



**Universidade Federal de Campina Grande**  
**CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**GLEUBER SOARES SOUSA**

**Relatório de Estágio Supervisionado**  
**Laboratório de Alta Tensão - LAT**

Campina Grande, PB

2021

**GLEUBER SOARES SOUSA**

**Relatório de Estágio Supervisionado  
Laboratório de Alta Tensão - LAT**

Relatório de Estágio submetido à Unidade Acadêmica 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.

George Rossany Soares de Lira, D. Sc.

**ORIENTADOR**

Campina Grande, PB

2021

**GLEUBER SOARES SOUSA**

**Relatório de Estágio Supervisionado**

**Laboratório de Alta Tensão - LAT**

Relatório de Estágio submetido à Unidade Acadêmica 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.

Aprovado em: ----/----/-----.

---

**Professor Avaliador**

UFCG  
Avaliador

---

**George Rossany Soares de Lira, D. Sc.**

UFCG  
Orientador

Campina Grande, PB

2021

## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado força e determinação em toda a minha jornada, e ter conseguido realizar essa grande conquista.

Sou grato à minha família pelo apoio que sempre me deram durante toda a minha vida, especialmente a minha mãe Maria Givalda Soares Silva e meus irmãos.

À Universidade Federal de Campina Grande, ao seu corpo docente e à Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica, em especial Adail e Tchai, que propiciaram meu desenvolvimento pessoal e profissional, sendo sempre prestativos.

A meu orientador, o professor George Rossany Soares de Lira, por me proporcionar grandes oportunidades de aprendizado, pela paciência, auxílio na elaboração, desafios e incentivos realizados durante o desenvolvimento deste trabalho.

As minhas grandes amigas que a universidade proporcionou Cinthya, Melyna, Ramayana e Sabryna que me acompanharam em toda essa jornada, estando comigo nos altos e baixos.

À Empresa Júnior Voltech e todos que tive a oportunidade de conhecer, por me proporcionarem grandes experiências e serem responsável por grandes conquistas.

A Meus amigo Josué Júnior que foi fundamental nesse final de curso.

Á minha amiga Andréia Gomes pela amizade durante a graduação e o companheirismo e aprendizagem que me foi transmitida durante o estágio.

Por fim, agradeço a todos os amigos e funcionários do Laboratório de Alta Tensão da Universidade Federal de Campina Grande, pelo companheirismo e ajuda diária. Em particular, destaco Higor, Iago, Lenilson, Antonio e João Victor pelo ensinamento e apoio.

*Dedico este trabalho à minha mãe, exemplo de superação, coragem, honestidade e perseverança.*

## RESUMO

Este relatório descreve as atividades que foram realizadas pelo aluno Gleuber Soares Sousa no estágio realizado no Laboratório de Alta Tensão da Universidade Federal de Campina Grande. A carga horária cumprida pelo estagiário foi de 185 horas, tendo como supervisor o professor André Dantas Germano. Dentre as atividades desenvolvidas, foram realizadas confecção e montagem de arranjos experimentais para testes de ferramentas, elaboração de relatórios técnicos e laudos, auxiliar os alunos da disciplina de equipamentos elétrico em medição de aterramento e testes em transformadores, estudo e consulta a normas para realização de ensaios, comissionamento de um kit de alta tensão e gerador de impulso de corrente elaboração de materiais e testes de alta tensão, criação de artigos técnicos. Além disso, foram realizadas outras atividades pertinentes.

Palavras-chave: Ensaios Elétricos, Alta Tensão, Equipamentos de Potência, Comissionamento.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Entrada principal do Laboratório de Alta Tensão. ....	12
Figura 2	Salão de Alta Tensão. ....	15
Figura 3	Sala da Câmara de Névoa. ....	16
Figura 4	Sala do kit de alta tensão. ....	17
Figura 5	Sala do Gerador de Impulso de Corrente. ....	18
Figura 6	Sala de Qualidade de Energia Elétrica. ....	19
Figura 7	Laboratório de Eletrônica Aplicada a Sistemas Elétricos (LEASE). ....	20
Figura 8	Arranjo de teste dielétrico para ferramentas manuais isoladas. ....	22
Figura 9	Montagem do arranjo para ensaio ferramentas manuais isoladas. ....	24
Figura 10	Kit de ferramentas manuais isoladas. ....	25
Figura 11	Armário para conexão da comunicação do acionamento com o mesa de controle. ....	27
Figura 12	Esquema de ligação do <i>software</i> . ....	27
Figura 13	Montagem do Kit de altaed tensão - Impulso ....	28
Figura 14	Bancada para realização dos testes. ....	29
Figura 15	Esquema de ligação ....	31
Figura 16	Materiais utilizados. ....	32
Figura 17	fixação das hastes. ....	33
Figura 18	Medição da resistência. ....	33
Figura 19	Esquema de medição de resistência de aterramento. ....	34
Figura 20	Malha de aterramento do LAT. ....	35
Figura 21	Haste fincada na terra. ....	36
Figura 22	Varistores à base de $ZnO$ ....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Resultados do teste de isolamento em equipamentos. ....	25
----------	---------------------------------------------------------	----



## LISTA DE SIGLAS

AT	Alta Tensão
CELB	Companhia Elétrica da Bahia
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GSE	Grupo de Sistemas Elétricos
LAT	Laboratório de Alta Tensão
LSP	Laboratório de Sistema de Potência
NR	Norma Regulamentadora
QEE	Qualidade de Energia Elétrica
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PET	Programa de Educação Tutorial
PIBIC	Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica
SP	Sistema de Potência
DEE	Departamento de Energia Elétrica
SP	Sistema de Potência
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1	Objetivos .....	11
2	<b>LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO</b> .....	12
2.1	Ambientes do LAT .....	14
2.1.1	Salão de Alta Tensão .....	14
2.1.2	Sala da Câmara de Névoa .....	15
2.1.3	Sala do Kit de Alta Tensão .....	16
2.1.4	Sala do Gerador de Impulso de Corrente .....	17
2.1.5	Laboratório de Qualidade da Energia Elétrica .....	18
2.1.6	Laboratório de Eletrônica Aplicada a Sistemas Elétricos (LEASE) .....	19
3	<b>ATIVIDADES DESENVOLVIDAS</b> .....	21
3.1	Ensaio Elétrico de Isolamento .....	21
3.1.1	Ferramentas isoladas para eletricista .....	21
3.2	Comissionamento do Kit De Alta Tensão Da BHT .....	26
3.3	Experimentos da Disciplina de Equipamentos Elétricos .....	29
3.3.1	Aterramento .....	30
3.3.2	Medição de Resistência de Aterramento .....	34
3.3.3	Transformador .....	36
3.4	Outras atividades .....	37
4	<b>CONCLUSÃO</b> .....	39

## 1 INTRODUÇÃO

No presente relatório, é descrito o estágio supervisionado realizado pelo aluno de graduação em Engenharia Elétrica pela UFCG, Gleuber Soares Sousa, no Laboratório de Alta Tensão (LAT) entre os dias 22 de fevereiro e 4 de maio de 2021. O estágio foi realizado sob orientação do Professor Dr. George Rossany Soares Lira e sob supervisão do Professor Dr. André Dantas Germano.

O objetivo principal do estágio obrigatório na grade curricular do curso de graduação em engenharia elétrica objetiva a garantia da aprendizagem e oportunidade de comparar os conhecimentos adquiridos ao longo da formação, desenvolvendo competências e habilidades sob processo de supervisão.

As atividades foram acompanhadas pelo técnico, professores, engenheiros e alunos de pós-graduação, sob responsabilidade do professor supervisor. Foram realizadas comissionamento de kits de alta tensão, testes de isolamento em ferramentas, acompanhamento dos experimentos da disciplina de equipamentos elétricos, criação de artigos técnicos, revisão de projetos de subestação, bem como o auxílio nos experimentos aos alunos de pós-graduação.

### 1.1 Objetivos

O objetivo deste relatório de estágio é apresentar os conhecimentos adquiridos por meio das atividades realizadas durante o período de estágio supervisionado realizado no Laboratório de Alta Tensão.

## 2 LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO

O Laboratório de Alta Tensão (LAT) da Universidade Federal de Campina Grande, considerado na sua especialidade, o laboratório mais bem equipado do Nordeste-Centro-Oeste do país. O LAT começou a ser implantado em 1974, entrando em operação apenas em 1975, graças a uma associação de recursos nacionais com os de algumas cooperações técnicas internacionais, inicialmente com uma área construída de 1.050 m<sup>2</sup>.

Figura 1: Entrada principal do Laboratório de Alta Tensão.



Fonte: (OLIVEIRA, 2020)

Atualmente o Laboratório de alta tensão é um dos laboratórios associados ao Grupo de Sistemas Elétricos (GSE), vinculado ao Departamento de Engenharia Elétrica (DEE), da UFCG. Esse grupo é resultado da fusão de antigos grupos de pesquisa, de Sistemas de Potência (SP) e Alta Tensão (AT), ocorrido em 1999. Com essa fusão, desenvolveram-se novas linhas de pesquisa, além da consolidação e fortalecimento das linhas de pesquisa existentes. O principal objetivo do GSE é desenvolver atividades de ensino, pesquisa e extensão relacionadas à ênfase de Eletrotécnica, que é uma das ênfases do curso de graduação em Engenharia Elétrica. Os laboratórios que fazem parte do GSE são:

- Laboratório de Alta Tensão - LAT
- Laboratório de Materiais Elétricos
- Laboratório de Sistemas de Potência - LSP

- Laboratório de Descargas Parciais
- Laboratório de Equipamentos Elétricos
- Laboratório de Instalações Elétricas

O Grupo de Alta Tensão tem assumido, no campo do Ensino, a ministração de disciplinas de Graduação e de Pós-Graduação. Além disso, desenvolvem atividades de orientação a vários alunos, seja através dos programas de Iniciação Científica (PIBIC) e Especiais de Treinamento (PET), vinculados ao CNPq, seja através de Estágios Supervisionados junto a empresas da região, além da orientação de alunos de Mestrado e Doutorado.

Dentre os serviços oferecidos pelo LAT, os principais deles, realizados em campo e laboratório, são:

- ensaios em equipamentos de potência: transformadores, disjuntores, isoladores, para-raios, religadores, cabos, cubículos de média e alta tensão, chaves etc.;
- qualidade de energia elétrica: harmônicos, sag/swell, transitórios, fator K, etc.;
- faturamento de energia;
- termovisão por infravermelho;
- detectores de ultravioleta (DayCor®);
- caracterização de resistividade de solos e resistências de aterramentos;
- monitoramento da qualidade de energia;
- medição de corrente de fuga de equipamentos elétricos e de potência;
- ensaios elétricos em Equipamento de Proteção Individual (EPI) e Equipamento de Proteção Coletiva (EPC).

Já os serviços voltados para estudos, consultorias, cursos, projetos e laudos são:

- geração fotovoltaica;
- aterramento industrial de subestação e Sistemas de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDAs);

- técnicas de alta tensão;
- equipamentos elétricos;
- monitoramento de equipamentos elétricos;
- isolamento elétrico;
- qualidade de energia;
- simulações multifísicas (campos eletromagnéticos, propagação de calor etc.);
- fluxo de carga;
- transitórios eletromagnéticos (EMTP<sup>®</sup>, ATP<sup>®</sup> e RTDS<sup>®</sup>);
- proteção de sistemas elétricos;
- manobras controladas para mitigação de surtos;
- diagnósticos energéticos e eficiência energética;
- treinamento em Norma Regulamentadora (NR) 10;
- prospecção tecnológica nos temas citados.

## 2.1 Ambientes do LAT

Os ambientes do Laboratório de Alta Tensão estão distribuídos em oito salas de professores, sendo uma para professor convidado, seis salas destinados aos alunos de graduação e pós-graduação, uma recepção, wc masculino e feminino, possui dois auditórios, titulados como Auditório Prof. Ricardo J. A. Loreiro e Auditório Prof. S. R. Naidu, salas para reuniões, almoxarifados e os laboratórios. Devido ao período de pandemia o acesso aos laboratórios estava restrito ao número de pessoas, o fluxo de pessoas no laboratório era em torno de 8 pessoas em salas distintas.

### 2.1.1 Salão de Alta Tensão

O Salão de Alta Tensão é o principal local de ensaios do LAT. Nesse ambiente, se encontra um transformador em cascata de 1000/600 kV e potência de 600 kVA, apresentado na Figura 2. É válido ressaltar que apesar da alta tensão, a corrente do sistema é

limitada em 1A, pois a potência máxima do regulador de tensão que alimenta o circuito em cascata é de 600 kVA. Esse regulador tem como entrada duas fases de uma rede de distribuição de 13,8 kV e saída de tensão de 0 a 1000 V, a qual permite o controle da tensão no circuito em cascata. O controle da tensão do circuito é realizado por meio de uma cabine de comando, onde a tensão de ensaio varia de acordo com a finalidade e equipamentos envolvidos no processo.

Figura 2: Salão de Alta Tensão.



Fonte: Autor

### 2.1.2 Sala da Câmara de Névoa

O ambiente da câmara de névoa, apresentado na Figura 3, permite os ensaios de equipamentos elétricos sob condição de chuva ou névoa. O ambiente conta com o circuito elétrico e uma montagem específica de dutos de ar e água para ensaios de acordo com normas nacionais e internacionais. Alguns ensaios são realizados na câmara de névoa, a saber: ensaio de tensão suportável sob chuva, ensaio de tensão disruptiva sob chuva, ensaio de trilhamento e erosão e ensaio de poluição artificial.

Figura 3: Sala da Câmara de Névoa.



Fonte: LEITE NETO (2019).

### 2.1.3 Sala do Kit de Alta Tensão

É composto por um conjunto de equipamentos modulares, entre eles: um regulador de tensão de 0/220 V, transformador elevador de 0,22/100 kV, divisor resistivo, divisor capacitivo, diodos, espinterômetro e tubos para descargas em gases ou vácuo. O kit é compacto e foi projetado para ensaios de baixa complexidade, o que possibilita a sua aplicação em atividade de ensino e pesquisa. Disciplinas como Materiais Elétricos, Equipamentos Elétricos e Técnicas de Alta Tensão são ministradas no espaço do kit de alta tensão. Na Figura 4 é possível observar o ambiente da sala do kit de alta tensão.



Figura 4: Sala do kit de alta tensão.



Fonte: LEITE NETO (2019).

#### 2.1.4 Sala do Gerador de Impulso de Corrente

O Gerador de Impulso de Corrente é um circuito capaz de gerar correntes impulsivas na ordem de 100 kA em um intervalo de microssegundos. Seu funcionamento consiste no carregamento de capacitores e o seu posterior descarregamento de forma impulsiva, sendo a forma de onda do impulso ajustável a partir da substituição de resistores e indutores no gerador. Diversos ensaios são realizados no gerador, seja em malhas de aterramento, para-raios ou em outros equipamentos elétricos, para avaliar a resposta destes componentes frente a descargas atmosféricas ou surtos de manobra. Na Figura 5 é possível observar o ambiente do Gerador de Impulso de Corrente.

Figura 5: Sala do Gerador de Impulso de Corrente.



Fonte: LEITE NETO (2019).

### 2.1.5 Laboratório de Qualidade da Energia Elétrica

Realiza estudos e desenvolve analisadores da qualidade da energia, estuda os distúrbios elétricos e seus impactos no sistema e realiza campanhas de medição em empresas e usinas solares. Para tanto, o laboratório dispõe de qualímetros modernos, fontes programáveis e profissionais que podem oferecer consultoria para diagnóstico dos resultados obtidos em campanhas de medição. Na Figura 6 é exibido uma fotografia do laboratório de qualidade de energia elétrica.

Figura 6: Sala de Qualidade de Energia Elétrica.



Fonte: LEITE NETO (2019).

#### 2.1.6 Laboratório de Eletrônica Aplicada a Sistemas Elétricos (LEASE)

Compreende uma sala nas dependências do LAT, cujo objetivo é desenvolver dispositivos e protótipos com aplicação aos sistemas de potência. Dentre as atividades desenvolvidas no LEASE, destaca-se: sistemas de sensoriamento, aquisição, transmissão e processamento de dados. Na Figura 7 é apresentado uma fotografia do LEASE.

Figura 7: Laboratório de Eletrônica Aplicada a Sistemas Elétricos (LEASE).



Fonte: LEITE NETO (2019).

### 3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Ao longo da vigência do estágio foram realizadas várias atividades, onde serão descritas ao longo do capítulo.

#### 3.1 Ensaios Elétricos de Isolamento

O Laboratório de Alta Tensão da Universidade Federal de Campina Grande, além de ser referência no ensino e pesquisa, é um prestador de serviços especializados. Dentre os serviços prestados, tem-se o serviço de ensaios elétricos em ferramentas isoladas para eletricitista.

As ferramentas manuais isoladas devem ser fabricadas e dimensionadas de forma a proteger o usuário de choques elétricos. Para isso, devem ser definidos requisitos para que essas ferramentas sejam projetadas e fabricadas para contribuir para a segurança dos usuários, desde que sejam utilizadas por pessoas qualificadas para trabalho com o sistema energizado, de acordo com os métodos de trabalho seguros e as instruções para uso.

A finalidade desses ensaios é constatar a integridade da área isolante dos equipamentos, com o intuito de verificar se o equipamento é seguro para ser empregado em serviços com instalações energizadas. Uma das primeiras atividades durante o estágio o teste, juntamente com a elaboração do laudo técnico, como será mostrado adiante.

##### 3.1.1 Ferramentas isoladas para eletricitista

O ensaio realizado baseado na norma IEC 60900, onde as ferramentas devem ser submetidas a ensaios dielétricos por meio da aplicação de um nível de tensão eficaz de 10 kV (60 Hz), entre a parte metálica do terminal de tensão de saída do transformador e o cabo de aterramento, durante um intervalo de tempo de 3 minutos de forma a medir a corrente de fuga. A ferramenta manual deve ser imersa com sua parte isolada em um banho de água da torneira até um nível de  $24 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  da parte não isolada mais próxima. A água deve ter uma condutividade mínima de  $100 \text{ S / cm}$ . A parte condutora deve estar acima do nível da água como pode ser observado no arranjo do ensaio é representado na Figura 8.

A corrente de fuga medida no ensaio deve ser menor que 1 mA para 200 mm de

ferramenta manual revestida. Isso corresponde a um valor máximo da corrente de fuga de:

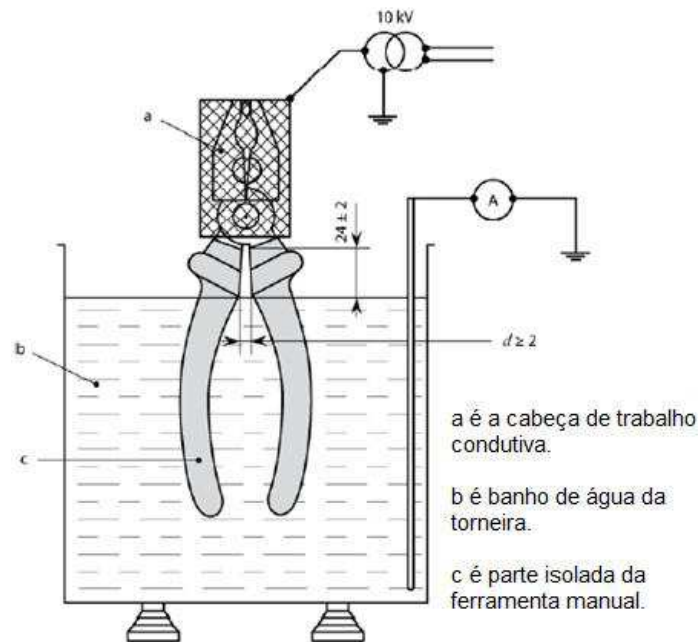
$$I_m = 5 * L \quad (1)$$

onde:

$I_m$  é a corrente de fuga máxima (em miliamperes);

$L$  é o comprimento do fio desenrolado (em metros).

Figura 8: Arranjo de teste dielétrico para ferramentas manuais isoladas.



Fonte: IEC 60900 (2012).

Equipamentos utilizados para a realização dos ensaios estão descritos abaixo.

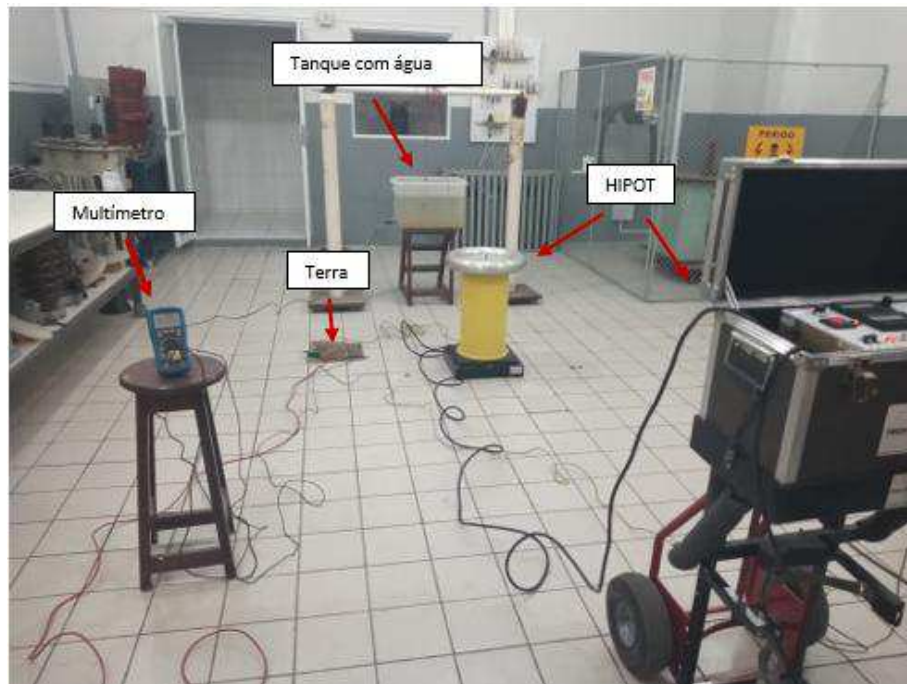
- Gerador de Tensão AC, 120 kV- 0,1 A;
- Multímetro Digital MINIPA/ ET-2940;
- Termo-Higrômetro HIKARI/ HTH-240;
- Tanque com água;
- Fios para conexão;
- Kit de ferramentas.

As condições atmosféricas podem interferir nos ensaios, por isso a IEC 60900 estabelece níveis de seguros que garantem a não interferência nos resultados. Os valores obtidos no termo-higrômetro foram os seguintes:

- Temperatura: 28,5°C;
- Umidade relativa do ar: 58%;
- Pressão Atmosférica: 962 mbar

Na Figura 9 é apresentado o arranjo montado em laboratório para realizar os ensaios, de acordo com a norma IEC 60900.

Figura 9: Montagem do arranjo para ensaio ferramentas manuais isoladas.



Fonte: Autor.

a realização dos ensaios foi necessário imergir a parte isolante das ferramentas no tanque com água, de modo que a distância entre a parte metálica e a água fiquem distantes de 24 mm. O procedimento foi realizado para cada ferramenta da Figura 10. Cada ferramenta foi submetida a uma tensão de 10 KV durante 3 minutos.



Figura 10: Kit de ferramentas manuais isoladas.



Fonte: Autor.

Ao final dos ensaios, foram notados os dados e observações acerca de cada ferramenta. Esses dados foram usados para confecção do relatório/laudo técnico do fabricante. Por fim, constatamos que todas as ferramentas apresentaram características necessárias para o uso seguro, como pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados do teste de isolamento em equipamentos.

Item	Tipo	Fabricante	Corrente de fuga (mA)	Laudo
5.1	Chave Philips PH0 x 60 mm	Sata	0,08 / 0,07	Aprovado
5.2	Chave Fenda 2,5 x 75 mm	Sata	0,07 / 0,08	Aprovado
5.3	Chave Philips PH1 x 80 mm	Sata	0,10 / 0,09	Aprovado
5.4	Chave Philips PH2 x 100 mm	Sata	0,15 / 0,14	Aprovado
5.5	Chave fenda 5,5 x 125 mm	Sata	0,16 / 0,16	Aprovado
5.6	Alicate universal	Belzer	0,59 / 0,57	Aprovado
5.7	Alicate de corte diagonal	Gedore	0,47 / 0,45	Aprovado

Fonte: ATECEL & LAT (2021).

### 3.2 Comissionamento do Kit De Alta Tensão Da BHT

O LAT é um laboratório de referência, além de grandes profissionais, esse renome se dá também devido o investimento em equipamentos. Atualmente o laboratório passa por uma reforma para implantação de um sistema de teste de tensão de impulso que será montado no salão principal, outra aquisição relevante foi o kit de Alta Tensão da empresa chinesa *Beijing Huatian Mechanical-Electrical Institute Co. Ltd.* – abrev. BHT. Esse kit chegou ao laboratório no final de 2019 e possibilita 3 montagens de circuitos diferentes: alta tensão em CA, alta tensão em CC e ensaio de impulso de tensão.

Juntamente com o técnico do laboratório Higor e a estagiária Andreia Gomes, realizamos a montagem do kit na configuração do ensaio de impulso de tensão observando o esquema disposto no manual.

Para a realização do ensaio iniciamos com as conexões dos fios de comunicação e de alimentação no armário, como segue na Figura 11.

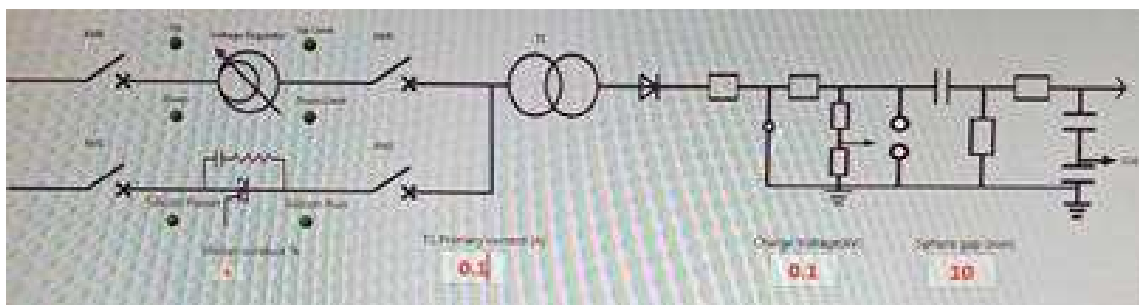
Figura 11: Armário para conexão da comunicação do acionamento com o mesa de controle.



Fonte: Autor.

A montagem apresentou bastante dificuldade, primeiro que o kit não foi montado no local onde era de costume. Com isso, tivemos que realizar em uma sala menor, fazendo com que tivéssemos que montar e desmontar até chegar em uma configuração que se adequasse a nova sala. Foram constatadas incoerências entre diagramas apresentados nos circuitos do software de controle e do manual impresso entregue junto ao kit. Pela lógica de funcionamento do kit optou-se em montar o circuito apresentado pelo software com mostra na Figura 12.

Figura 12: Esquema de ligação do *software*.



Fonte: Autor.

Apresentou-se dificuldade durante a conexão do motor no arranjo, pois ao conectá-lo o motor apresentava-se desalinhado do sensor.

Figura 13: Montagem do Kit de alta tensão - Impulso



Fonte: Autor.

Após os ajustes, o sistema ainda apresentou alguns problemas, como, a energização do sistema que não ocorria, e o sistema de aterramento ativava sempre que o kit era energizado. Até que a troca de um relé fez com que o sistema funcionasse.

Figura 14: Bancada para realização dos testes.



Fonte: Autor.

O próximo passo seria o contato por vídeo com um representante comercial e um engenheiro da empresa para que os testes fossem realizados, porém não conseguimos acompanhar os testes.

### 3.3 Experimentos da Disciplina de Equipamentos Elétricos

A disciplina de equipamentos elétricos ministrada pelo professor Edson possui em sua estrutura uma série de experimentos práticos, onde os alunos de graduação são distribuídos, geralmente em dupla para possam realizar o experimento junto com os alunos de pós-graduação e monitores de forma a auxiliar durante os experimentos. Após a realização dessa primeira prática os alunos possuem a tarefa de passar o conhecimento aos demais alunos em horários intercalados. Devido a situação atual em que nos encontramos, para manter a segurança e integridade dos alunos, o professor sugeriu que os alunos viessem realizar a prática e documentassem em vídeo o experimento como forma de garantir as atividades práticas fossem associadas as simulações.

Como estagiário do laboratório fui convidado pelo professor para auxiliar na elaboração do conteúdo visual e prático. Os experimentos realizados foram:

### 3.3.1 Aterramento

O experimento tem como objetivo a medição da resistividade do solo aplicando o Método de Wenner e medir a resistência de um sistema de aterramento por meio de Megômetro.

Fazer o aterramento do sistema nada mais é que conectar terra á carcaça de um equipamento a terra. O aterramento também fornece um caminho para a circulação de corrente que irá permitir a detecção de uma ligação indesejada entre os condutores energizados e a terra. Isso provocará a operação de dispositivos automáticos que removerão a tensão nos condutores (MACÊDO e COSTA, 2008).

Os sistemas de aterramento possuem como principais finalidades:

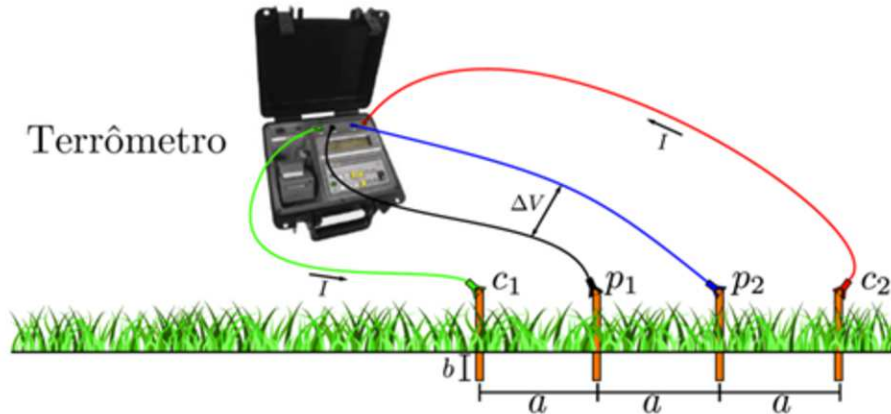
- Limitar as sobretensões em caso de faltas;
- Permitir a circulação da corrente de falta, com valores mais elevados, ocasionando a atuação das proteções de maneira mais rápida e eficiente;
- Manter os valores de tensão entre estruturas metálicas e terra dentro dos valores considerados admissíveis sob o ponto de vista de segurança;
- Proporcionar o devido escoamento de eletricidade estática para a terra;
- Proporcionar o escoamento para a terra das descargas atmosféricas e/ou sobretensões de chaveamento;
- Obter uma resistência de aterramento a mais baixa possível, para correntes de falta à terra;
- Manter os potenciais produzidos pelas correntes de falta dentro de limites de segurança de modo a não causar fibrilação do coração humano;
- Usar a terra como retorno de corrente do sistema MRT;

A medição da resistividade do solo através do Método de Wenner apresenta-se como um modelo eficiente e relativamente simples, ilustrado na Figura 15. O método utiliza um terrômetro (instrumento de medição de resistência), que possui quatro terminais (dois de corrente e dois de potencial), os quais devem ser conectados a quatro eletrodos, distantes um do outro de “a”. O aparelho faz circular corrente elétrica (I) nos dois eletrodos



externos (C1 e C2). Desse modo, através das duas hastes internas (V1 e V2), o aparelho calcula a diferença de potencial ( $V$ ) e pela relação  $V/I$  processa o valor da “resistância” (MACÊDO e COSTA, 2018).

Figura 15: Esquema de ligação



Fonte: COELHO (2015)

Na prática, são usualmente adotados valores múltiplos sucessivos de afastamento para medição em uma dada direção: 1, 2, 4, 8, 16, 32 e 64 m. Assim, para cada espaçamento medido, é possível manter fixas as posições da primeira e da terceira haste da medição anterior e deslocar apenas as duas outras, pois os afastamentos sucessivos têm valor duplo do valor utilizado na operação precedente.

Para realização da prática separou-se todos os equipamentos que seriam utilizados, conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16: Materiais utilizados.



Fonte: Autor.

O experimento foi realizado dentro da Universidade Federal de Campina Grande ao lado do bloco CD, onde ficam os laboratórios de física experimental. Iniciou-se fixando a primeira haste e estendendo a trena totalmente, de modo que as medições começassem pelo meio e fossem até as extremidades. . A primeira medida é realizada para a distância de um metro entre as hastes, como mostra a Figura 17.



Figura 17: fixação das hastes.



Fonte: Autor.

As tarefas realizadas englobam tanto a montagem (fixação das hastes) como a justificativa do procedimento realizado que foram gravados em vídeo. Após a fixação das quatro hastes, foram realizadas as conexões para a medição da resistência.

Figura 18: Medição da resistência.



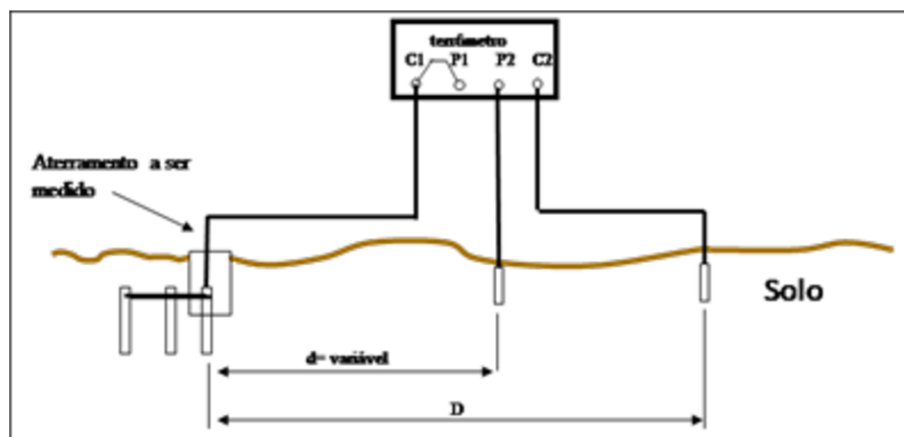
Fonte: Autor.

O principal objetivo do experimento era mostrar na prática todo o passo a passo do procedimento de medição da “resistividade” do solo, como um material extra que pudesse suprir a falta da prática do laboratório. Com isso foram realizadas apenas duas medições utilizando 1m e 2m entre as hastes e os valores encontrados foram destacados.

### 3.3.2 Medição de Resistência de Aterramento

A medição da resistência de aterramento foi realizada por meio de megâmetro. O processo consistiu, basicamente, em se aplicar uma tensão entre o aterramento a ser medido e o aterramento auxiliar (eletrodos fixos ou eletrodos de corrente) e medir a resistência do terreno até o ponto desejado (eletrodo móvel ou eletrodo de tensão). O esquema de ligação foi utilizado conforme a Figura 18. O ponto eletrodo C1 e P1 é o barramento de aterramento da malha, os eletrodos P2 e C2 são, respectivamente, os eletrodos de prova de tensão e corrente.

Figura 19: Esquema de medição de resistência de aterramento.



Fonte: Kascher (2017).

O eletrodo de corrente C2 foi cravado a uma distância “D” do aterramento e permaneceu fixo. O eletrodo de potencial P2 foi cravado entre o aterramento e a haste de corrente C2, a uma distância “d” do aterramento. Injetou-se uma corrente no eletrodo de corrente C2 e mediu-se a diferença de potencial entre o eletrodo de potencial P2 e o aterramento. O valor da resistência do aterramento foi fornecido pelo equipamento de medição.

O experimento de medição de resistência de aterramento utilizou a malha de aterramento construída em frente ao Laboratório de Alta Tensão para realizar as medições.

Figura 20: Malha de aterramento do LAT.



Fonte: Autor.

De acordo com o procedimento experimental apresentado no guia de laboratório, pede-se que para fixar  $D$  em 20 m e varia  $d$ , a partir do aterramento de 2 em 2 metros. Como  $D$  foi fixado do outro lado da rua, impossibilitando realiza as medidas próximas a malha. Com isso optamos de realizar algumas medidas para mostrar que a resistência aumenta com o aumento da distância, porém de forma não contínua. Observamos que quando  $d$  está próximo da malha ou distante as diferenças entre as medidas são maiores, e observou-se quase uma proporcionalidade entre a distância  $d$  e a resistência.

Figura 21: Haste fincada na terra.



Fonte: Kascher (2017).

### 3.3.3 Transformador

O objetivo desse experimento é avaliar o funcionamento dos transformadores por meio de ensaios para averiguar o comportamento e características desse equipamento.

Os experimentos realizados foram de dois tipos: ensaios de tipo e ensaios de rotina. Os ensaios de rotina se destinam a verificar a qualidade e uniformidade da mão-de-obra e dos materiais empregados na fabricação do transformador, enquanto os ensaios de tipo são realizados para comprovar se um determinado modelo ou tipo de transformador é capaz de funcionar satisfatoriamente em condições específicas.

O primeiro passo foi realizar a inspeção de distribuição, que consiste em observar as partes componentes do transformador de distribuição.

- Pintura: estava em bom estado, apenas com algumas manchas do tempo;
- Juntas de Vedação: estavam bem fixadas;

- Buchas de baixa e alta tensão: estavam em um bom estado, apenas algumas eram difíceis para fazer conexão;
- Vazamentos: não havia grandes vazamentos, apenas algumas manchas de óleo no chão que foram constatadas como normais;
- Componentes faltosos: foi observado que algumas arruelas e porcas estavam faltando, entretanto estas foram acrescentadas na segunda parte do experimento.

Segundo passo foi fazer o levantamento das características do transformador por meio da leitura dos dados de placa e observação o interior do equipamento, assim foram realizadas as seguintes averiguações:

- Registrou-se todos os dados relevantes que possuíam na placa, como potência, tensão frequência, ligações, entre outras;
- Verificou-se o nível de óleo estava de acordo com o desejado;
- Verificou-se os enrolamentos e terminais de baixa e alta tensão estavam imersos no óleo;
- verificou-se a posição do TAP.

### 3.4 Outras atividades

Além das atividades citadas, foram realizadas diversas outras nas quais estão relacionadas a organização do laboratório, auxílio aos alunos pós-graduação nos experimentos, revisão de parte de projetos, dentre outros.

- Montagem de experimentos

Auxílio aos alunos de pós-graduação na montagem de ensaios para fins de publicações científicas. Na Figura 22 mostra a medição das dimensões das pastilhas de varistores de  $ZnO$  usados em um dos ensaios.

Figura 22: Varistores à base de  $ZnO$  .



Fonte: Autor.

- Criação de uma solução para controle de inventário do laboratório
- Produção de artigo técnico

Com a finalidade de publicar nas ferramentas de comunicação do Laboratório de Alta tensão. Assim, foi produzido um artigo sobre medição de aterramento, mostrando a importância do projeto, as normas regulamentadoras, as técnicas existentes para medição da resistividade do solo, bem como os benefícios que o sistema irá proporcionar para o sistema.

- Comissionamento de subestação

Fez-se um levantamento de tudo que é preciso para realizar o comissionamento de uma SE, montando um manual com um passo a passo dos ensaios a serem realizados, procedimentos a serem adotados e normas utilizadas para cada atividade.

## 4 CONCLUSÃO

As atividades realizadas durante o estágio foram de grande valia para a aprendizagem do estagiário. Foi instrumento de transformação dos conhecimentos e das habilidades adquiridas, tornando possível a aplicação do conhecimento construído durante anos de graduação. Foi possível a realização de atividades diversas, não se limitando apenas no desenvolvimento técnico, mas também no organizacional, como priorização de demandas, organização de cronograma por meio de ferramentas de gestão, medidas paliativas para solução de problemas e trabalho em equipe. Com a vivência no ambiente do LAT é possível ter a dimensão da importância do laboratório e da gama serviços fornecidos.

Dessa forma, os objetivos propostos neste relatório de estágio foram atingidos. Em primeiro lugar, fez-se um planejamento das atividades que deveriam ser realizadas durante o estágio, em conjunto com o orientador e o supervisor do estagiário. Devido alguns contratempus as atividades foram replanejadas de forma que pudessem ser realizadas remotamente sem interferir no aprendizado.

## REFERÊNCIAS

ABNT, NBR 7117. Medição de Resistividade e Determinação da Estratificação do Solo, 2012.

ABNT, NBR IEC 60060-1. Técnicas de Ensaio Elétricos de Alta Tensão, 2013.

AMERICO, J. P. et al. Um Estudo Qualitativo das Técnicas Utilizadas para Medição e Localização de Descargas Parciais em Transformadores de Potência. Revista Espacios, v. 38, n. 34, 2017.

LEITE NETO, A.F. Relatório de Estágio Supervisionado. Universidade Federal de Campina Grande, Brasil, 2019.

OLIVEIRA, I. B. Relatório de Estágio Supervisionado. Universidade Federal de Campina Grande, Brasil, 2012.

BEZERRA, G. V. N. et al. Análise de sistemas de aterramento com hastes concretadas submetidos a correntes impulsivas. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2017.

FILHO, H. R. P. Medindo a resistividade do solo para fins de aterramento elétrico. Revista da Norma, 2018. Disponível em: <https://revistaadnormas.com.br/2018/07/31/medindo-a-resistividade-do-solo-para-fins-de-aterramento-eletrico/>. Acesso em: MAIO, 2021.

GSE. Grupo de Sistemas Elétricos. Disponível em: <https://sites.google.com/a/dee.ufcg.edu.br/gse/>. Acesso em: MAIO, 2021.

BARBOSA, L. A. Wattímetro Microprocessado. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2016.

KASCHER, RONALDO. Medição de Resistência Elétrica de Sistemas de Aterramento Disponível em: <http://www.kascher.com.br/page/blog/medi-o-de-resist-ncia-el-trica-de-sistemas-de-aterramento/>. Acesso em: MAIO, 2021.



COELHO, R. R. A. Aplicação do método dos elementos finitos como auxílio ao projeto e ao comissionamento de sistemas de aterramento elétrico. Universidade Federal do Ceará, Brasil, 2015.

Macêdo, A. V. de Almeida; COSTA, E. G. Guia de experimento: Medição de resistência de um sistema de aterramento e resistividade do solo. 2008.