos que hoje são utilizados são bastante sensíveis às alterações do nível de tensão e às falhas nas fases da alimentação. Dessa forma, investimentos para mitigar esses acontecimentos são primordiais. Em contra partida, há também uma responsabilidade por parte dos

clientes para que eles utilizem equipamentos energeticamente eficientes e que não poluam a rede elétrica com harmônicos e alta quantidade de reativos.

Um esquemático do Sistema Elétrico de Potência (SEP) pode ser visto na Fig. 1. Nele, pode-se observar as quatro seções citadas anteriormente. Destacamos o fato de que esse esquemático não contempla a geração distribuída, ou cogeração, que já é verdade em nossos dias e que já faz parte do SEP.

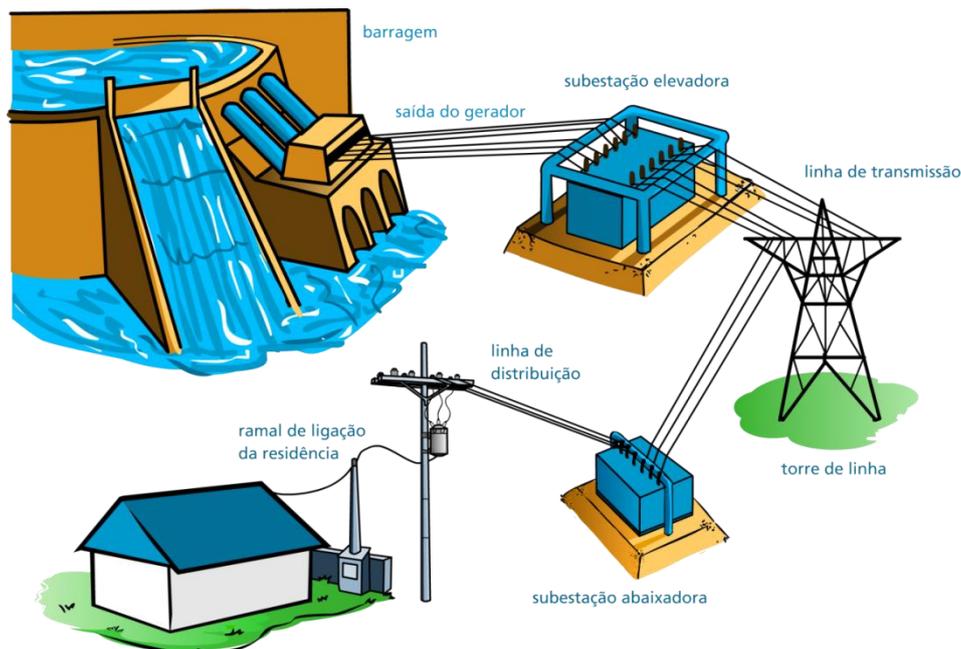


Figura 1: Esquemático do SEP [Fonte: Desconhecida]

Todos os trabalhos realizados durante o período de estágio se enquadram dentro do sistema de distribuição do SEP e contemplam apenas projetos cujo nível de tensão é menor ou igual a 13,8 *kVA*.

1.2. Importância dos Projetos Elétricos

Projeto elétrico é um ramo da engenharia elétrica muito visado nos dias de hoje, pois é através dele que a energia chega aos consumidores de maneira adequada, e segura. A popularização de equipamentos eletroeletrônicos, o aumento da demanda e o crescente rigor na segurança e continuidade de fornecimento tem dado a este segmento um grande destaque.

Segundo a Procobre (*ICA – International Copper Association*), em 2011, apenas 33% das residências do Brasil possuíam fio-terra em suas instalações elétricas. Em edifícios, para os quais a fiscalização é maior, 76% delas possuíam condutor de proteção em suas instalações, um percentual ainda baixo quando comparado ao de outros países como o Chile, em que o percentual é de 95%. A importância da instalação deste componente nas edificações se dá tão somente pela segurança que este oferece. O condutor de proteção não evitará 100% dos acidentes por choques-elétricos e incêndios, mas diminuirá substancialmente a probabilidade de sua ocorrência. O terceiro condutor é tão importante que em 2006 foi publicada uma lei que ratifica a obrigatoriedade do uso do mesmo (Lei Nº 11.337), a qual, visando a segurança das pessoas, o planejamento das obras, bem como a obrigatoriedade de projetos e certificações, pode aumentar a confiabilidade das edificações em nosso país e diminuir as perdas humanas por acidentes ligados às instalações elétricas [4].

A estatística apresentada reflete a falta de planejamento nas obras de construção e a negligência quanto à necessidade de se fazer um projeto elétrico. A falta do condutor-terra é apenas uma entre as muitas irregularidades encontradas nas instalações prediais, comerciais, industriais, etc. Neste cenário, é fácil identificar algumas causas da falta da utilização das normas. Uma delas é a contratação de profissionais não qualificados para planejar e projetar as obras de instalações. Muitas vezes o próprio proprietário permite que profissionais não capacitados sejam responsáveis pelas instalações elétricas que serão realizadas. Uma segunda causa é a contratação de profissionais não qualificados para a execução das instalações elétricas. Neste caso, os profissionais em questão são incapazes de ler os projetos e realizar fielmente o que está descrito na planta, muitas vezes alterando as instruções sem consultar o engenheiro ou técnico responsável.

Além do aumento da segurança, outra vantagem em se fazer o projeto elétrico da edificação é a diminuição dos gastos com materiais. Ao se projetar os circuitos a partir da planta, é possível traçar as melhores rotas e dividir melhor os circuitos. Além disso, com todas as rotas estabelecidas e as cargas determinadas, os dispositivos de proteção, como DRs e disjuntores, são melhor dimensionados [5]. Há economia

também na conta de energia, pois, com o correto dimensionamento dos condutores e dos circuitos, as perdas podem diminuir consideravelmente.

Um problema comum, principalmente em edificações mais antigas, é o disparo do disjuntor principal. Na maioria dessas edificações, há apenas um disjuntor para todos os circuitos e o mesmo dispara diversas vezes. Isso ocorre porque antigamente as cargas elétricas residenciais eram diferentes e menores comparadas às cargas atuais. É preciso, portanto, em locais como este, que haja uma mudança das instalações para que os novos equipamentos possam ser instalados e funcionar corretamente sem disparar nenhum equipamento de proteção. Infelizmente, uma ação muito realizada é a troca do disjuntor por um de maior capacidade, o que é um grande erro, pois disjuntores servem para proteger o condutor e, portanto, não podem ser alterados sem alterar a fiação do local. Isto acarretará um aquecimento maior do circuito e conseqüentemente aumentará o risco de incêndio e mau funcionamento dos equipamentos. Outra situação que causa o disparo de disjuntores é a expansão das instalações sem a consulta ao projetista. Quando o proprietário quer aumentar o espaço físico de sua residência, utilizar um maior número de equipamentos, ou consumir uma potência maior, é preciso consultar o projetista para que o mesmo refaça o planejamento das novas instalações [6].

Infelizmente, hoje não é preciso projeto elétrico para a liberação de alvarás de construção de residências, muito menos é exigida a certificação de conformidade técnica. Apenas no estado de São Paulo existe a IT-41/2011, que são instruções para se emitir um certificado de conformidade, mas que ainda não é compulsório. Em outras cidades do país, as maiores exigências no setor são das concessionárias de energia que exigem os projetos de canteiros de obras, medições agrupadas, subestações, dentre outros. Entretanto, as instalações internas de residências, lojas e apartamentos não passam por certificação ou fiscalização.

Abaixo, listam-se alguns dos possíveis problemas relacionados às instalações quando não inspecionadas por um profissional capacitado [4]:

- Sobrecarga de circuitos;
- Superaquecimento dos condutores;

- Mau funcionamento dos equipamentos;
- Frequente queima de equipamentos;
- Falta de aterramento;
- Falta de dispositivo DR;
- Utilização do mesmo circuito para iluminação e tomadas;
- Mau dimensionamento dos condutores;
- Dispositivos de seccionamento inacessíveis;
- Necessidade de uso de “benjamins” ou “Ts” para alimentação dos equipamentos;
- Iluminação insuficiente;
- Falta de manutenção.
- Instalações com “gambiarras” (emenda de eletrodutos, ausência de eletrodutos, emenda de fios sem caixa de passagem, circuitos longos, emenda de fios de diferentes bitolas, sobrecarga de circuitos, eletrodutos e calhas cheias).

As normas apresentam instruções de segurança e exigências de projetos que devem ser seguidas para garantir a qualidade do fornecimento de energia, o baixo custo e a segurança dos consumidores. O correto emprego das normas melhora o custo-benefício dos empreendimentos ao diminuir possíveis perdas e desastres que possam decorrer do mau uso da eletricidade. Quando comparado a outros países, o Brasil ainda precisa avançar muito na questão da fiscalização e exigência de conformidade para evitar perdas que são, muitas vezes, irreparáveis.

1.3. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo apresentar as atividades realizadas durante o período de estágio supervisionado obrigatório.

Para a execução das atividades realizadas durante o estágio, foi necessário o conhecimento das normas da ABNT para instalações em média e baixa tensões. A correta representação e as exigências de projeto foram baseadas na norma ABNT NBR

5410/2004, específica para trabalhos com eletricidade. A principal norma utilizada nos projetos foram as NDUs fornecidas pela concessionária local, a Energisa Paraíba.

Especificamente para os projetos aqui contemplados, as seguintes normas foram utilizadas:

- NDU 002 – Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária: Para os projetos de subestações (instalações em média tensão).
- NDU 004 – Instalações Básicas para Construção de Redes de Distribuição Urbana: Para o projeto do loteamento.
- NDU 006 – Critérios Básicos para Elaboração de Projetos de Redes de Distribuição Aéreas Urbanas: Para o projeto do loteamento.

1.4. Organização do Trabalho

Este relatório de estágio está organizado em quatro capítulos. O primeiro deles é destinado a fornecer uma perspectiva geral de projetos elétricos, sua importância e necessidade. Discorre ainda sobre o atraso de nosso país no que diz respeito às exigências rigorosas no setor. O Capítulo 2 tem como objetivo apresentar a empresa em questão, comentando um pouco sobre seus integrantes e as funções que podem ser assumidas dentro dela. O Capítulo 3 se dedica a fornecer a fundamentação teórica necessária para os temas tratados nos capítulos subsequentes. Os Capítulos 4 e 5 são dedicados ao relato das atividades técnicas realizadas, detalhando os passos adotados em cada um, especificamente. Por fim, é apresentada a conclusão do trabalho, explicando a relevância do estágio supervisionado para a minha formação e vida profissional.

Capítulo 2

A Empresa

O estágio obrigatório foi realizado na empresa MRA Engenharia, com sede no Empresarial Neuza Maria - Sala 201, localizado na Avenida Pombal - 1633 - Manaíra - João Pessoa – PB. As atividades tiveram início no começo de Novembro de 2013 e se estenderam até meados de Janeiro de 2014. No fim, cumpriu-se um pouco mais que a exigência de 180 horas de estágio.

Esta firma trabalha no ramo de projetos elétricos de média e baixa tensão. A MRA Engenharia é uma empresa atuante na área de consultoria, projeto, execução e desenvolvimento de tecnologia, assessorando outras empresas e pessoas em suas necessidades no que diz respeito à energia elétrica. Atualmente, são oferecidos os seguintes projetos:

- Instalações prediais e residenciais;
- Redes de distribuição em baixa e média tensão;
- Eficiência energética;
- SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas);
- Sistemas de cogeração de energia (solar);
- Subestações abrigadas e aéreas;
- Correção de fator de potência;
- Laudos técnicos;
- Telefonia;
- Internet;
- CFTV.

A empresa é composta por um engenheiro responsável técnico dos projetos e por um sócio responsável pelas demais áreas que concernem à empresa, sendo eu a única estagiária do grupo.

Dentre as divisões de tarefas existentes, fui primeiramente designada para a área de elaboração de projetos elétricos. Algum tempo depois pude acompanhar o engenheiro em alguns levantamentos e visitar obras em execução. A parte burocrática de contato com a Energisa, preparação de documentos e contato com clientes também foram incumbidos a mim, porém sempre com a supervisão de um dos engenheiros da empresa.

Capítulo 3

Fundamentação Teórica

Este capítulo fornece uma base teórica para a compreensão e validação das atividades realizadas. Para tanto, ele está dividido em duas seções: subestações e projeto de média tensão.

3.1. Subestações

As subestações são pontos de modificação das características da energia elétrica, especificamente tensão e corrente, fazendo com que esta se torne adequada à utilização. Há quatro tipos de subestações necessárias no sistema elétrico de potência [7]:

- a) Subestação Central de Transmissão: são subestações elevadoras geralmente localizadas na saída das centrais geradoras com o objetivo de aumentar a tensão para reduzir as perdas na transmissão.
- b) Subestação Receptora de Transmissão: são subestações localizadas próximas a grandes blocos de carga e conectadas à subestação central de transmissão pelas linhas de transmissão.
- c) Subestação de Subtransmissão: são construídas, sempre que possível, no centro de um grande bloco de carga. São responsáveis por alimentar os transformadores de distribuição e é de onde saem os alimentadores de distribuição primários.
- d) Subestação de Consumidor: são aquelas que fornecem energia em nível de tensão adequado para os consumidores no ponto final do sistema elétrico. Elas podem ser de propriedade da concessionária ou propriedade particular. São alimentadas pelos alimentadores de distribuição primários.

Este trabalho focou na subestação de consumidor. Antes, porém, de entrar no tema propriamente dito, faz-se necessário definir de maneira clara todas as partes entre a rede de distribuição e o consumidor. A Fig. 2 mostra o esquema geral da entrada de serviço, ou seja, os componentes que se encontram entre os pontos A e C.

(A) Ponto de Ligação: ponto da rede de distribuição de onde derivam os conectores.

(B) Ponto de Entrega: este é o ponto no qual a concessionária se obriga a fornecer continuamente energia elétrica e é responsável pelos serviços de construção, operação e manutenção. O ponto de entrega é diferente quando o tipo de subestação do consumidor varia entre aérea e subterrânea, como será explicado mais adiante.

(C) Ponto de Medição: onde se localiza o medidor de energia e a parte de proteção geral (disjuntos geral).

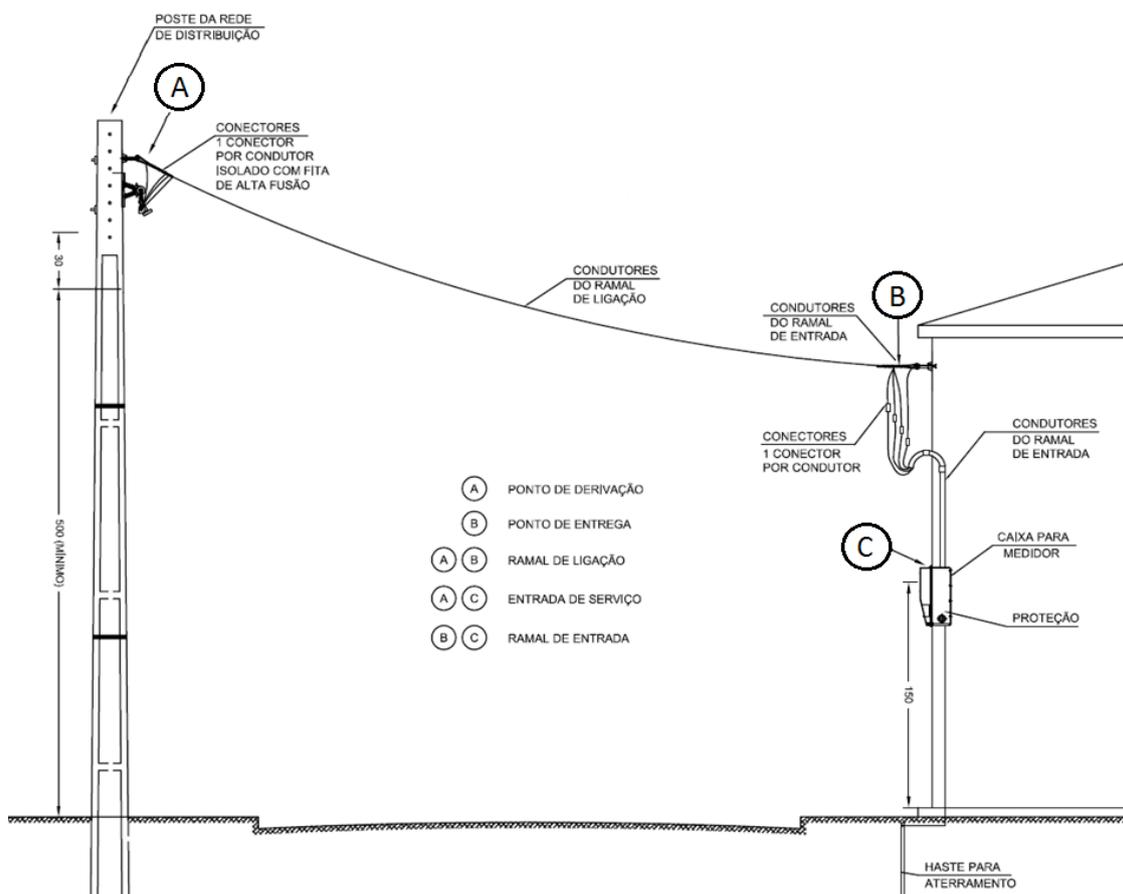


Figura 2: Partes da Conexão entre a Rede de Distribuição e o Consumidor. [Fonte: NDU 002]

O trecho entre A e B é chamado ramal de ligação. Este trecho é sempre do tipo aéreo, pois se o mesmo for subterrâneo, recebe o nome de ramal de entrada subterrâneo e é de responsabilidade do consumidor e não da concessionária. O trecho entre B e C é chamado ramal de entrada, que é o conjunto de condutores e componentes entre o ponto de entrega e o ponto de medição. Dependendo da subestação ele pode ser aéreo – composto por condutores nus suspensos – ou subterrâneos – constituído de condutores isolados instalados dentro de um conduto ou enterrados no solo. Por ser subterrâneo, é necessário também alguns cuidados específicos com relação à proteção mecânica do circuito, contato com líquidos, etc. A NDU 002 (tópico 7) fornece regras claras que devem ser aplicadas nesses ramais. Abaixo, são listadas algumas delas. Observe que no caso especificamente aéreo, todos os requisitos gerais também devem ser levados em conta.

<p>RAMAL DE LIGAÇÃO</p>	<p>Requisitos Gerais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não passar sob ou sobre terreno de terceiros; • Não serão aceitos ramais subterrâneos cruzando vias públicas; • A sua entrada na propriedade do consumidor deve ser, preferencialmente, pela parte frontal da edificação. <p>Especificamente Aéreo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não ser acessível de janelas, sacadas, telhados, escadas, áreas adjacentes, etc.; • Não passar sobre área construída; • No poste de derivação não poderá existir equipamentos do tipo: transformador, banco de capacitor, religador, seccionalizador, regulador e etc. • Os condutores deverão ser unipolares de alumínio, obedecendo às distâncias mínimas estabelecidas na norma NDU-004;
<p>RAMAL DE ENTRADA</p>	<p>Requisitos Gerais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os condutores devem ser contínuos e isentos de emendas; • O condutor neutro da média tensão deve ser interligado com a malha de aterramento da subestação; • Toda edificação ou unidade consumidora deverá ser atendida através de um único ramal de entrada e ter apenas um ponto de medição. <p>Especificamente Aéreo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Os condutores deverão ser unipolares de alumínio, obedecendo às distâncias mínimas estabelecidas na norma NDU 004; • Para a instalação do ramal deverão ser utilizados cabos de alumínio nu ou protegidos (<i>Ver Tabela 1 da NDU 002</i>).

Existem diferentes tipos de subestação. Uma divisão usual é feita entre subestações de instalação interior e subestações de instalação exterior [6]. Elas ainda são subdivididas em tipos mais específicos como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1: Tipos de Subestações

Subestações de Instalação Interior		Subestações de Instalação Exterior
Em Alvenaria	Modular Metálica	<ul style="list-style-type: none"> • Os equipamentos são instalados ao tempo; • Podem ser: <ul style="list-style-type: none"> • Aérea em Plano Elevado (transformador fixado em torre ou plataforma); • Instalada ao nível do solo.
<ul style="list-style-type: none"> • Mais usual; • Mais barata; • Fácil manutenção; • Área de construção relativamente grande. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizada quando o espaço disponível é reduzido; • Para uso interno ou a tempo. 	

Durante o estágio, utilizamos as subestações de instalação exterior, mais especificamente aérea em plano elevado.

A NDU 002 fornece alguns critérios de dimensionamento de subestações. Para o caso das subestações projetadas, como a capacidade instalada está entre 75 kVA e 300 kVA (B.T. 380/220V) elas podem ser aéreas, conforme desenhos 01 a 08 da norma fornecida pela concessionária; ou subterrânea, conforme desenhos 09 a 21. Abaixo, lista-se algumas prescrições fornecidas pela norma citada, e que devem ser levadas em conta para que o projeto seja aceito:

1. O dimensionamento da subestação do consumidor será de inteira responsabilidade técnica do responsável técnico contratado para o projeto e execução da obra, que tenha habilitação no CREA, assim como as opções de critério do projeto [...].
2. A localização da subestação será estabelecida de comum acordo entre a Concessionária e o consumidor, preservando sempre critérios técnicos e de segurança. A mesma deverá ser construída em local de livre e fácil acesso, em condições adequadas de iluminação, ventilação e segurança.

3. Os consumidores ficam obrigados a manter em bom estado de conservação todos os componentes da subestação.
4. O local da subestação, bem como o acesso ao mesmo, deve ser mantido limpo e desimpedido pelos consumidores, de modo a agilizar as leituras dos medidores e inspeção das instalações pela Concessionária.
5. Os consumidores devem permitir, a qualquer tempo, o livre e imediato acesso dos representantes da concessionária devidamente identificados e credenciados, a subestação e fornecer-lhes os dados e informações pertinentes ao funcionamento dos equipamentos e aparelhos.
6. Conforme ABNT (NBR- 14039), o barramento deverá ser pintado nas seguintes cores: Fase A – vermelha, Fase B – branca, Fase C – marrom e Neutro – azul-claro.

3.2. Projetos em Média Tensão

Em se tratando de projetos em média tensão duas situações são possíveis: Projeto para atendimento em média tensão (MT) ou prolongamento de MT para projetos de distribuição.

Para o atendimento em MT é necessário uma subestação e ela é obrigatória quando a carga instalada do consumidor é superior a 75 kVA. Quando a potência do transformador for maior do que 112,5 kVA a medição é feita através de transformadores de corrente, quando menor, a medição é direta.

Na NDU 004, são especificados os tipos de cruzetas e conexões a serem utilizadas tanto na média tensão como na baixa tensão. Em MT, as estruturas podem ser convencionais com cabos de alumínio nu (CA) ou CAA, ou estruturas compactas com cabo protegido. A seção do condutor utilizado depende da sua localização e da queda de tensão no final da linha. Os condutores-tronco (ao lado dos transformadores) devem ser dimensionados segundo a NDU 006. Após o cálculo de queda de tensão, é

observada a necessidade de aumentar a seção dos condutores a fim de se estabelecer os limites legais.

A estrutura utilizada neste projeto é convencional. Tais estruturas, na Paraíba, podem ser do tipo “N”(Normal) ou do tipo “B”(Beco), sendo a escolha de um desses tipos dependente do tamanho da calçada do local. Abaixo, segue a descrição das estruturas mais usuais em MT e a Fig. 3 exemplifica essas estruturas.

- Estrutura N1: Usadas em tangências e podem ser empregadas com ângulos (45° máx.) – Rede passante;
- Estrutura N2: Utilizada em final de linha e em redes com leve inclinação dos condutores;
- Estrutura N3: Usadas em derivações e finais de linha. É empregada, geralmente, em curvas a 90° e em postes com transformadores no final da extensão em MT;
- Estrutura N4: Utilizada quando há ângulo de até 60° entre a linha perpendicular à cruzeta e o condutor.
- Estrutura N32: Utilizada quando há mudança de bitola ou tipo de condutor.

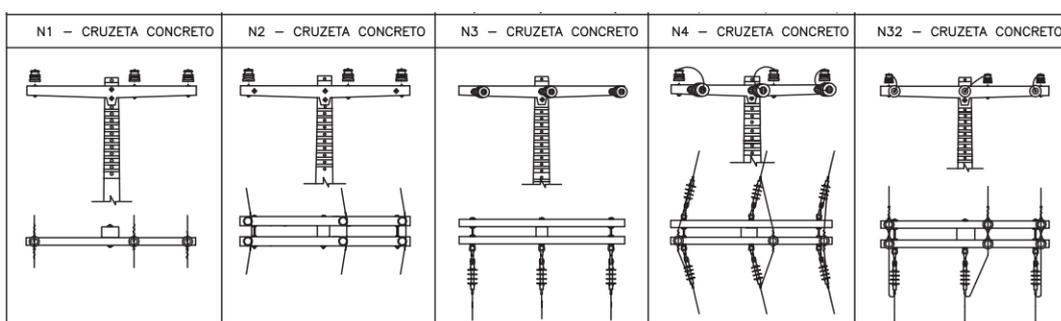


Figura 3: Estruturas de Poste de MT. [Fonte: NDU 004]

Em BT, são utilizados cabos de alumínio isolados em PVC e condutor neutro em alumínio nu. As estruturas utilizadas para a fixação dos condutores nos postes são chamadas BI1, BI2,..., BI9. A escolha de uma dessas configurações depende do ângulo

dos condutores ou a disposição dos mesmos. Abaixo, segue a descrição das estruturas utilizadas e a Fig. 4 exemplifica esta classificação.

- Estrutura BI1: Rede passante ou com ângulo de até 70° oposto ao poste ou 48° para o lado do poste;
- Estrutura BI2: Fim de linha;
- Estrutura BI3: Usadas em conexões de condutores a 90°;
- Estrutura BI4: Usada em mudança de bitolas ou em postes com transformadores. Necessita de uma alça para conexão dos condutores;
- Estrutura BI5: Utilizada quando há rede passante de um lado do poste e uma conexão a 90° no lado oposto do poste;
- Estrutura BI6: Utilizada quando há rede passante de um lado do poste e uma conexão a 90° no mesmo lado do poste;
- Estrutura BI7: Utilizada em conexões em que se faz necessária a “amarração” dos condutores nos dois lados do poste e há uma rede passante.
- Estrutura BI8: Utilizada para amarrar três condutores no poste. Tal estrutura é geralmente utilizada quando se necessita mudar o condutor ou por questões de esforço.
- Estrutura BI9: Utilizada para amarrar quatro condutores no poste. Tal estrutura é geralmente utilizada quando se necessita mudar o condutor ou por questões de esforço.

Além da determinação das estruturas de conexão dos condutores, é necessário dimensionar o poste de acordo com sua altura e esforço, estas informações são apresentadas na NDU 006 - Energisa. Em postes com mais de uma cruzeta em MT é geralmente utilizado o poste de 11m, em outros casos, postes de 10m. Postes com alturas superiores são utilizados em casos e aplicações especiais, porém a altura mínima exigida é de 10m.

Quanto aos esforços, são determinados levando em consideração os postes comerciais que são de 75 daN, 150 daN, 300 daN, 600 daN, 750 daN, dentre outros. Para o projeto realizado, foram utilizados os seguintes postes:

- 150 daN – Para postes redes passantes sendo a maioria no projeto;
- 300 daN – Para postes com derivações a 90° ou postes com amarrações;
- 600 daN – Para postes com transformadores e em esquinas (exigências da equipe de projetos da Energisa).

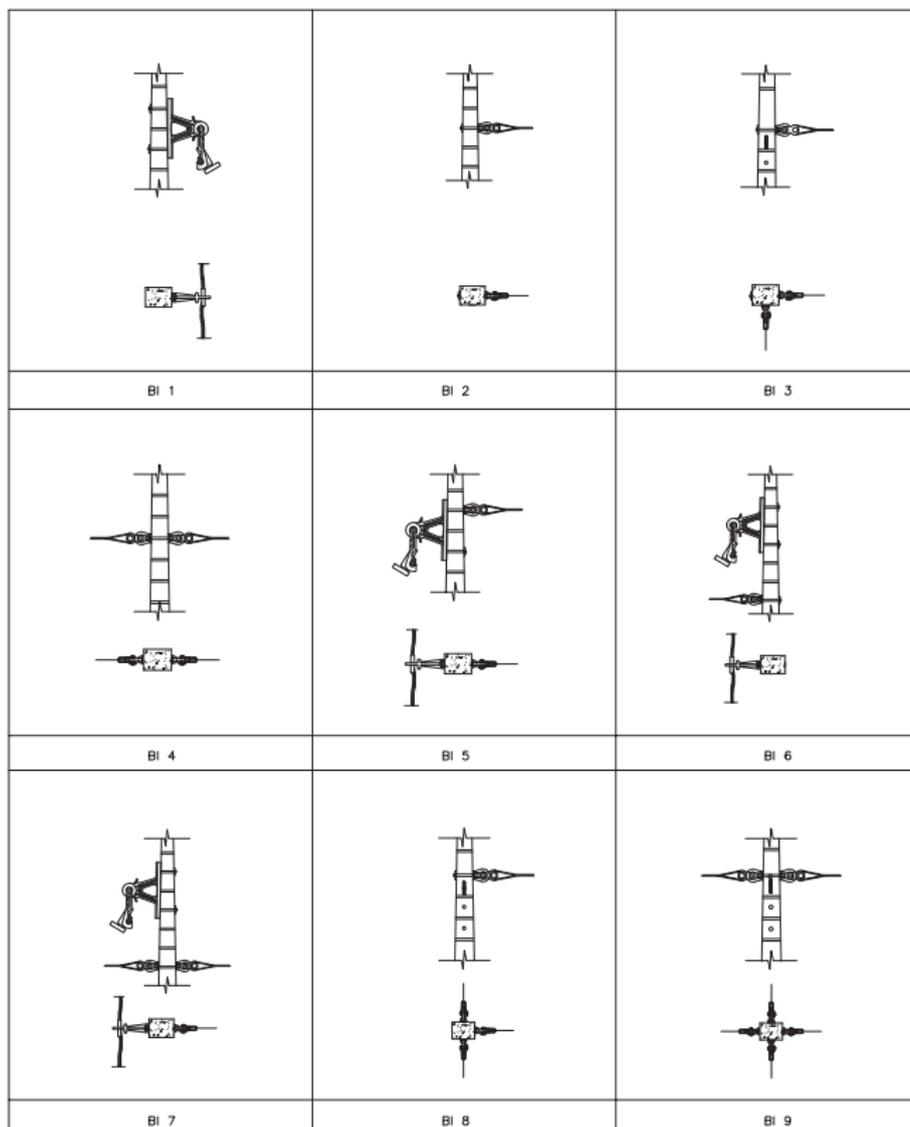


Figura 4: Estruturas de Poste de BT. [Fonte: NDU 004]

Capítulo 4

Projetos de Subestações

Este capítulo é dedicado à descrição dos projetos de duas subestações aéreas realizadas durante o período de estágio.

4.1. Projeto de Subestação de 150 kVA para Atender à uma Estação Elevatória de Água Tratada

Este projeto teve por finalidade a definição da subestação a ser construída para alimentar bombas d'água utilizadas para a elevação de água tratada. Eram no total três bombas de 50 cv cada, totalizando uma demanda total de 143,61 kVA.

A primeira tarefa a ser realizada ao fazer um projeto elétrico é o estudo das cargas instaladas. Como as instalações deste projeto são para uso específico, as cargas já foram fornecidas pelo contratante.

Ao mesmo tempo em que o levantamento das cargas instaladas é feito, é preciso fazer uma visita ao estabelecimento para fazer um levantamento da rede de média tensão existente nas proximidades e coletar o nome das ruas próximas. Esta rede deve constar na planta de situação (NDU002 – 16.1.f) juntamente com os postes e os componentes da Energisa próximos, como transformadores ou chaves fusíveis e seus respectivos códigos. Estes últimos servem para auxiliar a concessionária a encontrar a rede mencionada. Nesta vistoria, é coletado também o nome das ruas adjacentes à instalação.

Após a coleta de todos os dados necessários dá-se início à elaboração do projeto em si. O software utilizado foi o Autocad® e nele foi desenhada a planta de situação com as ruas, redes de MT e componentes encontrados na vistoria (NDU002 – 16.1.g). Esses dados e o modo como são descritos na planta estão mostrados na Fig. 5. Observe que, no caso da subestação em questão, não há rede de MT que se estenda

até a propriedade. Assim sendo, de maneira a facilitar a análise do projeto pela concessionária, a rede de BT que passa pelo local (linha contínua em azul) também é desenhada, como uma sugestão de caminho para o fornecimento de energia. Entretanto, é importante destacar que quem escolhe o ponto de derivação da rede é a distribuidora.

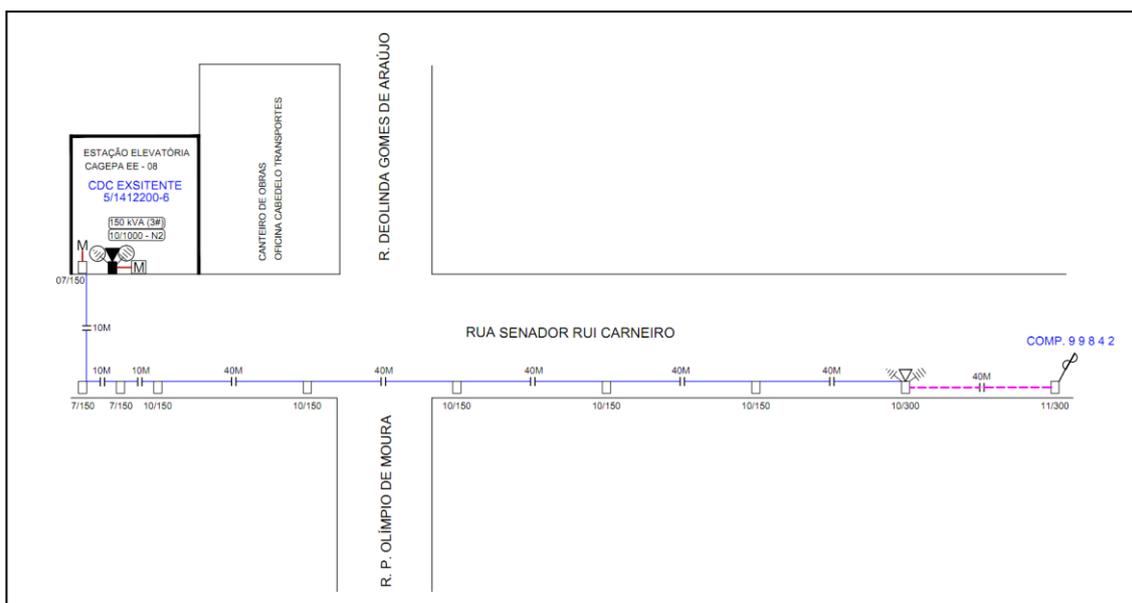


Figura 5: Planta de situação da Cagepa. [Fonte: Da Autora]

Seguindo as exigências de projeto da NDU002, foi indicado o poste necessário (esforço do poste) para a instalação, disjuntor, eletrodutos e condutores como pode ser visto na Fig. 6.

TABELA 02 - FORNECIMENTO TRIFÁSICO EM MÉDIA TENSÃO COM MEDIÇÃO NA BAIXA TENSÃO

Baixa Tensão em 380/220V

TRANSFORMADOR KVA	MEDIÇÃO		DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO (Limite Máximo) (A) (CC DE 10 KA)	CONDUTOR EPR OU XLPE 0,6/1kV 90°C (MM²)	ELETRODUTO AÇO (mm)	CONDUTOR PVC 0,6/1kV 70°C (MM²)	ELETRODUTO AÇO (mm)	POSTE (d=N)
	MED.	TC						
75	Trifásico Direto de 120A	-	125	3#50(25)	65	3#70(35)	80	300
112,5	Trifásico Direto de 200A	-	175	3#70(35)	80	3#95(50)	80	300
150	Trifásico	200 : 5	225	3#120(70)	100	3#150(95)	100	1000
225	Trifásico	250 : 5	350	3#240(120)	100	2x(3#120(70))	2 x 100	1000
300	Trifásico	400 : 5	450	2x(3#120(70))	2 x 100	2x(3#150(95))	2 x 100	1000

Figura 6: NDU 002 - Tabela 02 [Fonte: NDU 002]

Com as especificações acima citadas também foi elaborado o diagrama unifilar da instalação, conforme se vê na Fig. 8. Há diversos outros detalhes exigidos nas NDUs consultadas, porém não são exigidas pela equipe de projetos da concessionária. Isso se dá a fim de acelerar o processo de aprovação visto que estes detalhes geralmente dependem da marca das peças a serem utilizadas e fogem, portanto, ao controle do projetista.

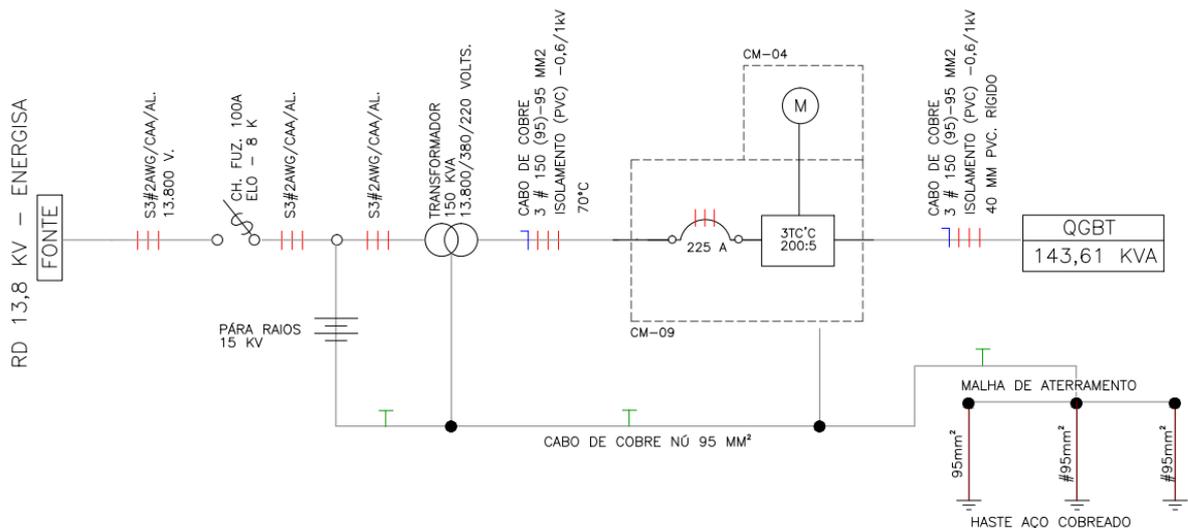


Figura 8: Diagrama Unifilar Subestação 150 kVA. [Fonte: Da Autora]

Este projeto encontra-se aprovado pela concessionária Energisa.

4.2 Projeto de Relocação de Subestação de 75 kVA

Neste projeto, foi demandada a mudança de local de uma subestação já existente, pois o poste em que o transformador estava se encontrava torto e ameaçava a segurança dos trabalhadores. Como não era possível utilizar o mesmo transformador (pois a empresa não poderia ficar sem fornecimento por muito tempo), foi necessário o projeto de uma nova subestação ao lado da antiga e em um local mais conveniente.

Um levantamento da área foi feito com o intuito de catalogar a rede de média tensão, distância entre os postes, componentes de distribuição, entre outros, com o

objetivo de colher dados para a planta de situação, a qual está mostrada na Fig. 9. O mesmo procedimento adotado para o projeto da subestação da seção 4.1 foi utilizado para esta segunda subestação.

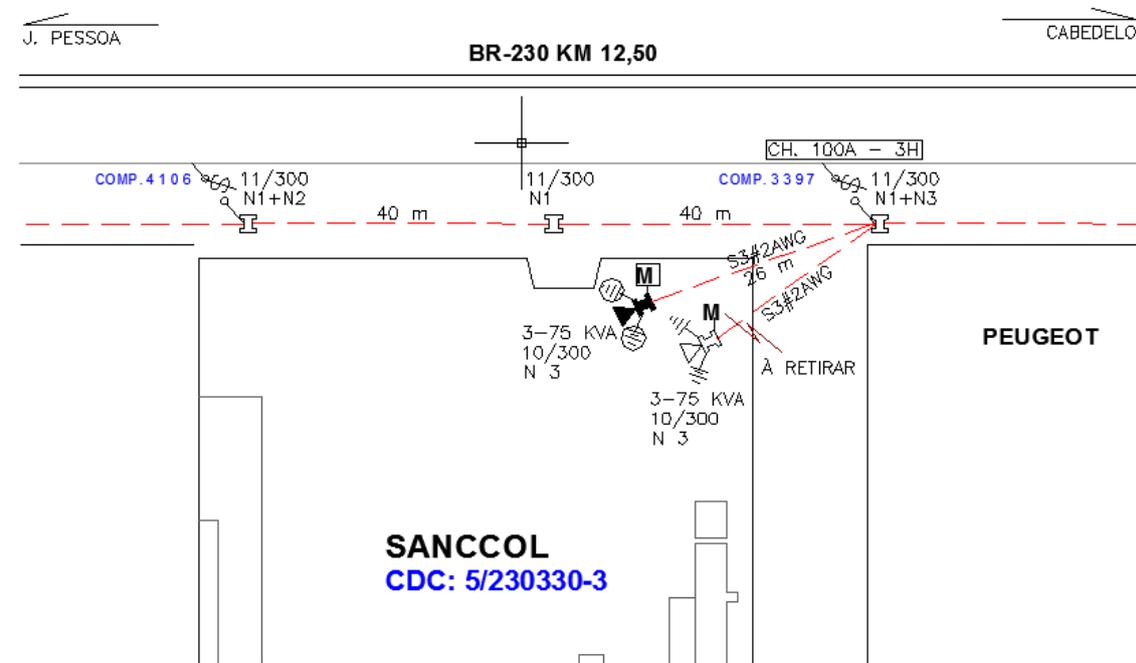


Figura 9: Planta de Situação para a Subestação de 75 kVA da Sanccol. [Fonte: Da Autora]

Diferentemente do projeto discutido na seção 4.1, já existia uma rede de média tensão que se prolongava até a antiga subestação. Nesse caso, a rede de MT será apenas deslocada para a nova subestação e não será afetada já que faremos uma troca e não uma adição de transformador.

Após a elaboração do projeto e a organização da documentação exigida (ART, Plantas e Memorial Técnico Descritivo) os projetos foram submetidos à Energisa para análise técnica normativa. Uma vez aprovados, eles podem ser executados e ligados à rede da concessionária. Caso sejam reprovados, devem ser feitas as correções demandadas e em seguida reenviados para uma nova análise.

Este projeto encontra-se aprovado pela concessionária Energisa.

Capítulo 5

Loteamento Village Damha II

A MRA Engenharia foi contratada para projetar a rede de distribuição que atenderá ao empreendimento Village Damha II, um loteamento com 622 lotes no município do Conde – PB.

As principais NDUs utilizadas foram a NDU004 e a NDU006. Nesta atividade foi preciso elaborar a rede de distribuição em média e baixa tensão. Os postes foram colocados obedecendo aos critérios de projetos estabelecidos pelas normas citadas.

Na vistoria feita no local foram coletados os nomes das ruas adjacentes, número de lotes, nível econômico do empreendimento e informações quanto à iluminação ornamental, quadras de esportes, salões e áreas de lazer.

Feito o levantamento, calculou-se uma potência instalada de 405 *kVA* para todo o loteamento. Foram utilizados seis transformadores dividindo o loteamento em seis grandes áreas de distribuição e a rede em média tensão foi projetada para alimentar esses transformadores. O número de transformadores foi definido levando em conta o preço dos transformadores (que variam segundo a potência) e a restrição de que o último ponto do circuito que sai do transformador não pode estar a mais de 400 m de distância deste. Dessa forma, foram projetados cinco transformadores de 75 *kVA* mais um transformador de 30 *kVA*.

A planta do loteamento e a sua divisão nas seis áreas podem ser vistas na Fig. 10. A linha de média tensão em vermelho segue até cruzar um transformador 13,8 *k/380 V*. Uma vez que o nível econômico do empreendimento é considerado baixo, a norma diz que cada lote é alimentado com apenas uma fase e que a cada um deles deve-se atribuir uma potência de 0,5 *kVA*.



Figura 10: Loteamento e as Seis Áreas de Distribuição (cores distintas). [Fonte: Da Autora]

Foram tomados os cuidados regulamentados pelas normas como o espaçamento máximo de 40m entre os postes, as estruturas dos mesmos quanto à altura e esforço máximo e a localização na rua (entre os lotes, nunca no meio deles), conforme visto na Fig. 11. Outras restrições quanto ao posicionamento do poste são nas áreas verdes, áreas de lazer e locais pré-determinados pelo(a) arquiteto(a).

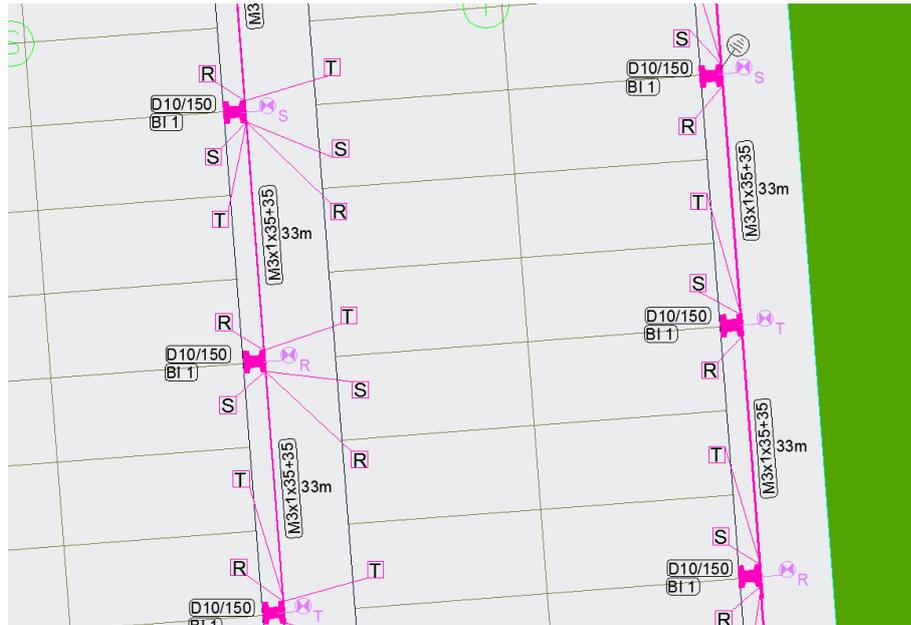


Figura 11: Detalhes do projeto dos postes [Fonte: Da Autora]

Os condutores-tronco foram determinados segundo a norma NDU006, sendo para transformadores entre 15 kVA e 75 kVA, 70 mm^2 . O detalhe em um dos condutores-tronco pode ser visto na Fig. 12.



Figura 12: Detalhe do Condutor - tronco para SBE de 75 kVA. [Fonte: Da Autora]

Para cada uma das áreas foi feito o cálculo de queda de tensão e uma vez que o limite de 3% era ultrapassado, era feito também o redimensionamento dos condutores. Em geral, o problema da queda de tensão era solucionado prolongando-se o condutor tronco por mais um poste. Depois disso, os cálculos eram refeitos para verificação. A tabela de cálculo está mostrada na Fig. 13.

CALCULO DE QUEDA DE TENSÃO									
TÍTULO DO PROJETO		LOTEAMENTO VILLAGE DAMHA II							
TENSÃO PRIMÁRIA:		13.800V	TENSÃO SECUNDÁRIA (FN-FF):		220/380V				
		Qtde de Cargas	D Unitária (Kva)	(em KVA)	Total (em KVA)	TRAFO ESCOLHIDO:		75 KVA	
	Residencial	140x	0,5=	70,00	72,51	ÁREA		T 06	
	lum Pública	33x	0,076=	2,51		COSφ:		0,92	
	Outras	1	0	0		D Res - Média (KVA p/ UC)			
TRECHO		CARGA			CONDUTORES	QUEDA DE TENSÃO			
Descrição	Comprimento (100m)	Distribuída no trecho	Acumulada no fim do trecho	TOTAL		UNITÁRIO	NO TRECHO	TOTAL	
A	B	C	D	E=(C/2 +D).B	F	G	E.G=H	I	
T - J	1,20	8,73	22,41	32,1312	M3x1(70+70)	0,0356	1,1439	1,14	
T - I	1,08	8,73	30,56	37,7222	M3x1(70+70)	0,0356	1,3429	1,34	
J - A	0,62	0,08	20,26	12,5848	M3x1(35+35)	0,0660	0,8306	1,97	
A - C	0,94	5,15	3,08	5,3129	M3x1(35+35)	0,0660	0,3507	2,33	
A - E	0,72	0,08	10,88	7,8610	M3x1(35+35)	0,0660	0,5188	1,86	
E - B	0,30	0,00	1,08	0,3228	M3x1(35+35)	0,0660	0,0213	1,88	
E - G	0,90	5,15	3,08	5,0868	M3x1(35+35)	0,0660	0,3357	2,20	
I - F	0,68	2,15	26,84	18,9802	M3x1(70+70)	0,0356	0,6757	2,02	
F - D	0,94	7,15	3,08	6,2529	M3x1(35+35)	0,0660	0,4127	2,43	
F - H	0,49	1,08	13,46	6,8571	M3x1(70+70)	0,0356	0,2441	2,26	
H - K	1,37	9,80	2,58	10,2449	M3x1(35+35)	0,0660	0,6762	2,94	

Figura 13: Diagrama de queda de tensão na rede de distribuição secundária. [Fonte: Da Autora]

Este foi um projeto mais árduo do que complexo e o tempo para a sua conclusão é maior por haver a necessidade de se contar a quantidade de postes, estruturas e comprimento dos cabos. Para este trabalho várias pessoas estiveram envolvidas para que os prazos fossem cumpridos.

Assim como para uma subestação, um diagrama unifilar da média tensão é elaborado a partir da rede projetada, conforme visto na Fig. (14).

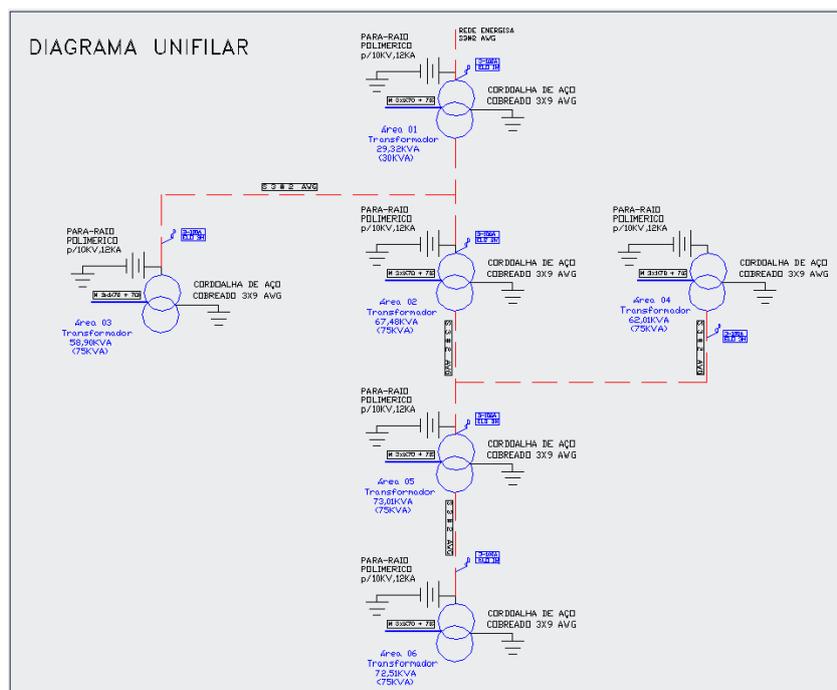


Figura 14: Diagrama Unifilar do Loteamento. [Fonte: Da Autora]

CONCLUSÃO

A partir dos projetos apresentados pode-se concluir que esta experiência profissional foi de extrema valia para minha formação de Engenheira. O contato com clientes nos exige seriedade, compromisso e a necessidade de mostrar profissionalismo e competência para cumprir as atividades propostas. O cumprimento de prazos foi determinante no estágio, pois todo contrato de prestação de serviços exigia um prazo que deveria ser cumprido para manter a boa imagem da empresa. Isso foi muito importante já que a MRA deseja se destacar dentre as diversas empresas do setor. O padrão utilizado pela empresa é único e desenvolvido por ela mesma. Para aprender a forma de trabalhar custou tempo e dedicação. Ao final pude desenvolver projetos sozinha e auxiliar em outras atividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Meza, Edwin B. Mitacc. Fundamentos de Eletricidade.
Disponível em:
<http://www.engenharia-puro.com.br/edwin/Eletricidade/Modulo%201%20-%20Introducao.pdf> . Acessado em 20/01/2014.
- [2] BIG - Banco de Informações de Geração, Capacidade de Geração do Brasil.
Disponível em:
<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>
Acessado em 19/01/2014.
- [3] Portal Brasil. Sistema Interligado Nacional. Disponível em:
<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2011/12/sistema-interligado-nacional>
Acessado em 19/01/2014.
- [4] Freitas, Luciana. Revista Lumiere (Segurança nas instalações) – “Perigo Iminente”.
Edição 169, pg. 36-46.
- [5] Cap. Newton dos Reis Barreira. Talk Show – Segurança em edificações. Corpo de Bombeiros, Anhembi – SP. ABINEE TEC 2013.
- [6] Póvoas, Wesley Douglas. “A importância do projeto elétrico”. Revista Brasil Engenharia, pg. 14.
- [7] Filho, João Mamede. *Instalações Elétricas Industriais* - 7ª edição. LTC. ISBN, 9788521617426

NDU 002 – Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Primária.

NDU 004 – Instalações Básicas para Construção de Redes de Distribuição Urbana

NDU 006 – Critérios Básicos para Elaboração de Projetos de Redes de Distribuição
Aéreas Urbanas