



Universidade Federal  
de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática  
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

Igor Monteiro Bezerra Ulisses

## **Relatório de Estágio**

Campina Grande, Paraíba  
08 de Maio de 2017

Igor Monteiro Bezerra Ulisses

## **Relatório de Estágio**

Relatório de estágio submetido à Coordenação do Curso de Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Processamento de Energia

Orientador: Prof. Dr. Célio Anésio da Silva

Campina Grande, Paraíba

08 de Maio de 2017

Igor Monteiro Bezerra Ulisses

## **Relatório de Estágio**

Relatório de estágio submetido à Coordenação do Curso de Graduação de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Processamento de Energia

Aprovado em: 08/05/2017

---

**Prof. Dr. George R. S. Lira**  
Avaliador

---

**Prof. Dr. Célio Anésio da Silva**  
Orientador, UFCG

Campina Grande, Paraíba  
08 de Maio de 2017

*A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram de alguma forma na minha caminhada, minha eterna gratidão.*

# AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, essa força maior que nos impulsiona e nos guia pelos caminhos da vida até nossos objetivos.

Agradeço minha mãe, Teresa Dalva, por sempre comprar meus sonhos junto comigo e fazer deles realidade. Sempre ao meu lado, nunca estive sozinho um só minuto mesmo com toda a distância.

Agradeço minha irmã, Fernanda, pelo companheirismo e cumplicidade de uma vida toda. O amor mútuo e incondicional que sentimos um pelo outro é uma das minhas forças para seguir em frente sempre.

Agradeço ao meu pai, Fernando, (*in memoriam*) que mesmo tendo nos deixado cedo, construiu uma base sólida para que nós continuássemos trilhando o caminho do bem e das vitórias. Uma pessoa batalhadora que enquanto esteve aqui conosco dedicou sua vida à sua família.

Agradeço minha avó, Iraci, uma mulher forte e uma base firme de apoio para mim. Sempre perto e ajudando nos bons e principalmente nos momentos ruins.

Agradeço meu avô, B. Costa, que é um grande amigo e apoiador que tenho nessa vida. Sempre acreditou no meu sucesso e investiu para que chegasse até aqui.

Agradeço a minha tia, Tata, por todo o investimento, amor e bolos que dedicou a mim durante todos esses anos.

Agradeço à minha prima Karol, seu marido Thiago, seus filhos João Pedro, Mariana e Maria Lídia. Agradeço minha minha tia Gardênia, minha tia Ana, minha afilhada linda Ana Luíza e ao meu afilhado Artur.

Agradeço à minha namorada, Viviane, por todo companheirismo, amor e dedicação dispensados a mim neste último ano.

Agradeço à minha avó Zezé e ao meu avô Adail (*in memoriam*) por todo amor e carinho dispensados a mim.

Agradeço aos meus amigos do Buriti, aos meus amigos do Jack Daniel's, aos meus amigos da capoeira de Campina Grande e aos meus amigos da capoeira de Teresina.

Agradeço ao professor Célio pela disponibilidade da orientação e pelos conhecimentos transmitidos durante o estágio e durante a disciplina de instalações elétricas.

*É você que ama o passado  
e que não vê  
que o novo sempre vem.  
(Belchior) .*

# RESUMO

Este relatório tem como objetivo mostrar as principais atividades realizadas pelo estagiário em engenharia elétrica Igor Monteiro Bezerra Ulisses no tempo em que trabalhou para a LOTIL CONSTRUÇÕES E INCORPORAÇÕES LTDA. Apesar de a construtora ser de Fortaleza, o estágio foi realizado na construção da nova sede do Tribunal Regional Eleitoral (TRE) na cidade de Natal, no estado do Rio Grande do Norte. A primeira parte do trabalho se resume a uma introdução teórica que dará o embasamento necessário para o melhor entendimento das atividades que foram realizadas durante o período de estágio. Logo após essa primeira seção, alguns dos trabalhos que foram realizados serão detalhados, dentre eles: *As Built*, estudo de seletividade da subestação elétrica, sistemas de aterramento de SPDA e sistema de cabeamento estruturado.

**Palavras-chave:** As Built, subestação, cabeamento estruturado, aterramento, SPDA.

# ABSTRACT

This report aims to present the main activities executed by the electrical engineering intern Igor Monteiro Bezerra Ulisses during his time working for Lotil Construções e Incorporações Ltda. Despite the construction company to be localized in Fortaleza-CE, the internship took place in the construction of the Tribunal Regional Eleitoral's (TRE) new building in Natal, Rio Grande do Norte. The first part of the paper is composed by a theoretical introduction to give a necessary base to better understand the activities executed during the intership. Right after the first section, some of the works done will be detailed, among them: As Built, selectivity study of the electrical subestation, grounding systems and lightning protection system and structured cabling.

**Keywords:** As Built, electrical subestation, grounding systems, lightning protection system and structured cabling

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sede da construtora LOTIL em Fortaleza-CE. . . . .	14
Figura 2 – Fachada do prédio do TRE-RN. . . . .	14
Figura 3 – Esquema básico de cabeamento estruturado de um prédio . . . . .	17
Figura 4 – Esquema de aterramento TN-S . . . . .	21
Figura 5 – Pavimento do prédio do TRE-RN em construção. . . . .	23
Figura 6 – Detalhe de projeto hidrossanitário de esgoto da obra do prédio do TRE-RN. . . . .	24
Figura 7 – Detalhe de execução do projeto hidrossanitário de esgoto da obra do prédio do TRE-RN. . . . .	25
Figura 8 – Painel de média tensão da SE da nova sede do TRE. . . . .	26
Figura 9 – Curvas de temporização do relé: muito inversa (à esquerda) e extremamente inversa (à direita) . . . . .	29
Figura 10 – Curva de temporização do relés de fase da COSERN (azul) e da subestação do TRE (laranja) . . . . .	30
Figura 11 – Curva de temporização do relés de neutro da COSERN (azul) e da subestação do TRE (laranja) . . . . .	31
Figura 12 – Projeto de aterramento do prédio do TRE-RN . . . . .	33
Figura 13 – Haste de aterramento e cabo de cobre nú conectados através de solda exotérmica. . . . .	33
Figura 14 – Haste de aterramento e cabo de cobre nú conectados através de solda exotérmica. . . . .	34
Figura 15 – Esquema de implantação do racks de telecomunicação da nova sede do TRE-RN. . . . .	35
Figura 16 – Quadro elétrico de alimentação dos motores dos elevadores. . . . .	36
Figura 17 – Quadro elétrico de alimentação dos motores dos elevadores montado na casa de máquinas. . . . .	37
Figura 18 – Esquema de distribuição dos racks de telecomunicação da nova sede do TRE-RN. . . . .	38
Figura 19 – Rack de telecomunicações especificado em projeto . . . . .	39
Figura 20 – Rack de telecomunicações Lextron, equivalente ao especificado em projeto	40

# LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis de curto-circuito no ponto de entrega da concessionária COSERN.	27
Tabela 2 – Impedância do sistema elétrico da COSERN. . . . .	27
Tabela 3 – Dados dos relés de proteção da COSERN . . . . .	27
Tabela 4 – Subestação da sede do TRE . . . . .	27
Tabela 5 – Dados para a parametrização do relé. . . . .	28
Tabela 6 – Dados dos relés de proteção da subestação do TRE-RN . . . . .	32

# LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COSERN: Companhia Energética do Rio Grande do Norte

SPDA: Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas

NBR: Norma Brasileira

TC: Transformador de Corrente

PT: Ponto de Tomada

AT: Armário de Telecomunicações

SEQ: Sala de Equipamentos

SET: Sala de Entrada

CFTV: Circuito Fechado de TV

CATV: Circuito Aberto de TV

SE: Subestação Elétrica

QGBT: Quadro Geral de Baixa Tensão

UFMG: Universidade Federal de Campina Grande

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	Objetivos	13
1.2	Local do Estágio	13
1.3	Estrutura do Relatório	15
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>16</b>
2.1	<i>As Built</i>	16
2.2	Cabeamento Estruturado	16
2.3	Estudo de Seletividade da Subestação Elétrica	18
2.4	Aterramento de Instalações Elétricas de Baixa Tensão	20
2.5	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)	21
<b>3</b>	<b>ATIVIDADES REALIZADAS</b>	<b>23</b>
3.1	Verificação de Execução de Projetos e <i>As Built</i>	23
3.2	Estudo de Seletividade da Proteção Elétrica	25
3.3	Sistemas de Aterramento e SPDA	32
3.4	Outras Atividades Realizadas	35
3.4.1	Montagem dos Elevadores	35
3.4.2	Cabeamento Estruturado	37
3.4.3	Medição dos Trabalhos Executados	40
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>41</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>42</b>
	<b>ANEXO A – CÁLCULO DOS PARÂMETROS</b>	<b>43</b>
A.1	Impedância Equivalente do Sistema da Concessionária	43
A.2	Impedância do Transformador	43
A.3	Curto Circuito no Secundário do Transformador	43
A.4	Corrente Nominal Máxima	43
A.5	Corrente de Demanda	44
A.6	Corrente de Desbalanço	44
A.7	Corrente de Magnetização do Transformador	44
A.8	Relação de Espiras do Transformador de Corrente	45

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Objetivos

Este relatório tem como objetivo fornecer uma base teórica sobre instalações elétricas e, posteriormente, descrever as atividades executadas durante o estágio na construtora Lotil Construções e Incorporações Ltda.

## 1.2 Local do Estágio

Fundada em 1982 sob o nome de LOTIL - Loteamento e Incorporações Ltda, a construtora LOTIL foi criada com o intuito de atuar no ramo de loteamentos imobiliários. No entanto, os fundadores da empresa não obtiveram o sucesso esperado nos primeiros anos.

Após o insucesso inicial os fundadores decidiram focar no setor de obras públicas onde a empresa conseguiu trilhar um caminho de sucesso. Em 1990 a LOTIL alterou sua razão social para LOTIL - Construções e Incorporações, consolidando sua atuação como empreiteira de obras públicas e implantando uma gestão familiar dos negócios da construtora.

Com mais de 30 anos de mercado a LOTIL tem um vasto acervo técnico contando com mais de 250 obras nas mais diversas áreas: saneamento básico, habitação, terraplanagem, coleta de lixo, manutenção de vias ferroviárias, prestação de serviços de engenharia, etc. Dentre todas essas obras pode-se destacar algumas como exemplo:

- Complexo Esportivo Castelão em São Luiz no Maranhão;
- Hospital Natan Portela em Teresina no Piauí;
- Tribunal de Contas da União em Fortaleza no Ceará;
- Empreedimentos habitacionais como Solarium Condominium e Jardins de Sabatini, ambos em Natal no Rio Grande do Norte.

A Figura 1 mostra a fachada da sede da LOTIL em Fortaleza no Ceará.

Figura 1 – Sede da construtora LOTIL em Fortaleza-CE.



O estágio aqui descrito neste relatório foi realizado na obra de construção da nova sede do Tribunal Regional Eleitoral (TRE) do estado do Rio Grande do Norte, na capital, Natal. A duração do estágio foi de 660 horas, se iniciando em 09 de janeiro de 2017 e tendo fim em 05 de maio de 2017. A Figura 2 mostra a fachada do prédio em construção.

Figura 2 – Fachada do prédio do TRE-RN.



## 1.3 Estrutura do Relatório

O capítulo 1 desse relatório é destinado à apresentação dos objetivos deste trabalho, bem como da empresa concedente do estágio, falando de sua história e mostrando um pouco do seu acervo técnico em execução de obras.

O capítulo 2 consiste em uma fundamentação teórica com o intuito de fornecer uma base para o entendimento das atividades realizadas durante o período de estágio, as quais serão apresentadas já no capítulo 3. Assuntos como *As Built*, sistema de cabeamento estruturado, estudo de seletividade de subestação elétrica, aterramento das instalações elétricas e sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) serão abordados no segundo capítulo.

No terceiro capítulo deste trabalho as atividades que foram realizadas durante o período de estágio na obra de construção do prédio TRE serão apresentadas.

Por fim, a última parte do trabalho é uma consideração final sobre o que foi abordado no trabalho. Ainda neste capítulo, será feita uma análise de impactos positivos e também negativos do curso de graduação em engenharia elétrica da UFCG durante esse período de estágio.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 *As Built*

*As built* consiste na conferência e posterior documentação de como uma obra foi realmente executada. Em outras palavras, *as built* pode ser entendido como a compatibilização entre o projeto e a execução de uma obra. (SANTOS, 2016)

O projeto de uma edificação é a base a ser seguida pela empresa que está executando a obra. No entanto, pelos mais diversos motivos como eletrodutos que não conseguem atravessar vigas ou encaminhamentos de projetos distintos ocupando o mesmo espaço, mudanças na execução se fazem necessárias. Dessa forma, no fim de qualquer obra, o *as built* deve ser realizado para ficar claro, em projeto, como as infra-estruturas da edificação foram construídas.

### 2.2 Cabeamento Estruturado

Em meados do século XX os sistemas de comunicação foram se desenvolvendo de forma independente, como exemplo é possível citar as redes locais de computadores, as redes de telefonia, circuitos de segurança, dentre outros. Para a construção de cada sistema desse era necessário toda uma infra-estrutura que desse suporte a cabos e elementos ativos das redes (modems, roteadores, hubs, etc). Dessa forma, a construção desses sistemas de baixa potência de transmissão de dados de forma independente demandava mais mão de obra e infra-estrutura(UNICAMP, 2009).

Os sistemas estruturados surgem então, com a finalidade de integrar todos os sistemas de dados através de elementos passivos, o cabeamento estruturado.

O sistema de cabeamento estruturado apresenta infraestrutura flexível, permitindo fácil gerenciamento de redes bem como sua rápida expansão, e tem suporte para os mais diversos fins: transmissão de dados, voz, imagem, etc(SENAI, 2012).

Para um completo entendimento de um sistema de cabeamento estruturado, 6 subsistemas são cruciais:

- Cabeamento Horizontal;
- Cabeamento *Backbone*;
- Área de Trabalho;

- Sala de Telecomunicação;
- Sala de Equipamentos;
- Entrada do Edifício.

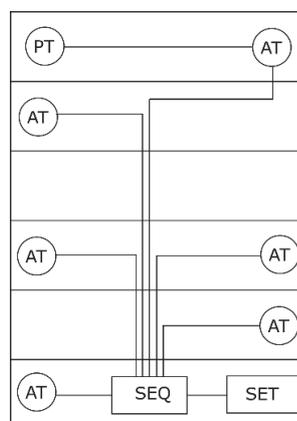
O cabeamento horizontal pode ser entendido como os cabos que são lançados das salas de telecomunicações, onde se encontram os ativos da rede (*patch panels, switches, modems, etc*), até as áreas de trabalho. Já o cabeamento backbone realiza a comunicação entre as diferentes salas de telecomunicação bem como a interligação da entrada do edifício até as salas de telecomunicação(UNICAMP, 2009).

Uma área de trabalho pode ser definida como uma área interna de uma edificação onde possua pontos de rede e também os equipamentos de usuários(NBR14565, 2000).

A sala de telecomunicação é o ponto de interconexão do cabeamento de backbone com o cabeamento horizontal. Nessa sala encontram-se os racks de telecomunicações com ativos da rede. Por sua vez, a sala de equipamentos é o ponto inicial de partida de todos os cabos do sistema backbone, lá se encontram também grande parte dos ativos de rede. Por último, a entrada do edifício é o local de interligação entre os serviços de telecomunicações e o cabeamento interno de um prédio(SENAI, 2012).

Na figura 3 mostra-se um esquema básico de implementação de uma rede estruturada em um edifício. As siglas SET e SEQ significam sala de entrada e sala de equipamentos, respectivamente. Por sua vez, AT representa os armários de telecomunicações que se localizam nas salas de telecomunicação. Por fim, tem-se os PT, que representam os pontos de tomada situados nas áreas de trabalho.

Figura 3 – Esquema básico de cabeamento estruturado de um prédio



Fonte: Autor

## 2.3 Estudo de Seletividade da Subestação Elétrica

Em uma rede elétrica, quando dois ou mais dispositivos destinados a proteção do sistema estão em série, estes devem possuir coordenação ou seletividade para que o equipamento mais próximo do ponto de falta atue de forma mais rápida que os demais. Dessa forma, evita-se que uma grande porção do sistema elétrico seja desligado sem necessidade. Essa seletividade pode ser obtida com base nas características elétricas de trabalho de dispositivos seccionadores. Por exemplo: para um determinada corrente de falta, o equipamento de proteção mais perto atua com um tempo mais curto, enquanto que, os mais distantes possuem atrasos maiores para operar (CREDER, 2016).

A norma NBR 14039 é quem dita as diretrizes para a instalações elétricas de média tensão no Brasil. O item 5.3.1.2 da norma citada informa que em subestações alimentadoras com carga acima de 300 kVA, o dispositivo utilizado para fazer a proteção em média tensão deve ser um disjuntor comandado por um relé secundário que possua as funções 50 e 51 da norma ANSI, fase e neutro. Esta norma codifica as funções dos dispositivos de proteção, comando e sinalização e é amplamente utilizada por projetistas e e outros profissionais da área. Ainda na NBR 14039, o item 5.3.4.1 diz que os dispositivos de proteção devem ser capazes de interromper qualquer corrente menor ou igual à corrente de curto-circuito presumida nos pontos em que os dispositivos estão instalados (NBR14039, 2005).

Tendo em vista o que foi exposto no parágrafo anterior, para a aprovação de uma subestação por parte da concessionária local, é necessário um estudo de seletividade que garanta que a proteção do subestação atue sempre primeiro que a proteção do sistema elétrico da concessionária que está a jusante.

Baseado na especificação técnica "Sistema de Proteção com Relé Microprocessado com Função 50/51" para fase e neutro da Eletrobras, alguns parâmetros devem ser calculados para se parametrizar um relé e, dessa forma, se obter a coordenação exigida.

Algumas informações sobre características tanto do sistema elétrico como dos relés de proteção devem ser disponibilizadas pelo consumidor e pela concessionária. As informações advindas da concessionária são as seguintes:

- Níveis de curto circuito;
- Relé de sobrecorrente do alimentador (fase) da concessionária;
- Relé de sobrecorrente do alimentador (neutro) da concessionária;
- Tensão de fornecimento;
- Impedâncias de sequência reduzida no ponto de entrega da subestação.

Com relação ao consumidor, as informações que se seguem são necessárias:

- Potência dos transformadores;
- Impedância dos transformadores(%);
- Relé de sobrecorrente (fase) do consumidor;
- Relé de sobrecorrente (neutro) do consumidor;
- Distância entre o relé e o TC;
- Resistência unitária do cabo que liga o TC ao relé;
- Consumo do relé;
- Corrente nominal.

Com base nos itens acima, deve-se calcular os seguintes parâmetros: impedância equivalente do sistema da concessionária, impedância dos transformadores, curto circuito no secundário dos transformadores, corrente nominal trifásica, corrente de demanda, corrente de desbalanço, corrente de magnetização dos transformadores, relação de espiras do transformador de corrente (TC) e tensão secundária do TC. O método de cálculo de cada um dos parâmetros acima pode ser encontrado no anexo A no final deste relatório.

De posse de todas as informações citadas até este ponto é possível se parametrizar um relé de acordo com as funções ANSI 50 e 51 para fase e neutro. O processo de parametrização de um relé nada mais é que definir quais os níveis de corrente para o qual o relé deve atuar ou não.

A função ANSI 50 diz respeito a atuação do relé independente do tempo (instantânea), ou seja, em caso de sobrecorrente acima de um limiar o relé atua com um *delay* que não depende do valor da corrente. Já a função ANSI 51 já tem uma dependência da corrente de falta (temporizada). Quanto maior for a magnitude da corrente, mais rápido deve atuar o relé (MASCARENHAS, 2016).

De acordo com MAMEDE (2007) as correntes de atuação da unidade instantânea 50 para fase e neutro podem ser definidas pela equação (2.1):

$$I_{50} = \frac{KI_{max}}{RTC}. \quad (2.1)$$

Na equação acima  $I_{max}$  corresponde a máxima corrente que pode ser demandada pelo sistema. K é uma constante de sobrecarga que pode ser de 1,2 a 1,5 para a fase e de 0,2 para o neutro (corrente de desbalanço). Por fim, RTC é a relação de espiras do transformador de corrente TC, através do qual o relé monitora o sistema elétrico.

A corrente da unidade temporizada 51 para o relé de fase deve ser maior que a corrente de magnetização do transformador que normalmente é 8 vezes a corrente nominal

do equipamento. Contudo, o relé de fase e neutro deve atuar para o menor valor de corrente de falta no trecho de atuação do transformador, então:

$$I_{mag} = 8I_{nom}, \quad (2.2)$$

$$I_{51} < \frac{I_{cc}}{RTC}. \quad (2.3)$$

Para a fase o  $I_{cc}$  considerado deve ser o valor da falta trifásica. Já para a unidade de neutro o valor de  $I_{cc}$  é o valor presumido para a falta fase-terra.

## 2.4 Aterramento de Instalações Elétricas de Baixa Tensão

Segundo DOMINGOS (2015), o aterramento consiste na interligação elétrica, de forma proposital, com a terra, fornecendo assim, um caminho de baixa resistência para correntes perigosas à instalação elétrica. Essas correntes podem ser descargas atmosféricas ou mesmo por faltas no sistema elétrico.

Os sistemas de aterramento podem ser divididos em três: aterramento de trabalho, aterramento funcional e aterramento de proteção. O primeiro deles, aterramento de trabalho, é um aterramento provisório, feito apenas para a execução de algum trabalho em uma instalação elétrica com o intuito de garantir a segurança dos que estão trabalhando. Por sua vez, o aterramento funcional consiste na ligação à terra do neutro do sistema. Esse tipo de sistema está diretamente relacionado com o funcionamento correto dos equipamentos. Por fim, o aterramento de proteção consiste na ligação à terra de corpos estranhos à instalação elétrica, por exemplos: tubos metálicos, eletrocalhas, etc. Esse tipo de aterramento é responsável por evitar choques elétricos através de contatos diretos (CREDER, 2016).

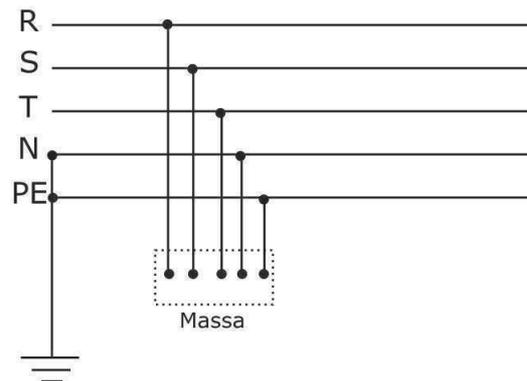
O choque elétrico pode ser ocasionado por que uma instalação de baixa tensão está sempre sujeita a falhas. Se o isolamento de um cabo condutor se romper e este entrar em contato com algum corpo condutor, isso criará um potencial elétrico que se diferencia da terra. Em caso de contato direto de uma pessoa com o corpo condutor, um caminho fechado entre a o corpo e a terra vai ser criado e uma corrente elétrica vai percorrer (DOMINGOS, 2015).

A norma NBR 5410, que rege as instalações elétricas de baixa tensão, diz que toda instalação elétrica deve possuir aterramento. Essa norma define 5 esquemas diferentes de aterramento. Esses esquemas são classificados por 3 letras. A primeira letra define como o condutor de neutro está ligado a terra. A letra T significa que o condutor foi aterrado diretamente e I indica que o aterramento foi feito através de impedância. A segunda letra, diz respeito ao aterramento das massas da instalação: T para quando as massas estão aterradas diretamente e N para quando o aterramento delas se dá através do condutor de

proteção. Ainda é possível o uso de mais duas letras: S para quando o neutro e o condutor de proteção são distintos e C para quando eles formam um único condutor chamado de PEN. (NBR5410, 2004)

Os esquemas de aterramento definidos pelas NBR 5410 são: TN-S, TN-C, TN-CS, TT e IT. Na Figura 4 ilustra-se um esquema TN-S.

Figura 4 – Esquema de aterramento TN-S



Fonte: Autor

A ligação elétrica à terra deve ser feita através de eletrodos. Estes podem ser uma haste, um conjunto de hastes interligadas, condutores em anel, etc. Para garantir um caminho de baixa resistência à corrente, a malha de aterramento deve possuir resistência máxima de  $10 \Omega$ . Isso é uma recomendação e é diretamente influenciada pela geometria dos eletrodos usados, bem como pelo solo. Quanto maior for a resistividade do solo, maior será sua resistência (CREDER, 2016).

## 2.5 Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA)

Descarga atmosférica é um fenômeno da natureza que foge ao controle do ser humano. Os raios seguem uma tendência natural de atingir a superfície da terra, dessa forma, para se evitar danos físicos à pessoas, bem como danos materiais à instalações elétricas é necessário fornecer um caminho seguro a uma descarga elétrica. Deste modo, toda a carga será escoada para a terra reduzindo riscos de danos. Os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA) são os responsáveis por guiar um raio através de condutores até o total escoamento. Um sistema de SPDA não atrai raios e nem, muito menos, impede que estes ocorram como popularmente pensado. Suas funções podem ser classificadas como preventiva e protetora. Aquela, quando, através do poder de atração das pontas, freia o desenvolvimento do gradiente de potencial elétrico entre as nuvens e o solo, e esta quando, por estar posicionado no alto das edificações, oferece um caminho de

maior preferência para qualquer descarga atmosférica que possa atingir as proximidades do sistema (DOMINGOS, 2015).

Um sistema SPDA pode ser dividido em três subsistemas. São eles:

- Captores do raio;
- Cabos de descida;
- Sistema de aterramento.

Os captores de raios podem ser diferenciados em dois grupos: naturais e não naturais. Os captores naturais são todos os condutores que estão expostos a uma possível descarga. Superfícies como a cobertura metálica de um galpão ou até mesmo tanques de ferro podem ser considerados captores naturais de raios. Já a captação não natural é constituída por uma haste denominada captor Franklin. Esse tipo de captor possui sua extremidade formada por um grupo de pontas, uma haste de sustentação feita de cobre que pode possuir uma altura variável entre 3 e 5 m e um isolador que usualmente é fabricado em porcelana vitrificada ou vidro temperado que é onde a haste é fixada (MAMEDE, 2007).

Os cabos de descida são os responsáveis pelo encaminhamento da descarga atmosférica até o sistema de aterramento do edifício. Quanto maior o número de descidas, melhor será o sistema de SPDA. Isso acontece porque ao aumentar o número de cabos se reduz a resistência entre estes e a malha de aterramento, melhorando, assim, o escoamento da corrente. Outro fator importante é que com um sistema dotado de várias descidas é fornecido múltiplos caminhos à corrente, assim, em caso de ruptura de algum cabo não haverá perda total do sistema de SPDA (CREDER, 2016).

Existe uma série de outras exigências que os cabos de descida de SPDA devem seguir, segundo DOMINGOS (2015). Estes condutores devem ser o mais curto possível e devem percorrer caminhos paralelos. Com o intuito de evitar centelhamento entre os cabos, estes devem ser interligados por condutores equipotenciais a cada 20 metros. As descidas de SPDA também podem ser feitas através das ferragens estruturais do prédio, no entanto, para isso é exigido um teste de continuidade da estrutura metálica. Mais informações sobre captores, descida e o sistema de aterramento podem ser encontradas na norma NBR 5419 que é a norma que rege esse tipo de sistema.

Por fim, o terceiro componente de SPDA é o aterramento. Os mesmos parâmetros apresentados na seção 2.4 também são válidas em relação ao aterramento do sistema de SPDA. De acordo com NBR 5419 (2015) é necessário que haja integração entre os sistemas de aterramento em uma edificação. Isso acontece para que não se crie interferência entre sistemas diferentes.

## 3 ATIVIDADES REALIZADAS

### 3.1 Verificação de Execução de Projetos e *As Built*

Em uma obra diversos projetos devem ser executados ao mesmo tempo e dividindo o mesmo ambiente. Estes projetos foram criados independentes um dos outros e por esse motivo, geralmente se interferem mutuamente. Portanto, no momento da execução, geralmente há um compatibilização que leva à mudanças em alguns projetos. A obra da construção da nova sede do Tribunal Regional Eleitoral em Natal é um exemplo claro da situação aqui exposta. Ao longo de 8 pavimentos, sistemas elétricos, de cabeamento estruturado, de incêndio, de gás, hidrossanitários, dentre outros, se organizam de forma que cada um possa cumprir sua função sem causar distúrbio a qualquer outro sistema. Na figura 4 ilustra-se um pavimento do prédio do TRE em construção com alguns dos sistemas executados:

Figura 5 – Pavimento do prédio do TRE-RN em construção.



Fonte: Autor

Outro empecilho que pode vir a causar alterações em projetos é a estrutura da edificação (vigas, pilares, paredes, divisórias, etc). No momento de criação, é possível que o projetista designe que algum eletroduto passará por dentro de uma viga onde, supostamente, não deveria passar. Portanto, no momento da execução, algum outro caminho deverá ser estabelecido para que o projeto possa ser realizado.

Devido a todos esses imprevistos descritos é necessário a atividade de *As Built* que

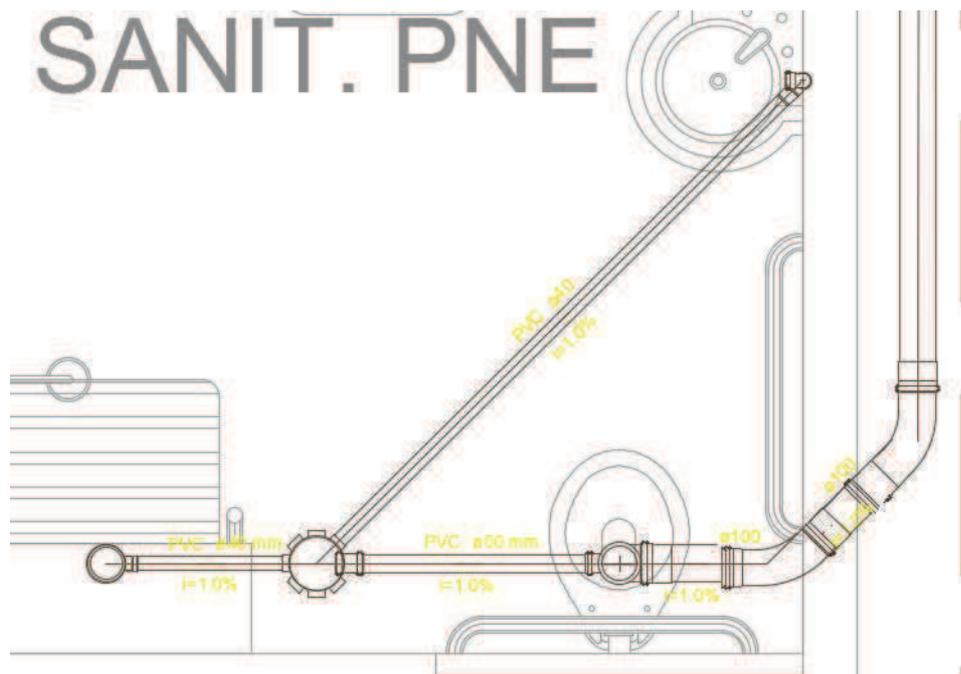
consiste na observação e modificação de projetos após estes estarem totalmente finalizados. O *As Built* é essencial pois os sistemas instalados no prédio geralmente ficam escondidos no entreforro ou em áreas técnicas. Dessa forma, para evitar que tenha que se descobrir uma área muito grande em caso de algum reparo ou manutenção necessários, se recorre ao projeto depois do *As Built* para se saber com precisão onde cada sistema se encontra.

Durante o período como estagiário da Lotil o aluno foi o responsável por fazer o *As Built* dos seguintes sistemas:

- Hidrossanitários;
- Combate a Incêndio;
- Instalações Elétricas;
- Instalações Especiais (Cabeamento, CFTV, Alarme, etc).

As Figura 6 e 7 mostram um exemplo claro de como a atividade de *As Built* deve ser executada. A Figura 6 mostra como uma parte do sistema hidrossanitário de esgoto da obra foi projetado. Após um verificação em campo, foi possível notar que o projeto foi executado de forma diferente, como mostrado na Figura 7. Portanto, nesse caso será necessário fazer a alteração do projeto.

Figura 6 – Detalhe de projeto hidrossanitário de esgoto da obra do prédio do TRE-RN.



Fonte: Projeto AutoCad FOX Engenharia e Consultoria.

Figura 7 – Detalhe de execução do projeto hidrossanitário de esgoto da obra do prédio do TRE-RN.



Fonte: Autor

## 3.2 Estudo de Seletividade da Proteção Elétrica

A nova sede do TRE-RN contará com uma subestação elétrica (SE) abrigada de 13,8 kV que alimentará todo o sistema elétrico do prédio. Esta SE é composta por um painel de média tensão montado pela empresa Volga e fabricado pela empresa Schneider, dois transformadores secos de 500 kVA cada, e quadros gerais de baixa tensão (QGBT). A figura 8 destaca o painel de média tensão da SE da nova sede do TRE-RN.

Figura 8 – Painel de média tensão da SE da nova sede do TRE.



Fonte: Autor

O painel de média tensão mostrado na figura 8 é composto por cinco cubículos. O primeiro deles é designado à entrada dos cabos alimentadores e também à medição do consumo através de transformadores de potencial (TP) e transformadores de correntes (TC). O segundo compartimento é o de proteção, é nesse cubículo onde se encontra o disjuntor responsável pelo seccionamento do circuito quando necessário e o relé de sobrecorrente que avalia o sistema e comanda o disjuntor. Este relé obtém os valores de corrente do circuito através de TCs instalados neste segundo cubículo. O terceiro compartimento do painel é um compartimento de transição de cabos. Por fim, o quarto e quinto cubículos tem a mesma função, a saída de cabos para se conectarem aos transformadores. Estes últimos compartimentos também são dotados de chaves seccionadoras para proteção do sistema elétrico.

Outra atividade de estágio foi a elaboração do estudo de seletividade da subestação do prédio. Esse estudo foi feito baseado em um projeto anterior realizado pela empresa FOX. Essa atividade foi solicitada pois algumas atualizações de parâmetros eram necessárias em relação ao estudo anterior.

Os cálculos que serão aqui apresentados utilizam as equações e conceitos que se encontram no Anexo A. Primeiramente, as Tabelas 1, 2 e 3 a seguir mostram os níveis de curto-circuito no ponto de entrega da concessionária COSERN (Companhia Energética do Rio Grande do Norte), dados de impedância do sistema elétrico da COSERN e informações sobre os relés de fase e neutro da concessionária, respectivamente.

Na tabela 4 mostra-se todas as informações referentes à subestação do prédio do TRE:

Tabela 1 – Níveis de curto-circuito no ponto de entrega da concessionária COSERN.

Tipo de Falta	Corrente (A)
$I_{cc3\phi}$	3150,9
$I_{cc\phi\phi}$	2728,76
$I_{cc\phi T}$	2135,72
$I_{cc\phi T(40\Omega)}$	193,48
$I_{cc\phi T(100\Omega)}$	79,5

Fonte: Dados fornecidos pela COSERN.

Tabela 2 – Impedância do sistema elétrico da COSERN.

$Z_1(\text{Impedância de Sequência Positiva})$	$0,4521 + j1,2484 \text{ pu}$
$Z_0(\text{Impedância de Sequência Zero})$	$0,7087 + j3,1542 \text{ pu}$

Fonte: Dados fornecidos pela COSERN.

Tabela 3 – Dados dos relés de proteção da COSERN

Relé	Dados de Fase	Dados de Neutro
Fabricante	SIEMENS	SIEMENS
Tipo	PL-300	PL-300
Unidade Temporizada (51)	2,85 A	0,375 A
Curva	1,2 (MI = Muito Inversa)	1,2 (MI = Muito Inversa)
Unidade Instantânea (50)	12 A	1,2 A
RTC	$800/5 = 160$	$800/5 = 160$

Fonte: Dados fornecidos pela COSERN.

Tabela 4 – Subestação da sede do TRE

	Potência	Impedância (%)
Transformador 1	500 kVA	5,16
Transformador 2	500 kVA	5,16
Potência Total	1000 kVA	
Ptência da Carga Instalada	1481,516 kW	
Demanda Prevista	814,635 kVA	

Fonte: Dados do projeto da FOX Engenharia e Consultoria.

Com base nos dados apresentados nas tabelas de 1 a 4 e com os cálculos que se encontram no Anexo A, a tabela 5 foi montada. Nesta tabela se encontram todos os dados necessários para se parametrizar o relé de acordo com as funções ANSI 50 e 51:

Os cálculos a seguir são para parametrizar o relé de acordo com a função ANSI 51 temporizada para a fase e o neutro:

- Fase:  $I_{51f} = \frac{KI_{max}}{RTC} = \frac{1,2 \cdot 41,8370}{40} = 1,255 A$

Tabela 5 – Dados para a parametrização do relé.

Corrente Nominal Máxima	41,8370 A
Corrente de Magnetização dos Transformadores	376,533 A
Relação de Espiras do TC	$\frac{200}{5} = 40$

Fonte: Autor.

- Neutro:  $I_{51n} = \frac{KI_{max}}{RTC} = \frac{0,2 \cdot 41,8370}{40} = 0,209A$

Já a corrente de parametrização do relé de fase da função instantânea ANSI 50 , como dito na seção 2.3, deve se encontrar no seguinte intervalo de valores:

$$\frac{I_{mag}}{RTC} < I_{50} < \frac{I_{cc}}{RTC}$$

A corrente do relé de neutro para esse caso deve respeitar a seguinte desigualdade:

$$I_{50} < \frac{I_{cc}}{RTC}$$

Para a corrente de fase, considera-se  $I_{cc}$  como a corrente de falta trifásica no ponto de entrega da concessionária. Já para o caso do neutro  $I_{cc}$  consiste no valor presumido para a corrente fase-terra. Dessa forma:

- Fase:

$$\frac{376,533}{40} < I_{51f} < \frac{3150,9}{40}$$

$$9,41A < I_{51f} < 78,7A$$

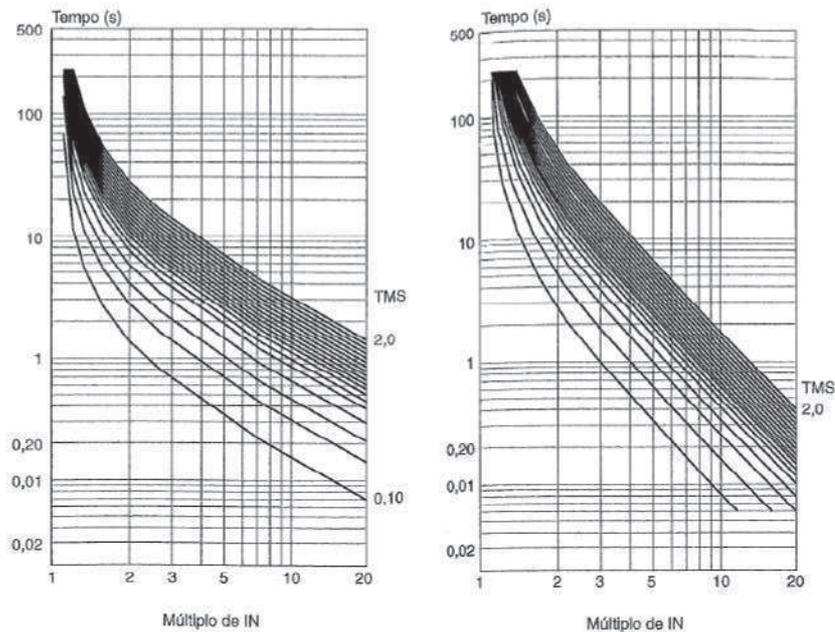
- Neutro:

$$I_{51n} < \frac{79,5}{40}$$

$$I_{51n} < 1,9875A$$

Após a definição das correntes de parametrização das funções ANSI 50 e 51 deve-se agora trabalhar nas curvas de temporização de fase e neutro. Essas curvas mostram o tempo de atuação do relé em relação a diferentes níveis de corrente de curto circuito. MAMEDE (2007) mostra alguns exemplos de curvas que são geralmente usadas de acordo com norma IEC 255-4. Pode-se citar: curva de temporização normalmente inversa, extremamente inversa, inversa longa e muito inversa. Na figura 9 mostra-se o exemplo de duas dessas curvas:

Figura 9 – Curvas de temporização do relé: muito inversa (à esquerda) e extremamente inversa (à direita)



Fonte: (MAMEDE, 2007)

Para este estudo de seletividade a curva utilizada será a muito inversa por ser a mesma curva adotada pela concessionária. A equação 3.1 mostra a equação que rege a curva:

$$T_a = \frac{13,5}{RTC\left(\left(\frac{I_{ma}}{I_{ac}}\right) - 1\right)} T_{curva} \quad (3.1)$$

$I_{ma}$  e  $I_{ac}$  correspondem à corrente máxima admitida e à corrente de acionamento (corrente de parametrização), respectivamente. Por fim,  $T_{curva}$  é o multiplicador de tempo que deve ser estrategicamente adaptado para se garantir a seletividade entre o relé da concessionária e o do consumidor. Na Tabela 3 (linha 5) vê-se que o relé da COSERN possui o termo  $T_{curva}$  como 1,2. Portanto, para o relé do TRE será adotado  $T_{curva} = 1$ . Substituindo os valores de fase na equação 3.1, tem-se:

$$T_a = \frac{13,5}{40\left(\left(\frac{I_{ma}}{1,255}\right) - 1\right)} \quad (3.2)$$

Para os valores do sensor de neutro:

$$T_a = \frac{13,5}{40\left(\left(\frac{I_{ma}}{0,209}\right) - 1\right)} \quad (3.3)$$

As Figuras 10 e 11 representam as curvas de temporização de fase e de neutro, nessa ordem. As duas figuras representam ambos os relés, o da COSERN bem como o da subestação do prédio do TRE.

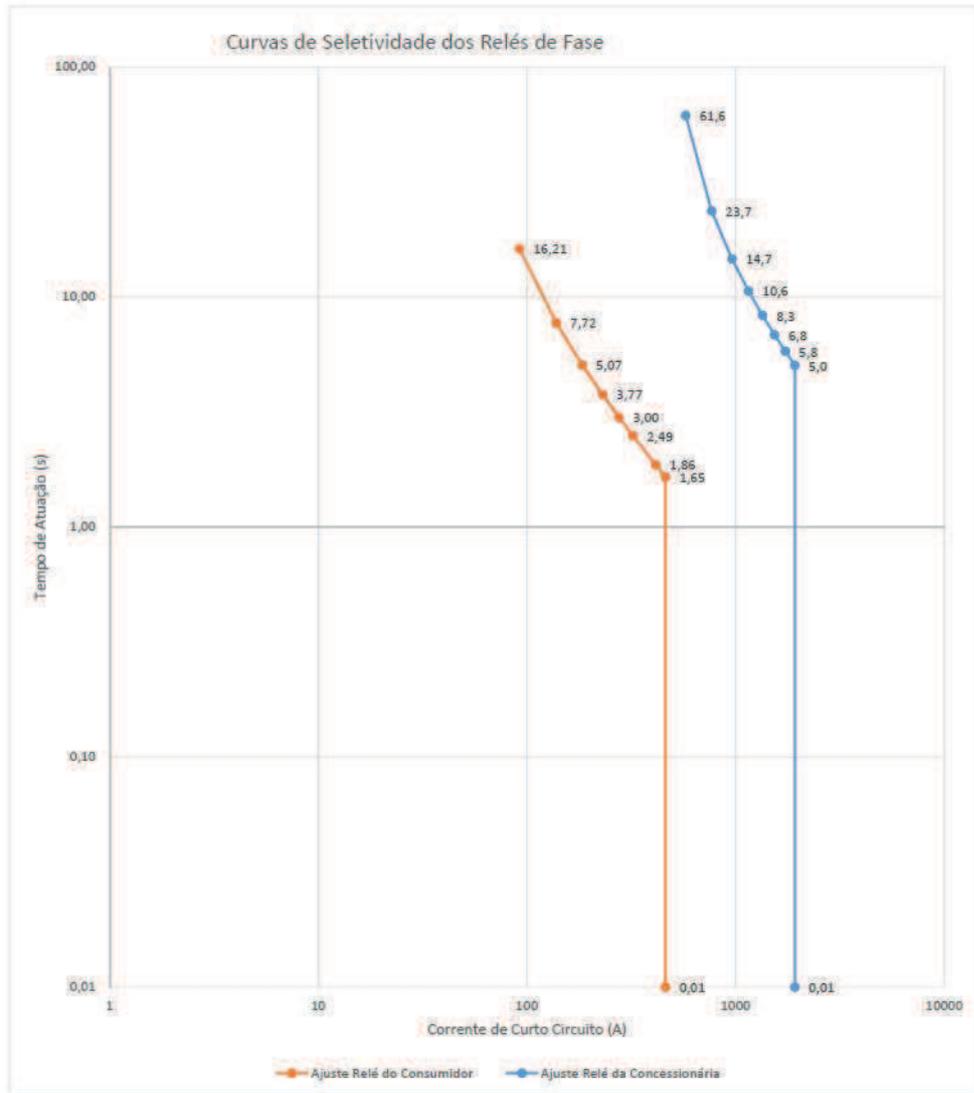


Figura 10 – Curva de temporização do relés de fase da COSERN (azul) e da subestação do TRE (laranja)

Fonte: Autor

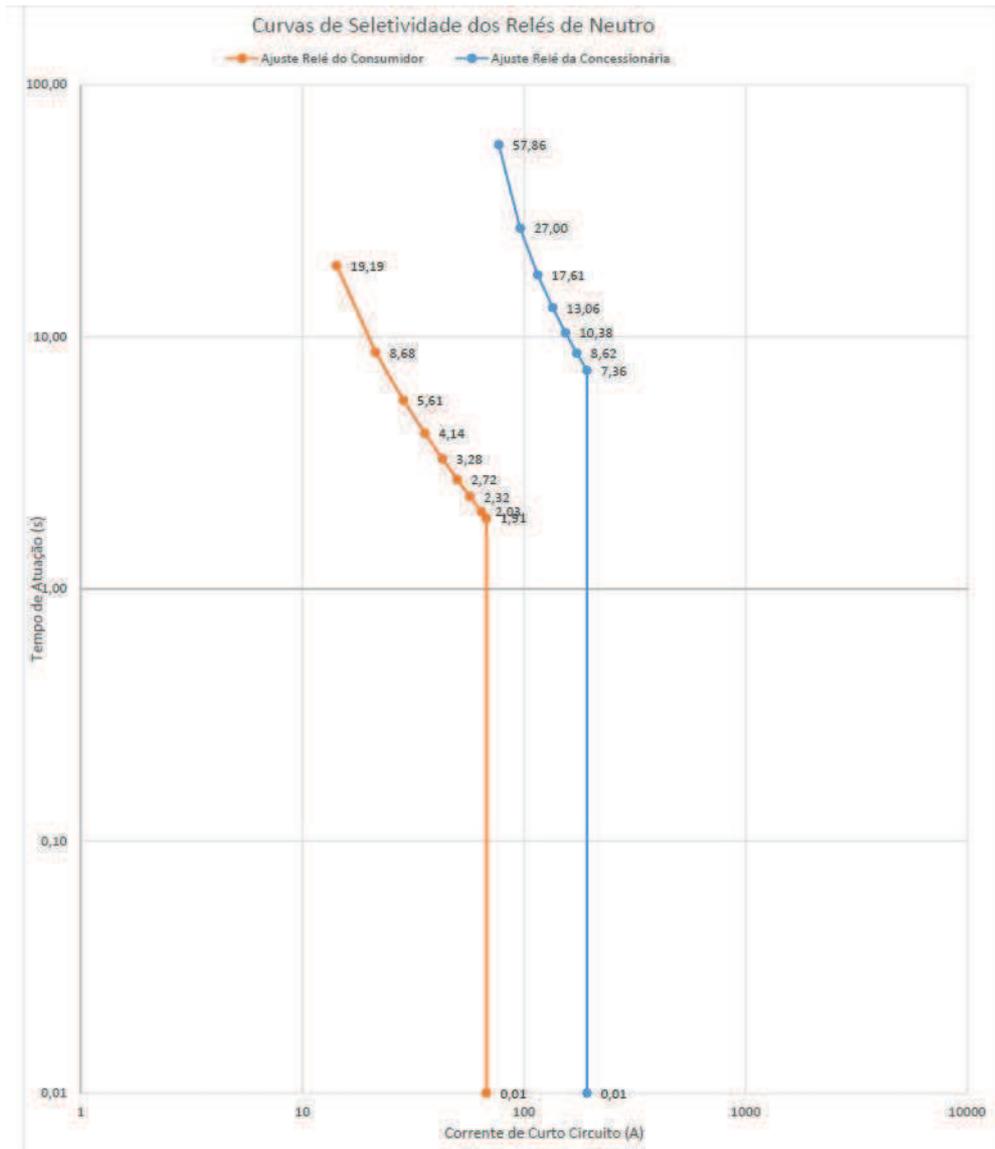


Figura 11 – Curva de temporização do relés de neutro da COSERN (azul) e da subestação do TRE (laranja)

Fonte: Autor

Analisando os gráficos, pode ser visto que a seletividade entre os relés da concessionária e do consumidor foi alcançada. O gráfico em laranja que corresponde ao relé do TRE está à esquerda da curva azul correspondente ao relé da COSERN. Isto garante que para até um determinado valor de corrente de falta, o relé da subestação atuará primeiro, seccionando apenas a alimentação da nova sede do TRE.

Na tabela 6 mostra-se o resumo do estudo de seletividade que engloba todos os parâmetros do relé de sobrecorrente da subestação do prédio do TRE:

Tabela 6 – Dados dos relés de proteção da subestação do TRE-RN

Relé	Dados de Fase	Dados de Neutro
Fabricante	Schneider	Schneider
Tipo	SEPAM-20	SEPAM-20
Unidade Temporizada (51)	1,255 A	0,209 A
Curva	1,0 (MI = Muito Inversa)	1,0(MI = Muito Inversa)
Unidade Instantânea (50)	9,41 A	1,98 A
RTC	200/5 = 40	200/5 = 40

Fonte: Autor

### 3.3 Sistemas de Aterramento e SPDA

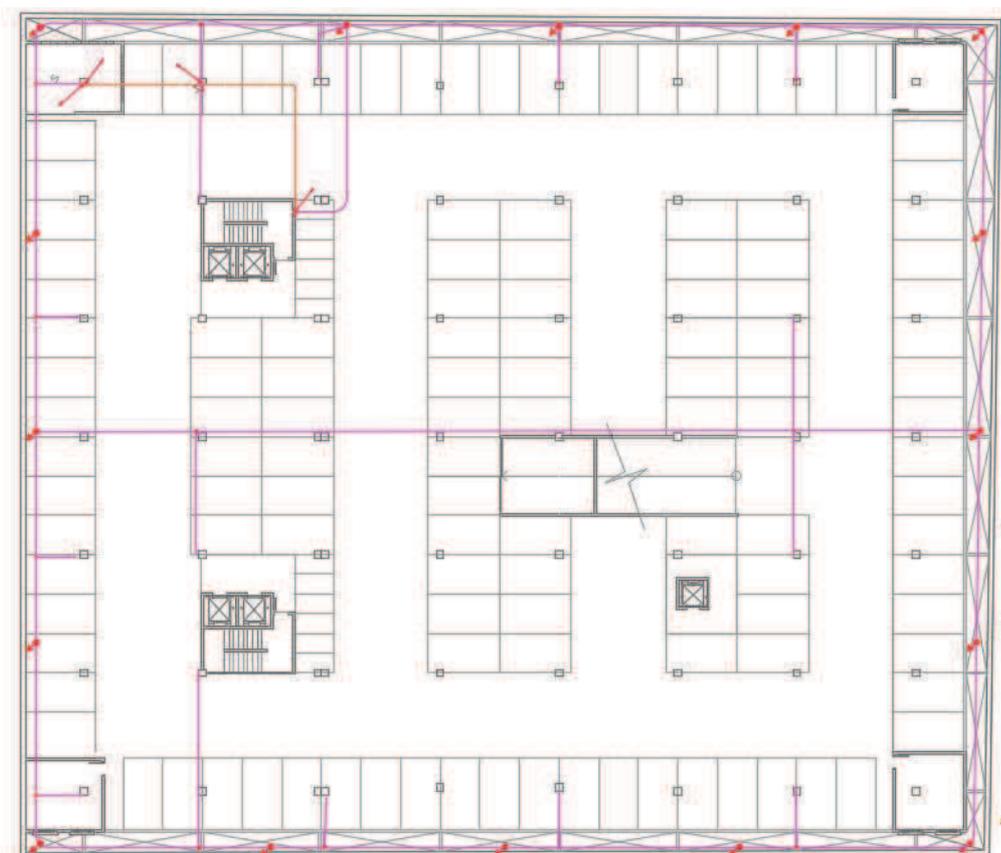
De acordo com a NBR 5419 (2015) as redes de aterramento dedicadas a sistemas diferentes devem ser interligadas para se evitar interferências indesejadas entre sistemas. Seguindo essa norma, o projeto de aterramento da nova sede do TRE-RN vai além e prever apenas uma rede de aterramento com um número hastes suficientes para suprir todos os sistemas elétricos e corpos metálicos estranhos à instalação que necessitem ser ligados à terra. A Figura 12 ilustra o projeto da rede de aterramento que está situado no pavimento subsolo 2. A linha em roxo, mostra o caminho que o cabo de cobre percorre dentro do solo.

Durante o estágio, uma das tarefas do graduando foi acompanhar e ajudar na execução da rede de aterramento da edificação. A interpretação do projeto é o ponto crucial para que tudo saia dentro do esperado. Em se tratando de aterramento, alguns aspectos devem ser observados atentamente, como por exemplo: hastes de aterramento, bitola do cabo de cobre, pontos de solda exotérmica, dimensões da vala onde se encontrará o cabo.

Para essa obra, as hastes especificadas em projeto são de cobre com bitola de 5/8", com 2,40 de altura. O cabo que se conecta nas hastes é de cobre nu com bitola de 120mm<sup>2</sup>. Esse cabo não deve conter emendas, exceto nas hastes, onde através de solda exotérmica o cabo deve ser ligado a haste. A Figura 13 ilustra-se bem o que está sendo explanado.

A solda mostrada na Figura 13 apresenta alguns problemas de acabamento e porosidade. Depois de uma análise pela equipe de engenharia, concluiu-se que, provavelmente, esses problemas foram decorrentes da umidade no cabo de cobre. A solda foi executada durante um período chuvoso da cidade de Natal, o que pode ter atrapalhado o processo.

Figura 12 – Projeto de aterramento do prédio do TRE-RN



Fonte: Projeto AutoCad FOX Engenharia e Consultoria.

Figura 13 – Haste de aterramento e cabo de cobre nú conectados através de solda exotérmica.



Fonte: Autor

A execução das valas onde o cabo de cobre será instalado também deve ser feita cuidadosamente. Segundo o projeto, a vala de aterramento deve ter 60 cm de profundidade

por 30 cm de largura. Essa profundidade melhora o escoamento da corrente para a terra. O caminho do cabo de cobre no solo pode ser observado através da linha em roxo na figura 8, no entanto, devido à vigas estruturais e outros sistemas já instalados como esgoto e drenagem, o cabo teve de sofrer desvios de percurso. A seguir, a Figura 14 mostra um trecho de vala para a passagem do cabo de cobre da rede de aterramento:

Figura 14 – Haste de aterramento e cabo de cobre nú conectados através de solda exotérmica.



Fonte: Autor

O sistema SPDA do prédio ainda não foi executado em sua totalidade, todo o cabeamento e sistema de captação de raios no topo do prédio ainda vai ser instalado. Contudo, os cabos de descida já foram executados de acordo com as demandas do projeto. As descidas foram feitas de cabo de cobre nu com bitola de  $50 \text{ mm}^2$  protegidos por eletroduto de PVC embutido na alvenaria dos pilares. No pavimento subsolo 2 foram instaladas caixas de medição para o sistema de SPDA/aterramento como mostrado na Figura 15.

Figura 15 – Esquema de implantação do racks de telecomunicação da nodva sede do TRE-RN.



Fonte: Projeto AutoCad FOX Engenharia e Consultoria.

As duas extremidades dos cabos vistas na figura 8 serão interligadas através do conector bimetálico *splitbolt*. Sempre que for necessário fazer alguma medição da resistência do sistema de aterramento essa desconexão pode ser desfeita.

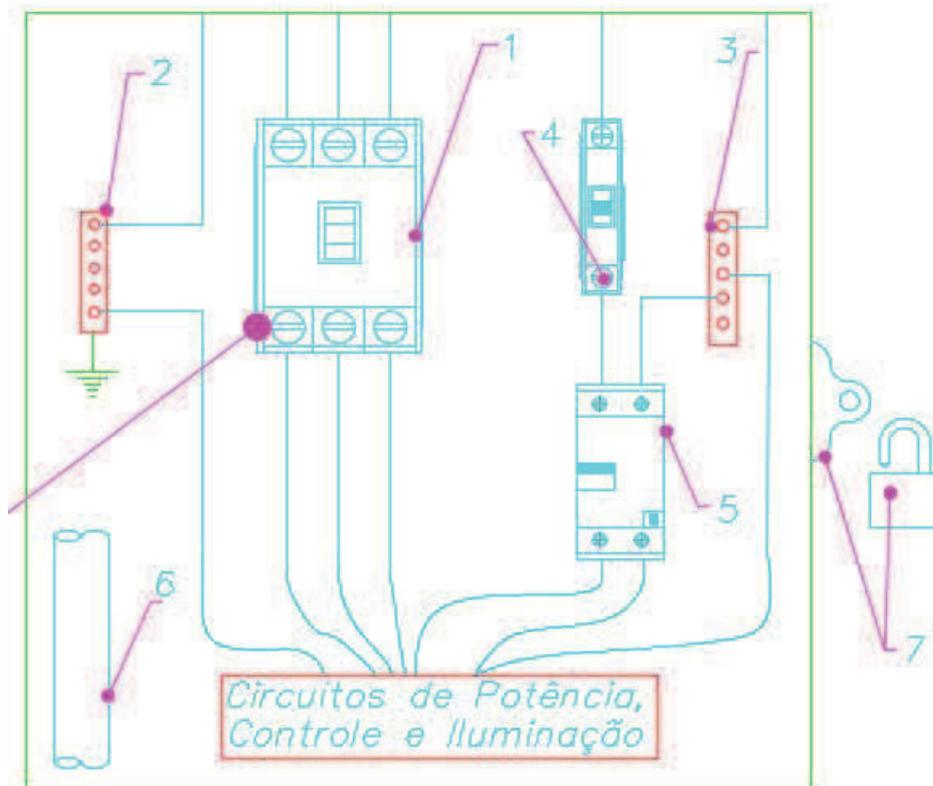
## 3.4 Outras Atividades Realizadas

Durante quatro meses e meio de estágio várias questões, técnicas ou burocráticas, surgiram e precisaram ser resolvidas da melhor forma e rapidamente. Nessa seção, algumas dessas situações serão detalhadas.

### 3.4.1 Montagem dos Elevadores

A empresa ThyssenKrupp é a responsável pela instalação dos elevadores do prédio do TRE. Eles possuem uma série de exigências que devem ser atendidas para que eles possam iniciar a instalação das máquinas. A casa de máquinas dos elevadores é um ponto crucial para os elevadores. Foi responsabilidade do estagiário que todos os pontos referentes à instalação elétrica exigidos pelo projeto da ThyssenKrupp fossem atendidos. Na Figura 16 mostra-se o projeto do quadro elétrico de alimentação tanto de iluminação e tomada da casa de máquinas como do quadro de comando das máquinas:

Figura 16 – Quadro elétrico de alimentação dos motores dos elevadores.



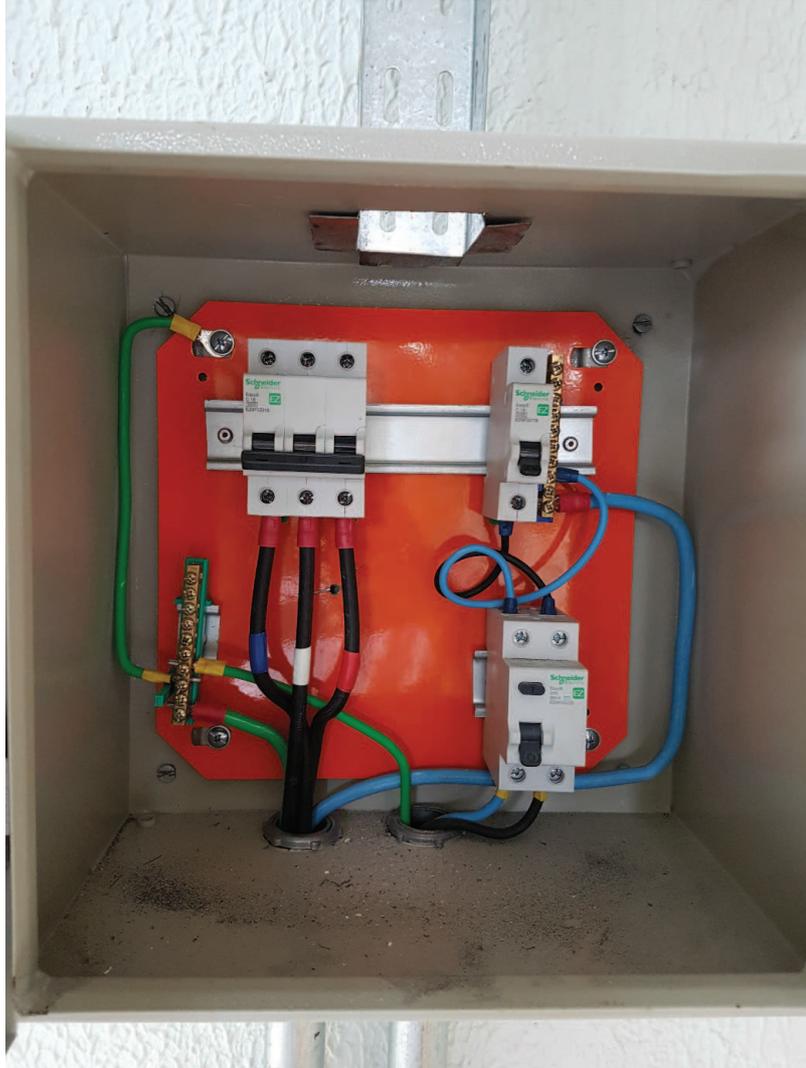
Projeto AutoCad Thyssenkrupp

A seguir, tem-se a descrição de cada um dos itens enumerados na Figura 16:

- 1: disjuntor tripolar termomagnético em curva "C" de 16 A com dispositivo de travamento na posição desligado. Esse disjuntor é o responsável por seccionar a alimentação do motor do elevador em caso de sobrecorrente;
- 2: barramento de cobre para aterramento das máquinas;
- 3: barramento de cobre para o neutro do circuito;
- 4: disjuntor termomagnético monopolar de 16 A. Esse dispositivo secciona a fase de alimentação da iluminação e força da casa de máquinas. A empresa instaladora de elevadores exige que o circuito de iluminação e tomada seja um só;
- 5: interruptor DR (IDR) para prover proteção contra choques elétricos;
- 6: eletroduto de entrada dos circuitos elétricos;
- 7: Sistema de travamento do quadro de distribuição elétrica.

A Figura 17 mostra o quadro já montado na casa de máquina dos elevadores:

Figura 17 – Quadro elétrico de alimentação dos motores dos elevadores montado na casa de máquinas.



Fonte: Autor

A Thyssenkrupp exige um laudo de aterramento para se resguardar em caso de algum dispositivo ser danificado por causa de algum distúrbio na rede elétrica. No entanto, como o aterramento não está instalado na sua totalidade, um laudo foi feito apenas para as hastes que já estão instaladas e interligadas no cabo de cobre. O laudo apontou uma resistência de aterramento de aproximadamente  $2 \Omega$ . Essa resistência é inferior àquela exigida pela Thyssenkrupp que é de  $10 \Omega$ .

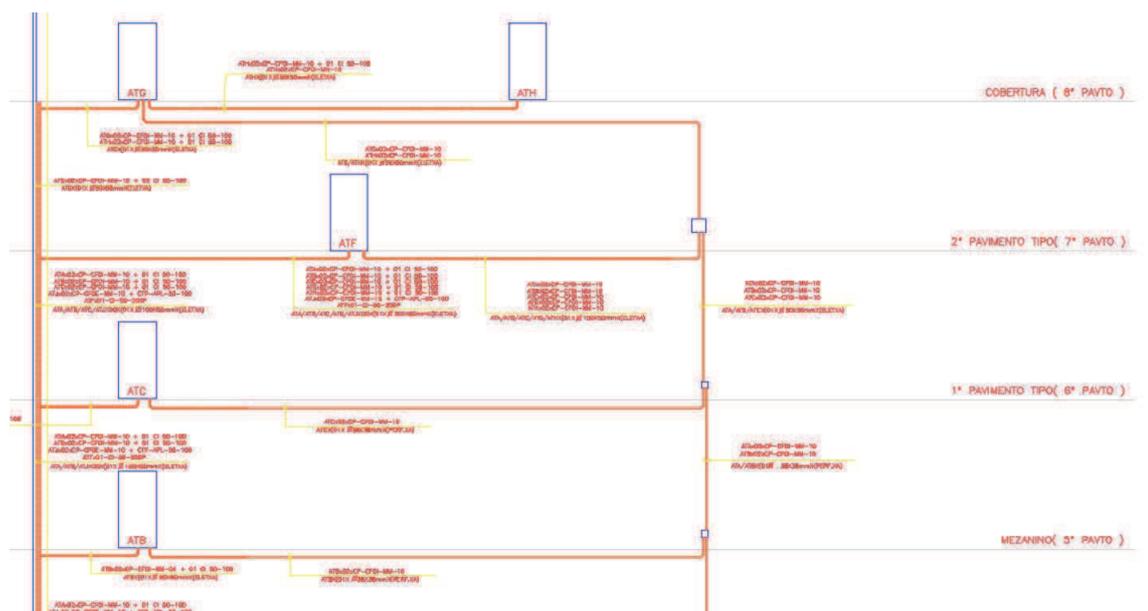
### 3.4.2 Cabeamento Estruturado

A nova sede do TRE consta de um sistema de cabeamento de estruturado que interliga todos os sistemas de telecomunicação do prédio como: *internet*, telefonia, segurança,

circuito fechado de TV (CFTV), circuito aberto de TV (CATV), dentre outros.

A Figura 18 mostra uma parte do projeto de como ficarão os racks de telecomunicação do prédio, divididos por pavimentos. É importante destacar que no 2º pavimento se encontra a sala de equipamentos ou centro de processamento de dados (CPD) que é o ponto de partida de todo o cabeamento que se interligará com outros racks.

Figura 18 – Esquema de distribuição dos racks de telecomunicação da nova sede do TRE=RN.



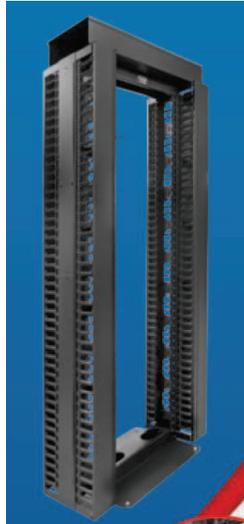
Fonte: Autor

O estagiário contribuiu diretamente na execução do sistema de cabeamento estruturado. A primeira atividade foi o levantamento do número de racks necessários para as salas técnicas. A quantidade de racks já estava definida em planilha, no entanto esse levantamento tinha sido feito considerando que o patch panels que seriam instalados possuíam 48 portas. Depois do contato com a fabricante Furukawa, esta informou que os equipamentos com 48 portas não estavam mais sendo produzidos. Portanto, foi necessário a utilização do dispositivo de 24 portas, o que dobraria o número de *patch panels* e excederia o espaço disponível nos racks. Dessa forma, um novo levantamento foi necessário. Nesse novo estudo, viu-se que o número de patch panels excedia o número de vagas nos racks em duas salas técnicas. Para sanar esse problema foi sugerido a compra de racks pequenos apenas para comportar o número de equipamentos excedentes. Foi levantada, também, a possibilidade de troca de fabricante, mas como os cabos UTP do sistema já eram de fabricação Furukawa, para não ter problema de compatibilidade na certificação dos cabos e equipamentos, então não se deu prosseguimento na ideia.

Um outro problema enfrentado foi que por problemas de preço de planilha, o rack de telecomunicações que estava especificado era inexecutável. Assim, foi necessário uma

pesquisa de mercado de um outro produto com as especificações técnicas similares mas com um orçamento menor para se apresentar à fiscalização do TRE e conseguir a anuência para a compra. O rack especificado em planilha é mostrado na Figura 19:

Figura 19 – Rack de telecomunicações especificado em projeto



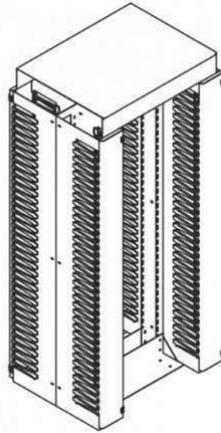
Fonte: Catálogo Wolmer, disponível em: <http://www.wolmer.com.br/rack-indoor/w28-rack-cabbling-torre-com-organizadores>

Suas principais especificações técnicas eram:

- chapa de aço de 1,9 mm;
- base reforçada para fixação;
- abertura para passagem de cabos nas colunas laterais, base e teto;
- top cable superior para acomodação de cabos metálicos e fibras ópticas.
- capacidade de 20 kg/finger (finger: guia de cabos verticais)

Depois de entrar em contato com vários fornecedores a adquirir alguns orçamentos, chegou-se a conclusão de que o que mais se assemelhava ao rack especificado, contando com um preço exequível, seria uma rack de alta densidade da fabricante Lextron representado na Figura 20:

Figura 20 – Rack de telecomunicações Lextron, equivalente ao especificado em projeto



Fonte: Catálogo Lextron, disponível em: <http://www.lextron.com.br/site/produtos/256-torre-alta-densidade.html>

### 3.4.3 Medição dos Trabalhos Executados

Além de todas essas atividades técnicas que já foram mostradas até esse ponto, outras atividades de cunho burocrático também tiveram que ser desenvolvidas. Um exemplo é a medição dos trabalhos realizados que era feito de acordo com a planilha de licitação da obra. Todo final de mês a planilha era preenchida para a realização do pagamento de todo o material que foi instalado no mês trabalhado. Em alguns casos havia desacordo entre o setor de engenharia da Lotil com a fiscalização do TRE em relação aos trabalhos medidos e valores que deveriam ser pagos. Esses impasses eram solucionados através de reuniões e análises detalhadas das planilhas de medição e peças técnicas de projeto.

## 4 CONCLUSÃO

O período de estágio na construtora LOTIL Construções e Incorporações foi o tempo disponível ao aluno para, pela primeira vez, por em prática o conhecimento acumulado ao longo de cinco anos na universidade.

Em termos de complexidade é possível afirmar que a obra da construção da nova sede do TRE-RN possui um alto nível de exigência no que concerne às instalações elétricas. Nesta obra foi necessário lidar com sistemas de cabeamento estruturado que interligava todos os sistemas de telecomunicações, subestação elétrica abrigada de 13,8 kV, instalações elétricas específicas para suprir a demanda dos elevadores, dentre outros trabalhos realizados. Portanto, além de por em práticas os conhecimentos técnicos já adquiridos foi necessário buscar informação nova para lidar com os impasses que quase que diariamente apareciam.

É sabido que a engenharia não se resume apenas à parte técnica. Problemas de cunho burocrático e administrativo também são tarefas de um engenheiro em seu ambiente de trabalho. Na LOTIL foi necessário lidar com a parte de contrato, mais especificamente, na medição dos trabalhos realizados para posterior pagamento por parte do TRE. Quase que semanalmente eram feitas reuniões para discussões com a fiscalização do TRE. Os assuntos eram os mais diversos possíveis, desde a alteração de um circuito que não poderia ser executado como especificado em projeto até aditivos contratuais para realização de trabalhos que já haviam se esgotado na planilha de licitação.

Visto o que foi explanado até neste ponto é possível dizer que o estágio na construtora LOTIL foi completo, abrangendo aspectos importantes que um engenheiro de qualquer área necessita dominar para se sobressair no mercado de trabalho.

Durante o estágio foi necessário a busca de informações novas que não são abordadas durante a graduação em universidades no geral. No entanto, a cobrança elevada encontrada na Universidade Federal de Campina Grande (UFPG) prepara o aluno para ser pró-ativo e buscar as próprias soluções.

O estágio na construtora LOTIL foi baseado nas instalações elétricas e isso mostra a importância dessa disciplina no currículo de um engenheiro. A grade curricular do curso de engenharia elétrica contempla apenas uma disciplina que abrange a área de instalações, o que faz com o conteúdo seja ministrado de uma forma mais superficial. O ideal seria que essa disciplina fosse dividida em duas ou mais para que os alunos possuíssem uma base maior no assunto.

# REFERÊNCIAS

CREDER, H. *Instalações Elétricas*. 16. ed. [S.l.]: LTC, 2016. Citado 4 vezes nas páginas 18, 20, 21 e 22.

DOMINGOS, L. L. F. *Projeto de Instalações Elétricas Prediais*. 12. ed. [S.l.]: Saraiva, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 22.

MAMEDE, J. *Instalações Elétricas Industriais*. 7. ed. [S.l.]: LTC, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 22 e 29.

MASCARENHAS, L. R. *Uma Metodologia para o Dimensionamento da Proteção contra Sobrecorrente de Subestações Superiores a 300 kVA*. Dissertação — Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2016. Citado na página 19.

NBR14039, A. *Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV*. [S.l.], 2005. Citado na página 18.

NBR14565, A. *Procedimento Básico para Elaboração de Projetos de Cabeamento de Telecomunicações para Rede Interna Estruturada*. [S.l.], 2000. Citado na página 17.

NBR5410, A. *Instalações Elétricas de Baixa Tensão*. [S.l.], 2004. Citado na página 21.

NBR5419, A. *Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas*. [S.l.], 2015. Nenhuma citação no texto.

SANTOS, F. O. R. D. Cabeamento estruturado cat6 para data center. *REPOSITÓRIO DE RELATÓRIOS-Engenharia Elétrica*, n. 2, 2016. Citado na página 16.

SENAI. *Cabeamento Estruturado*. [S.l.: s.n.], 2012. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.

UNICAMP. *Redes de Computadores I*. [S.l.], 2009. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.

# ANEXO A – CÁLCULO DOS PARÂMETROS

Os cálculos a seguir se baseiam nos dados apresentados nas tabelas 1, 2 e 3 que se encontram na seção 3.2 deste trabalho.

## A.1 Impedância Equivalente do Sistema da Concessionária

$$Z_{cc} = \frac{Tens\tilde{a}odeFornceimento}{\sqrt{3}I_{cc3\phi}}$$

$I_{cc3\phi}$  é a corrente de curto circuito trifásica.

$$Z_{cc} = \frac{13,8k}{\sqrt{3} \cdot 3150,9} = 2,5286\Omega$$

## A.2 Impedância do Transformador

$$Z_{trafo} = \frac{(Tens\tilde{a}odeFornecimento)^2}{\frac{Z(\%)trafo}{Pottrafo}}$$

$$Z_{trafo1} = Z_{trafo2} = \frac{(13,8k)^2}{\frac{5,16}{500k}} = 19,6534\Omega$$

## A.3 Curto Circuito no Secundário do Transformador

$$I_{cc} = \frac{Tens\tilde{a}odeFornecimento}{\sqrt{3}(Z_{cc}+Z_{trafo})}$$

$$I_{cc1} = I_{cc2} = \frac{13,8k}{\sqrt{3}(2,5286+19,6534)} = 359,1842A$$

## A.4 Corrente Nominal Máxima

$$I_{nmax} = \frac{Pottrafo}{\sqrt{3}(Tens\tilde{a}odeFornecimento)}$$

$$I_{nmax} = \frac{1000k}{\sqrt{3} \cdot 13,8k} = 41,8370A$$

## A.5 Corrente de Demanda

$$I_{dem} = \frac{DemandaPrevista}{\sqrt{3}(TensãodeFornecimento) \times (fatordepotência)}$$

$$I_{dem} = \frac{814,635}{\sqrt{3} \times 13,8k \cdot 0,92} = 37,0455A$$

## A.6 Corrente de Desbalanço

Entende-se por corrente de desbalanço a corrente que percorrer o condutor neutro da instalação devido o desbalanceamento das fases. Usualmente, admite-se essa corrente como 20% da corrente de demanda.

$$I_{des} = 0.20I_{dem}$$

$$I_{des} = 0,20 \cdot 37,0455 = 7,4091A$$

## A.7 Corrente de Magnetização do Transformador

$$I_{mag} = \frac{1}{\frac{1}{I_{cc3\phi}} + \frac{\sqrt{3}V}{10Pot_{trafo}}}$$

A equação acima pode ser substituída, para efeito de cálculo neste caso, pela aproximação a seguir:

$$I_{mag} \cong 8I_{nmax} + I_{nmax} = 9I_{nmax}$$

$$I_{mag} \cong 9 \cdot 41,8370 = 376,533A$$

## A.8 Relação de Espiras do Transformador de Corrente

Para um bom desempenho do TC, sem saturação, com representação fiel no secundário do que acontece nos enrolamentos primários, a corrente primária deve ser dada como segue:

$$I_{pri} = \frac{I_{cc3\phi}}{20}$$

$$I_{pri} = \frac{3150,9}{20} = 157,5450A$$

A relação de espiras é dada pela seguinte equação:

$$RTC = \frac{I_{pri}}{I_{sec}}$$

No Brasil a corrente no enrolamento secundário é adotada como padrão em 5 A.

$$RTC = \frac{157,5450}{5} \cong \frac{200}{5} = 40$$