



Universidade Federal  
de Campina Grande

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

JOÃO PEDRO DA COSTA SOUZA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Campina Grande, Paraíba.  
Julho de 2019

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

*Relatório de Estágio Supervisionado 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.*

João Pedro da Costa Souza  
Orientando

Jalberth Fernandes de Araujo, D. Sc.  
Orientador

Campina Grande  
Julho de 2019

JOÃO PEDRO DA COSTA SOUZA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

*Relatório de Estágio Supervisionado 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**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Jalberth Fernandes de Araujo, D. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a mim mesmo por não desistir. Só eu sei da minha luta e de tudo que passei pra chegar até aqui. Não agradecer a mim mesmo seria uma falta de respeito com o meu próprio esforço.

Aos meus pais, por me manterem vivo (às vezes contra minha vontade).

A Jalberth, por me ensinar e ajudar a construir a minha história dentro do Curso de Graduação em Engenharia Elétrica. Tudo teria sido diferente sem a sua orientação durante essa jornada.

A Arthur Francisco, por ser uma das poucas palavras de suporte em meio ao ambiente hostil que é o curso de Engenharia Elétrica. Pelo auxílio em tantos projetos e pela inestimável amizade.

A Higor e Lenilson, pela experiência, dicas e companheirismo no laboratório.

A João Victor Jales, pelo apoio durante o estágio.

Aos professores do Laboratório de Alta Tensão especialmente a Edson Guedes, Ronimack Trajano e George Lira, pela paciência e ensinamentos.

## RESUMO

Neste relatório são descritas as atividades realizadas pelo estudante João Pedro da Costa Souza, graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande, durante o período de vigência de seu estágio supervisionado no Laboratório de Alta Tensão da Universidade Federal de Campina Grande. O estágio teve duração de 246 horas, sendo realizado de 27 de abril a 19 de junho de 2017, com carga horária semanal de 20 horas. No local, o estudante foi supervisionado pelo Professor Doutor Edson Guedes da Costa, realizando atividades de dimensionamento de cargas, organização de eventos, acompanhamento de pesquisas, acompanhamento de visitas técnicas e ensaios para empresas. Ao término do estágio, o discente desenvolveu as suas habilidades de comunicação, administração, coordenação e trabalho em equipe, bem como habilidades técnicas no manuseio de equipamentos. Também foi possível a identificação de falhas, que poderão ser melhoradas, como a falta de proatividade em algumas atividades.

Palavras-chave: Laboratório de Alta Tensão, pesquisa, organização de eventos, ensaios, dimensionamento de cargas

## ABSTRACT

This report describes the activities carried out by the student João Pedro da Costa Souza, undergraduate student in Electrical Engineering from the Federal University of Campina Grande, during the period of his supervised internship at the High Voltage Laboratory of the Federal University of Campina Grande. The internship lasted 246 hours, started in April 27 to June 19, 2017, with a weekly workload of 20 hours. At the place, Professor Edson Guedes da Costa supervised the student, carrying out activities of load sizing, event organization, researching, technical visits and tests for companies. At the end of the internship, the student developed his communication skills, administration, coordination and teamwork, as well as technical skills in handling equipment. It was also possible to identify failures, such as lack of proactivity in some activities, and then I can improve.

**Key-words:** High voltage laboratory, research, event organization, testing, load sizing

*Natura non constistatur.*

## Lista de Figuras

Figura 1: Fachada do Laboratório de Alta Tensão .....	11
Figura 2: Logotipo do Laboratório de Alta Tensão .....	11
Figura 3: Laboratório de Qualidade de Energia .....	12
Figura 4: Salão de Alta Tensão .....	13
Figura 5: Logotipo da 3 <sup>o</sup> IWADA .....	18
Figura 6: Apresentação de trabalhos na 3 <sup>a</sup> IWADA.....	18
Figura 7: Quadro obtido da transmissão <i>online</i> .....	19
Figura 8: Estagiário no painel de controle do Salão de Alta Tensão.....	21
Figura 9: Fluxograma de Avaliação Visual do Estado Operacional de Isoladores Poliméricos desenvolvido.....	23
Figura 10: Exemplos de isoladores classificados como A (a), B (b), C (c) e D (d) .....	24
Figura 11: Arranjo utilizado extração de parâmetros .....	25
Figura 12: Utilização do detector de ruído ultrassônico para extração de parâmetros de áudio .....	26
Figura 13: Utilização do termovisor para extração do mapa de temperatura do isolador. ....	26
Figura 14: Imagem obtida a partir do termovisor para isolador IR-21.....	27
Figura 15: Imagem obtida para corrente de fuga no isolador IR-21 .....	27
Figura 16: Emissão UV no isolador IR – 21, (a) combinada com imagem real e (b) somente emissão UV .....	28
Figura 17: Malha de aterramento 1, anexa ao Laboratório de Alta Tensão .....	29
Figura 18: Arranjo montado para injeção de corrente com VARIAC.....	30
Figura 19: Aferições realizadas para a malha de aterramento 1 .....	30
Figura 20: Medição com o protótipo de gerador de impulso de baixa corrente desenvolvido no LAT .....	31



# SUMÁRIO

1	Introdução.....	11
1.1.1	O Laboratório de Alta Tensão.....	11
1.2	Objetivos do Estágio .....	14
2	Atividades Realizadas .....	14
2.1	Dimensionamento de Cargas.....	15
2.2	Organização do 3º IWADA.....	18
2.3	Ensaio para empresas.....	20
2.4	Visitas Técnicas ao Laboratório.....	21
2.5	Acompanhamento de Pesquisas .....	22
2.5.1	Determinação do Estado Operacional de Isoladores Poliméricos .....	23
2.5.2	Determinação possíveis defeitos em malhas de aterramento .....	29
3	Considerações Finais.....	34
	Referências .....	35

# 1 INTRODUÇÃO

Este relatório apresenta as atividades desenvolvidas pelo estudante João Pedro da Costa Souza durante o estágio supervisionado no Laboratório de Alta Tensão (LAT) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O estágio foi realizado de acordo com as normas estabelecidas pela universidade, com carga horária semanal de 20 horas, totalizando 246 horas cumpridas entre os dias 27 de março e 19 de junho de 2019. A concessão do estágio foi realizada pela UFCG, localizada na Rua Aprígio Veloso, N° 882, bairro Universitário, na cidade de Campina Grande, PB. O setor de realização do estágio foi o Laboratório de Alta Tensão – LAT, bloco CF, com supervisão realizada pelo Prof. Dr. Edson Guedes da Costa.

## 1.1. O LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO

O LAT está localizado no Bloco CF, dentro das instalações físicas da UFCG. O laboratório começou a ser construído em 1974, sendo atualmente um dos laboratórios de alta tensão mais completos na região Norte-Nordeste. O laboratório e seu logotipo atual podem ser observados nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

Figura 1 – Fachada do Laboratório de Alta Tensão.



Fonte: Autor.

Figura 2 – Logotipo do Laboratório de Alta Tensão.



Fonte: Laboratório de Alta Tensão (2019).

Diversas atividades de ensino, pesquisa e extensão são realizadas no laboratório. Algumas das pesquisas desenvolvidas no laboratório são: estudos de transitórios eletromagnéticos em sistemas de potência, aplicação de inteligência artificial no monitoramento e diagnóstico de equipamentos, determinação de perdas-não técnicas em sistemas de distribuição de energia elétrica, simulação multifísica de equipamentos elétricos e estudos da qualidade de aterramento de sistemas elétricos.

O laboratório também presta serviços a diversas empresas. Empresas como PETROBRAS, CHESF, Energisa, Coteminas e Light já solicitaram ensaios, desenvolvimento de equipamentos ou atuaram conjuntamente em projetos de pesquisa. O LAT também presta serviços à própria universidade, proporcionando apoio técnico e recebendo visitas técnicas, além de acolher aulas de disciplinas como Laboratório de Materiais Elétricos e Equipamentos Elétricos.

Atualmente o LAT é composto pelos seguintes ambientes: Laboratório de Materiais e Equipamentos Elétricos (LMEE); Salão de Alta Tensão (SAT); Laboratório do Gerador de Impulso de Corrente (LGIC); Sala do Kit de Alta Tensão (SKAT); Laboratório de Descargas Parciais (LDP); Laboratório de Isolamentos Elétricos (LABIS); Laboratório de Eletrônica Aplicada a Sistemas Elétricos (LEASE); Laboratório de Simulações Multifísicas (LSM) e Laboratório de Qualidade da Energia (LQE). Tendo em vista a realização de uma reforma no laboratório, alguns desses ambientes não foram utilizados durante a vigência do estágio, de modo que as principais áreas utilizadas foram as do LQE e SAT, além do ambiente externo do laboratório.

As atividades do estágio que requeriam apoio computacional foram realizadas no LQE, tendo em vista que a sala reservada à graduação estava em reforma, como será exposto adiante. O LQE pode ser parcialmente observado na Figura 3.

Figura 3 – Laboratório de Qualidade de Energia.



Fonte: Autor.

Outro ambiente bastante utilizado durante o estágio foi o SAT, que é um dos principais ambientes do LAT, onde são realizados os ensaios mais exigentes em termos de potência, tendo em vista a presença de transformadores de potência em cascata, que permitem a aplicação de até 600 kV e 1 A em ensaios de equipamentos. O Salão de Alta Tensão pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Salão de Alta Tensão.



Fonte: Autor.

O estágio supervisionado ocorreu majoritariamente nesses ambientes. A seguir, os objetivos do estágio são apresentados.

## 1.2. OBJETIVOS DO ESTÁGIO

A realização do estágio supervisionado visa à preparação para o trabalho produtivo, funcionando como articulação entre teoria e prática na formação acadêmica profissional do estudante, de modo a obter formação a mais completa possível. Para tanto, foram estipuladas algumas atividades, elencadas da seguinte forma no Plano de Estágio foram:

- Acompanhar as pesquisas realizadas no laboratório;
- Acompanhar ensaios e experimentos;
- Auxiliar na manutenção;
- Auxiliar na elaboração de laudos.

As atividades no estágio não ocorreram da forma planejada, havendo adição de outras atividades e modificação nas atividades propostas.

## 2. ATIVIDADES REALIZADAS

De acordo com dados do site *Will Robots Take My Job?*, uma parcela considerável das profissões atuais tende a ser substituída por máquinas. No caso do engenheiro eletricista, a probabilidade é de apenas 10% (FREY & OSBORN, 2019). Entretanto, embora o cenário pareça otimista, os avanços tecnológicos e as rápidas mudanças no mercado fomentam a necessidade de constante evolução e adaptação do profissional contemporâneo para que ele se mantenha competitivo.

Nesse contexto, a disciplina de estágio apresenta fundamental importância, pois proporciona a possibilidade de aplicação real dos conhecimentos teóricos obtidos nas disciplinas durante o curso de graduação, bem como conhecimentos práticos adquiridos nas disciplinas de laboratório. Ademais, o contato direto com outros profissionais, a atuação dentro de uma empresa ou grupo e as exigências externas auxiliam no desenvolvimento de habilidades adicionais, que dificilmente seriam aprendidas sem a disciplina de estágio. Assim, o estágio supervisionado no LAT se apresenta como uma

oportunidade para o desenvolvimento dessas habilidades. Entretanto a reforma do laboratório se mostrou uma grande preocupação.

O LAT passa por reforma desde o fim do mês de março de 2019 até o presente momento, em que este documento é escrito. A reforma do laboratório abrange toda a sua área externa, bem como as salas dos professores, sala destinada à graduação, LEASE e salas reservadas ao corpo técnico do laboratório. A reforma se apresentou como uma preocupação à princípio, tendo em vista que diversas atividades no laboratório foram interrompidas. Entretanto, a reforma também se mostrou uma oportunidade para o desenvolvimento de habilidades como o pensamento direcionado à tomada de decisão e utilização do bom senso, além da consolidação prática de conhecimentos obtidos durante o curso de graduação. Foi possível auxiliar na reforma do Laboratório de Alta Tensão, a começar pelo dimensionamento elétrico de cargas das salas dos professores.

Nesta seção são descritas as atividades realizadas no estágio supervisionado durante a sua vigência, de forma a contribuir para a formação completa do estagiário.

## 2.1. DIMENSIONAMENTO DE CARGAS

O dimensionamento de cargas foi realizado para a parte superior do prédio, mais precisamente para as salas dos professores presentes no Laboratório de Alta Tensão. Para tanto, as salas foram inspecionadas, de modo a construir a tabela de cargas (Tabela 1, dividida em partes 1.a e 1.b por comodidade), na qual constam os aparelhos de ar-condicionado, iluminação e tomadas de uso geral. Uma das dificuldades encontradas nessa etapa foi a inexistência de um projeto elétrico do laboratório, de modo que as informações tiveram de ser obtidas apenas visualmente e com consulta aos responsáveis pela reforma.

Nesse ponto, a disciplina de Instalações Elétricas, presente na grade curricular do curso de graduação em Engenharia Elétrica na UFCG, foi de suma importância. Conhecimentos obtidos durante a disciplina, como determinação da seção mínima de condutores e cálculo da demanda, foram postos em prática. Para dimensionamento dos cabos, foram utilizados os critérios de seção mínima e de queda de tensão (NBR 5410/2008). A queda de tensão foi calculada de acordo com a Equação (1), descrita por CREDER (2007):

$$s = 2\rho \frac{1}{e(\%)V^2} \times (p_1l_1 + p_2l_2 + \dots). \quad (1)$$

Tabela 1.a – Dimensionamento de cargas para a sala dos professores.

Circ.	Ambiente	Tipo de Carga	Descrição da carga	Quant.	Potência (W)	Total (kW)	FP	Rend	Potência Total (kVA)
3	Sala George	Split	12000 BTU	1	1.140,00	1.140,00	0,92	0,84	1.475,16
		Tomadas	Tomada 200 VA	7	200,00	1.400,00	1,00	1,00	1.400,00
		Iluminação	Luminária 2 x 20 W	2	40,00	80,00	0,92	0,84	103,52
4	Sala Ronimack	Split	12000 BTU	1	1.140,00	1.140,00	0,92	0,84	1.475,16
		Tomadas	Tomada 200 VA	7	200,00	1.400,00	1,00	1,00	1.400,00
		Iluminação	Luminária 2 x 20 W	3	40,00	120,00	0,92	0,84	155,28
5	Sala Karcus	Split	12000 BTU	1	1.140,00	1.140,00	0,92	0,84	1.475,16
		Tomadas	Tomada 200 VA	7	200,00	1.400,00	1,00	1,00	1.400,00
		Iluminação	Luminária 2 x 20 W	2	40,00	80,00	0,92	0,84	103,52
6	Sala André	Split	12000 BTU	1	1.140,00	1.140,00	0,92	0,84	1.475,16
		Tomadas	Tomada 200 VA	7	200,00	1.400,00	1,00	1,00	1.400,00
		Iluminação	Luminária 2 x 20 W	2	80,00	160,00	0,92	0,84	207,04
7	Sala Edson	Split	12000 BTU	1	1.140,00	1.140,00	0,92	0,84	1.475,16
		Tomadas	Tomada 200 VA	8	200,00	1.600,00	1,00	1,00	1.600,00
		Iluminação	Luminária 2 x 20 W	4	40,00	160,00	0,92	0,84	207,04
8	Sala Sistemas	Split	18000 BTU	1	1.330,00	1.330,00	0,92	0,84	1.721,01
		Tomadas	Tomada 200 VA	8	200,00	1.600,00	1,00	1,00	1.600,00
		Iluminação	Luminária 2 x 20 W	4	40,00	160,00	0,92	0,84	207,04
9	Sala Graduação	Split	30000 BTU	1	2.420,00	2.420,00	0,92	0,84	3.131,47
		Tomadas	Tomada 200 VA	13	200,00	2.600,00	1,00	1,00	2.600,00
		Iluminação	Luminária 2 x 20 W	6	40,00	240,00	0,92	0,84	310,56

Fonte: Autor.

Tabela 1.b – Dimensionamento de cargas para a sala dos professores.

Corrente (A)	Condutor (mm²)	Proteção (A)	Fase	Fase A	Fase B	Fase C	Comp. (m)	Seção (mm²)	Coefficiente de Queda de tensão (V/A.km)	Queda de tensão no trecho (%)
6,71	2,5	10	A	1.475,16	0,00	0,00	20,00	2,5	16,90	1,03%
6,36	2,5	10	B	0,00	1.400,00	0,00	20,00	2,5	16,90	0,98%
0,47	1,5	6	C	0,00	0,00	103,52	20,00	1,5	27,60	0,12%
6,71	2,5	10	B	0,00	1.475,16	0,00	20,00	2,5	16,90	1,03%
6,36	2,5	10	A	1.400,00	0,00	0,00	20,00	2,5	16,90	0,98%
0,71	1,5	6	C	0,00	0,00	155,28	20,00	1,5	27,60	0,18%
6,71	2,5	10	B	0,00	1.475,16	0,00	20,00	2,5	16,90	1,03%
6,36	2,5	10	C	0,00	0,00	1.400,00	20,00	2,5	16,90	0,98%
0,47	1,5	6	A	103,52	0,00	0,00	20,00	1,5	27,60	0,12%
6,71	2,5	10	B	0,00	1.475,16	0,00	20,00	2,5	16,90	1,03%
6,36	2,5	10	C	0,00	0,00	1.400,00	20,00	2,5	16,90	0,98%
0,94	1,5	6	A	207,04	0,00	0,00	20,00	1,5	27,60	0,24%
6,71	2,5	10	C	0,00	0,00	1.475,16	20,00	2,5	16,90	1,03%
7,27	2,5	10	A	1.600,00	0,00	0,00	20,00	2,5	16,90	1,12%
0,94	1,5	6	B	0,00	207,04	0,00	20,00	1,5	27,60	0,24%
7,82	2,5	10	B	0,00	1.721,01	0,00	20,00	2,5	16,90	1,20%
7,27	2,5	10	C	0,00	0,00	1.600,00	20,00	2,5	16,90	1,12%
0,94	1,5	6	A	207,04	0,00	0,00	20,00	1,5	27,60	0,24%
14,23	4,0	16	A	3.131,47	0,00	0,00	20,00	4,0	10,60	1,37%
11,82	2,5	16	C	0,00	0,00	2.600,00	20,00	2,5	16,90	1,82%
1,41	1,5	6	B	0,00	310,56	0,00	20,00	1,5	27,60	0,35%
			<b>Total</b>	<b>8.124,22</b>	<b>8.064,08</b>	<b>8.733,95</b>				

Fonte: Autor.

Em que:

 $s$  é a seção do condutor em mm<sup>2</sup>; $p$  é a potência consumida em watts; $\rho$  é a resistividade do cobre, de  $\frac{1 \text{ ohms} \times \text{mm}^2}{58 \text{ m}}$ ;

$l$  é o comprimento, em metros;

$e$  (%) é a queda de tensão percentual e

$V$  é a tensão.

De acordo com a NBR 5410, a queda de tensão admissível seria de 5%, calculada a partir do ponto de entrega. Entretanto, sob orientação de um dos professores, considerou-se então uma queda de 2%, a partir do quadro geral, de modo a garantir o cumprimento da norma. Ademais, utilizou-se a Norma de Distribuição Unificada – 001 (2017), da ENERGISA para determinação da demanda. A demanda das salas estabelecida de acordo com a Equação (2), seguindo-se as diretrizes propostas na norma.

$$D = D1 + D2 + D3 + D4 + D5 + D6 + D7 \quad (2)$$

Em que:

D é a demanda total, em kW;

D1 é a demanda de iluminação e tomadas;

D2 é a demanda de aparelhos de aquecimento de água;

D3 é a demanda de secador de roupa, forno de micro-ondas, máquina de lavar louça e hidromassagem;

D4 é a demanda fogões e fornos elétricos;

D5 é a demanda de aparelhos de ar-condicionado tipo janela ou centrais;

D6 é a demanda de motores elétricos e máquinas de solda do tipo gerador;

D7 é a demanda de máquinas de solda a transformador e aparelhos de raio-X.

Tais demandas foram calculadas conforme especificado na norma, resultando na Tabela 2.

Tabela 2 – Demanda calculada para as salas de professores do Laboratório de Alta Tensão.

Fator de Demanda	Demanda	Potência (kVA)	Valores
0,86	D1	12.694,00	10.916,84
0,00	D2	0,00	0,00
0,00	D3	0,00	0,00
0,00	D4	0,00	0,00
1,00	D5	12.228,26	12.228,26
0,00	D6	0,00	0,00
0,00	D7	0,00	0,00
		<b>Total:</b>	23.145,10
		<b>Corrente:</b>	35,21
		<b>Cabo:</b>	10 mm

Fonte: Autor.



Nota-se que grande parte das demandas é nula, com exceção de D1 e D5, o que é normal tendo em vista que os ambientes em foco são salas de professores da universidade. Conjuntamente ao dimensionamento de cargas, foi elaborado o Relatório de Execução de Serviços ou *As Built* (“como construído”) do projeto juntamente a outro estagiário. Esse relatório apresenta as correções realizadas no projeto original, comparando-o com o que foi realmente implementado. Entretanto, como não existe ou não foi disponibilizado um projeto, teve-se basicamente que se realizar a documentação da reforma realizada. Notou-se que diversas medidas na planta arquitetônica estavam equivocadas, possivelmente em razão de desleixo dos projetistas originais com a obra, de modo que foi necessário corrigir a planta do laboratório e realizar as mudanças. Esse processo foi realizado quase que inteiramente por outro responsável e, portanto, não consta neste relatório.

Ademais, o estagiário também foi responsável pela pesquisa de preços de disjuntores em lojas especializadas em Campina Grande – PB. Buscou-se por equipamentos de qualidade atestada pelos professores, optando-se ao fim pela compra de disjuntores já utilizados anteriormente no laboratório. É interessante ressaltar que essa experiência é extremamente válida para inserção do aluno no mercado, pois o coloca em contato direto com a necessidade de realização de escolhas e tomada de decisão.

A experiência também evoca a necessidade de o engenheiro de trabalhar com as informações disponíveis para entrega das solicitações realizadas. Entretanto, a falta de uniformidade na comunicação dentro do laboratório se mostrou um desafio: tarefas diferentes eram exigidas por diferentes professores, o que resultou em atrasados nas entregas das tarefas solicitadas.

## 2.2. ORGANIZAÇÃO DA 3º IWADA

Durante os dias 24, 25 e 26 de Abril de 2019, foi realizada a 3º Oficina Internacional em Dielétricos Avançados e Aplicações ou IWADA (do inglês *International Workshop on Advanced Dielectrics and Applications*), com organização realizada pelo Laboratório de Alta Tensão – LAT, com apoio da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF). O logotipo do evento pode ser observado na Figura 5.

O evento foi realizado no Centro de Convenções Raimundo Asfóra, no Garden Hotel, em Campina Grande – PB, e abrangeu diversas áreas de conhecimento, como materiais avançados e sistemas de isolamento, campos eletromagnéticos e tecnologias HVDC.

Figura 5 – Logotipo da 3ª IWADA.



Fonte: IWADA (2019).

Durante o evento, o estagiário atuou na organização, auxiliando em montagens de *kits* e na comunicação com os professores estrangeiros. Ademais, também participou da assistência *online*, expondo questionamentos apresentados pela audiência *online* aos palestrantes. Na Figura 6, uma das apresentações ocorridas durante a 3ª IWADA pode ser observada.

Figura 6 – Apresentação de trabalhos na 3ª IWADA.



Fonte: Autor.

O estudante teve ainda a oportunidade de participar da publicação de um artigo na oficina que, no entanto, não foi apresentado por ele. A experiência foi positiva, pois permitiu a vivência do evento de uma forma mais completa: ao mesmo tempo em que proporcionava conteúdo ao evento, também se auxiliava na organização. Na Figura 7 um *frame* obtido da transmissão online é apresentado, no qual o estagiário expõe um questionamento aos palestrantes.

Figura 7 – Quadro obtido da transmissão online do evento.



Fonte: Mais Vídeo Produtora (2019).

O suporte também foi realizado na parte técnica, juntamente à equipe especializada, sendo realizados testes de microfone e câmera, além de comunicação com os palestrantes *online*. O estagiário também participou no programa turístico com os professores estrangeiros, introduzindo-os à cultura paraibana, locais e costumes, experiência que foi deveras benéfica para construção de habilidades de comunicação e *networking*.

Além da experiência ter sido essencial para o desenvolvimento de habilidades de comunicação, a observação do funcionamento de um evento de abrangência internacional permite ao estudante a expansão de sua visão, além da obtenção de conhecimentos relativos à oficina, em dielétricos e suas aplicações. A oficina também auxiliou na consolidação de perspectivas futuras para a profissão de pesquisador, que teve grande influência na decisão de inscrição para cursos de mestrado.

### 2.3. ENSAIOS PARA EMPRESAS

Também foi trabalho do estagiário a determinação da disponibilidade do laboratório para realização de ensaios para duas empresas. Em um dos casos, foi requisitada a realização de ensaios de interrupção em chaves fusíveis de 36 kV/200 A, de acordo com a norma NBR 7282 (ABNT, 2011). Entretanto, ao analisar a norma, observou-se que os requisitos de geração de corrente eram demasiadamente elevados para serem realizados no laboratório: por exemplo, alguns ensaios de capacidade de interrupção requerem correntes de 400 A e 500 A, porém o laboratório não conta com um gerador de correntes tão elevadas. Outros ensaios, de curto-circuito, requerem uma

geração ainda maior. Assim, foi necessário informar à empresa a indisponibilidade para realização dos testes; essa informação foi repassada por um professor supervisor.

No segundo caso, foi solicitado o orçamento relativo à execução de manutenção preventiva em uma subestação de 69 kV desligada, que era composta por dois disjuntores AT – SIEMENS 3QA1FS, dois Transformadores de Potencial GEC ALSTHOM UXT 3AQ1FS, quatro Transformadores de Corrente ALSTHOM SBD – 69, oito chaves seccionadoras SPIG S/A – 100 VT e oito para-raios SIEMENS 3EP 075-2PZ. Tendo em vista a indisponibilidade para realização dos testes em razão da reforma realizada no laboratório, optou-se pela recomendação de outra empresa para realização dos ensaios.

A comunicação com professores e utilização da disciplina Equipamentos Elétricos foram indispensáveis para avaliação das condições do laboratório. Nesse ponto, a reforma do laboratório se apresentou como um empecilho, tendo em vista que grande parte das atividades de ensaio foram pausadas, de modo que a avaliação crítica e as habilidades do estudante não puderam ser devidamente exploradas na realização da atividade.

O contato com requisições e empresas de grande calibre, ainda que indiretamente, foi um ponto positivo da experiência, pois propicia noções das solicitações realizadas, aumentando os conhecimentos do estudante relativos ao mercado.

## 2.4. VISITAS TÉCNICAS AO LABORATÓRIO

Outra das atividades realizadas durante o estágio foi o acompanhamento de visitas técnicas ao laboratório. Como exposto, o LAT tem papel fundamental na educação regional, funcionando como ponto de referência de ensino e prestando diversos serviços à população. Um dos serviços prestados é o fornecimento do ambiente a visitas técnicas periódicas, em média duas vezes por mês, para alunos de outras instituições ou da própria UFCG.

Durante a vigência de estágio, ocorreram visitas nos dias 17, 27 e 28 de maio de 2019. No dia 17, a visita foi realizada por estudantes do curso de Engenharia Elétrica do Centro Universitário Maurício de Nassau - Unidade Maceió. Nos dias 27 e 28, as visitas foram realizadas pelos novos alunos do curso de Engenharia Elétrica da UFCG, conhecidos popularmente como “feras”.

Durante a visita da Maurício de Nassau, o estagiário foi responsável pela apresentação do *kit* de alta tensão, no Laboratório de Materiais Elétricos, além da operação da bancada do Salão de Alta Tensão, como é ilustrado na Figura 8. Na

apresentação do *kit*, inicialmente foi realizada exposição relativa a isoladores elétricos, suas particularidades e funções. Ademais, foi realizado um experimento de descarga de disrupção em isolador de vidro, com visualização da emissão UV (efeito corona) realizada a partir de uma câmera de corona (DayCor).

Figura 8 – Estagiário no painel de controle do Salão de Alta Tensão.



Fonte: Autor.

A experiência foi de veras construtiva, auxiliando no desenvolvimento de habilidades comunicativas, essenciais tanto àqueles que almejam seguir carreira acadêmica quanto àqueles que desejam se inserir no mercado de outras formas. Ademais, também possibilitou o contato com outros estudantes e diferentes visões, seja pela graduação em outra instituição ou pela pouca experiência no curso, no caso daqueles da própria UFCG.

A atividade também foi bastante positiva no desenvolvimento de habilidades técnicas, como o manejo de equipamentos, bancadas de controle, além de conhecimentos laboratoriais, como metodologias aplicadas a ensaio.

## 2.5. ACOMPANHAMENTO DE PESQUISAS

Uma das principais atividades realizadas pelo estagiário no LAT foi o acompanhamento e auxílio em pesquisas realizadas no laboratório. Dentre elas, destacam-se as de determinação do estado operacional de isoladores poliméricos e identificação de possíveis defeitos em aterramento.

### 2.5.1. DETERMINAÇÃO DO ESTADO OPERACIONAL DE ISOLADORES POLIMÉRICOS

A pesquisa em foco visa a identificação do estado operacional de um isolador polimérico a partir de inteligência artificial, a partir da utilização de diversas informações relativas à corrente de fuga, temperatura, emissões UV e ruído ultrassônico como parâmetros de entrada.

Para aplicação de inteligência artificial, no caso de aprendizado supervisionado, tem-se a necessidade de criação de um banco de dados. Assim, foi construído um banco de dados contendo informações de corrente de fuga, temperatura e emissões UV de 60 isoladores poliméricos de tensão nominal 138 kV, de diferentes fabricantes. Inicialmente os isoladores foram classificados visualmente a partir de instruções presentes no Guia de Campo: Inspeção Visual de Isoladores Poliméricos (EPRI, 2006).

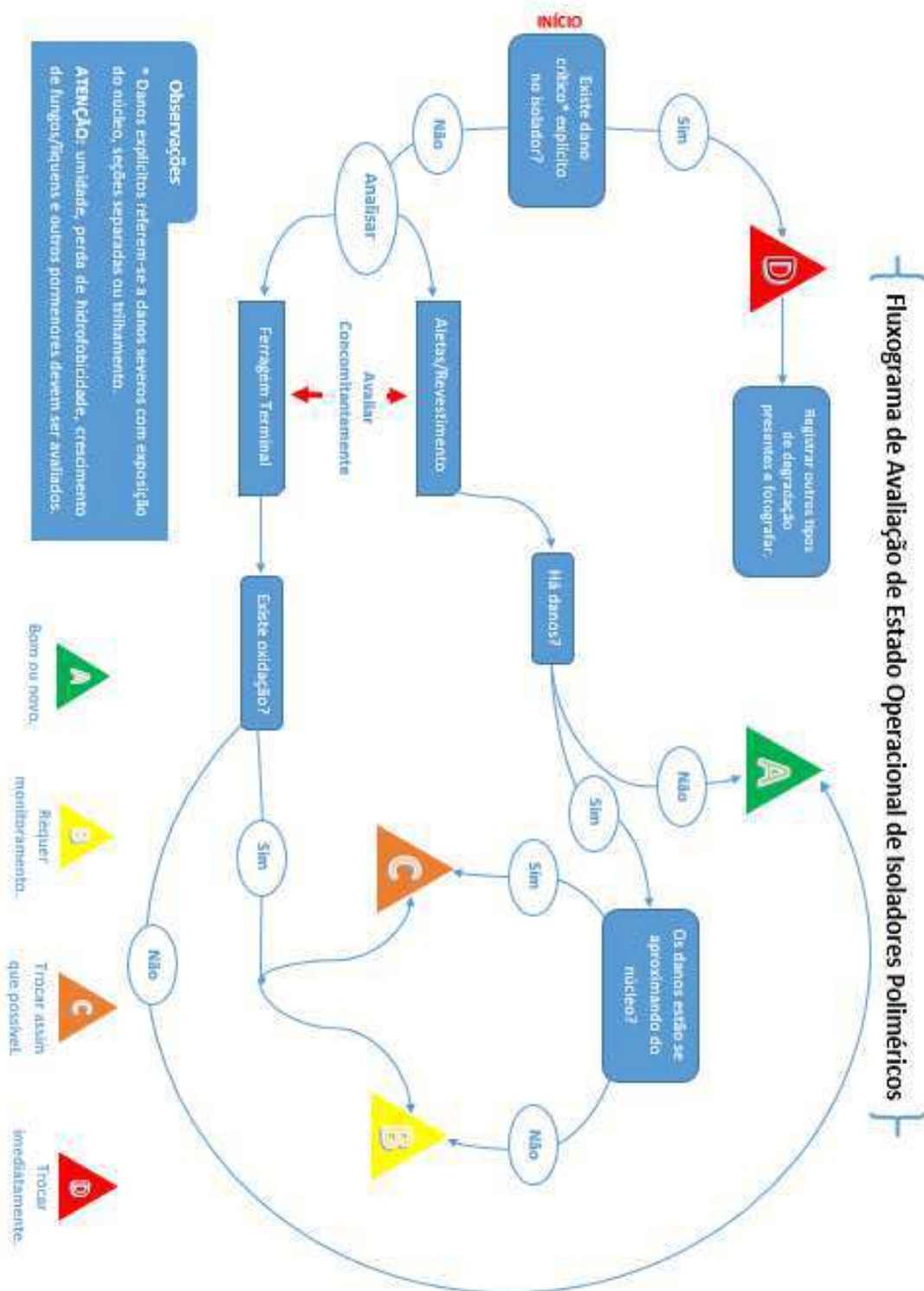
Foram observadas as partes constituintes dos isoladores, a citar: aletas, revestimento polimérico, núcleo de fibra de vidro e terminais. Procurou-se por perfurações, divisões, rasgos, branqueamento e danos em geral. Os isoladores poliméricos foram classificados em quatro categorias de acordo com seu estado operacional, como especificado na Tabela 3. Para simplificação da classificação, propôs-se um fluxograma com base no guia EPRI (2006) e na metodologia presente em Domingues (2012). O fluxograma pode ser observado na Figura 9.

Tabela 3 – Índices de Prioridade de Manutenção (IPM).

<b>IPM</b>	<b>Definição</b>
<b>A</b>	Bom ou quase novo. Ações não são requeridas.
<b>B</b>	Grau baixo de danos, uso ou desgaste. Monitorar danos futuros.
<b>C</b>	Grau moderado de danos, uso ou desgaste. Considerar troca.
<b>D</b>	Grau alto de danos, uso ou desgaste. Remover isolador polimérico imediatamente.

Fonte: adaptada de EPRI (2006).

Figura 9 – Fluxograma de Avaliação Visual do Estado Operacional de Isoladores Poliméricos desenvolvido.

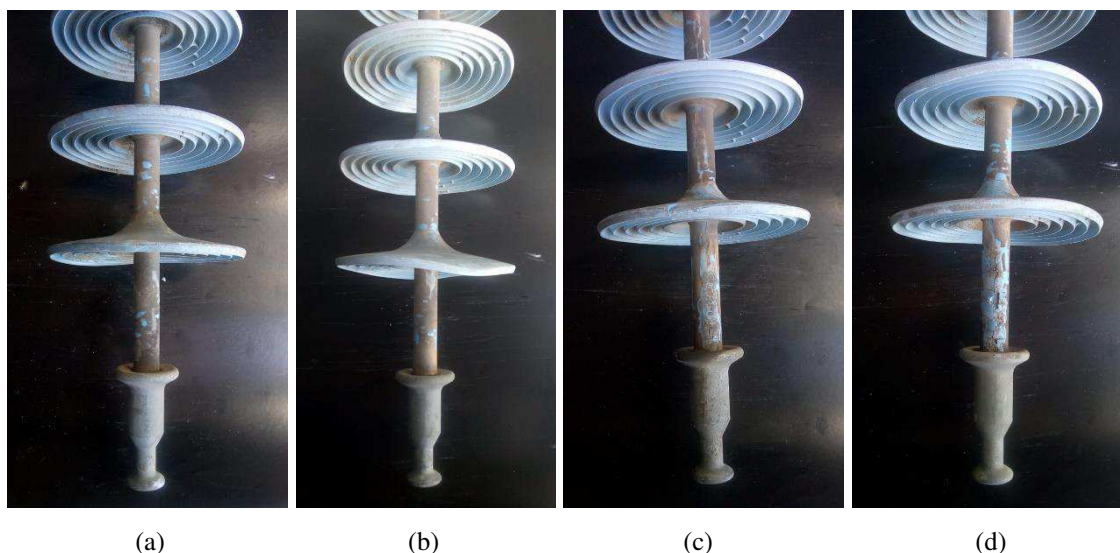


Fonte: Autor.

É possível inferir, a partir da análise do fluxograma desenvolvido, que o foco das avaliações são os possíveis danos críticos para a rápida classificação dos isoladores em condições mais graves. Só depois são avaliados outros possíveis danos ao equipamento.

Os equipamentos foram divididos em grupos, de acordo com o modelo. A identificação do modelo ocorreu a partir das letras R, S, T, U, X, Y. Além do modelo, o número do isolador foi utilizado na identificação, de forma crescente, sendo sua classificação apresentada adiante. A identificação de isoladores se deu do seguinte modo, a exemplificar: IR1 – D. Fotografias dos isoladores avaliados foram organizadas em uma pasta, contendo uma breve descrição. As fotografias foram tiradas sobre cartolina preta, para organização. Exemplos de isoladores classificados nos IPM A, B, C e D podem ser observados na Figura 10, (a), (b), (c) e (d), respectivamente.

Figura 10 – Exemplos de isoladores classificados como A (a), B (b), C (c) e D (d).



Fonte: Autor.

Ademais, um arranjo foi montado no Salão para extração de características dos isoladores. O arranjo pode ser observado na Figura 11 Foi utilizado um isolador de vidro, apenas para suporte, além de um anel e um bastão com duas esferas para equalização do campo elétrico. Os isoladores foram colocados sob tensão nominal de  $138 \times 10^3 / \sqrt{3}$ , ou seja, aproximadamente 80 kV (tensão de fase), durante 1 h e 30 min para estabilização de parâmetros como temperatura e corrente de fuga, de modo a simular as suas condições operacionais.



Figura 11 – Arranjo utilizado extração de parâmetros.



Fonte: Autor.

Foram extraídas características relativas a ruídos ultrassônicos a partir de um detector de ruído ultrassônico, dados de temperatura (variação de temperatura na cadeia, temperatura máxima e mínima e média) a partir do termovisor, emissões UV, a partir da câmera de corona (DayCor) e corrente de fuga. Para medição dos parâmetros citados, foi necessário o aprendizado relativo à utilização dos diversos equipamentos elencados anteriormente, que são de grande importância para aplicação em campo e laboratorial, justamente por permitirem a extração de informações que podem ser úteis na determinação do estado operacional de equipamentos. As Figuras 12 e 13 ilustram o procedimento de obtenção de dados de áudio a partir de detector de ruído ultrassônico e do termovisor, respectivamente.

Figura 12 – Utilização do detector de ruído ultrassônico para extração de parâmetros de áudio.



Fonte: Autor.

É importante observar o cuidado com a segurança, extremamente necessário para o trabalho no LAT, tendo em vista que os ensaios e testes são realizados majoritariamente sob alta tensão. Na imagem, a presença de equipamentos de proteção individual (EPI), como o capacete, são utilizados. Na ocasião, uma bota com solado de borracha também era utilizada. Outro ponto a salientar é que ensaios no laboratório não podem ser realizados com apenas uma pessoa, também por questões de segurança.

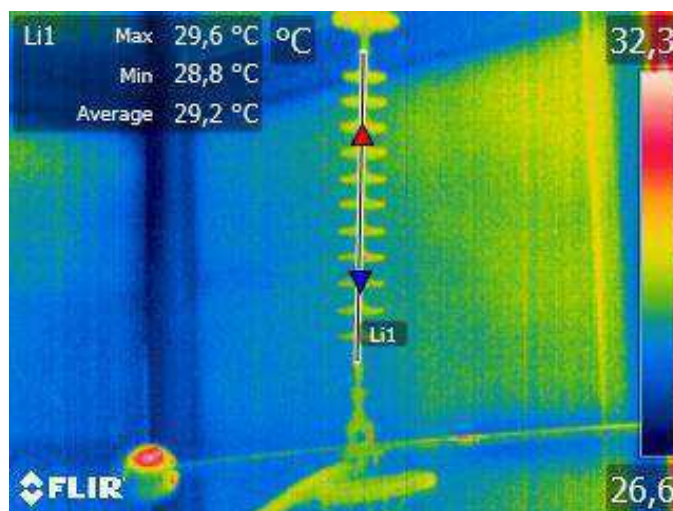
Figura 13 – Utilização do termovisor para extração do mapa de temperatura do isolador.



Fonte: Autor.

As Figuras 7, 8, 9 e 10 apresentam resultados obtidos para o isolador IR – 21, isolador classificado como C (grau moderado de danos; considerar a troca), pois apresenta níveis elevados de poluição, embora não apresente danos consideráveis nas aletas e outras partes constituintes.

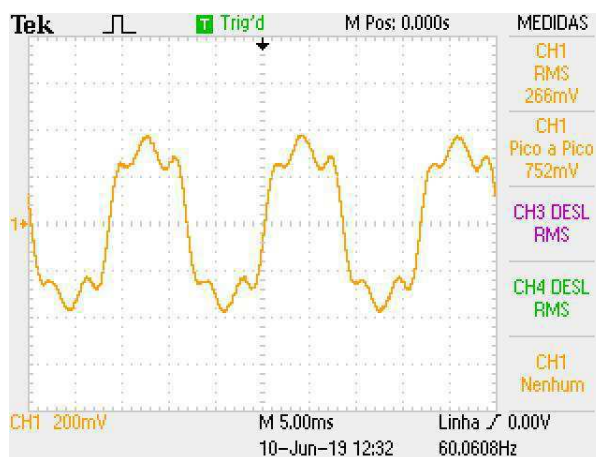
Figura 14 – Imagem obtida a partir do termovisor para isolador IR-21.



Fonte: Laboratório de Alta Tensão (2019).

É possível observar a partir da análise da Figura 14 que o isolador sob estudo apresenta temperatura máxima de 29,6 °C, mínima de 28,8 °C, temperatura média de 29,2 °C e variação máxima de temperatura foi de 0,8 °C. A variação de temperatura se apresenta possivelmente como um indicador de danos críticos, de forma que isoladores classificados como D apresentaram variações mais elevadas. Mais informações podem ser obtidas após tratamento de dados e aplicação de inteligência artificial na classificação, etapas que serão realizadas futuramente.

Figura 15 – Imagem obtida para corrente de fuga no isolador IR-21.

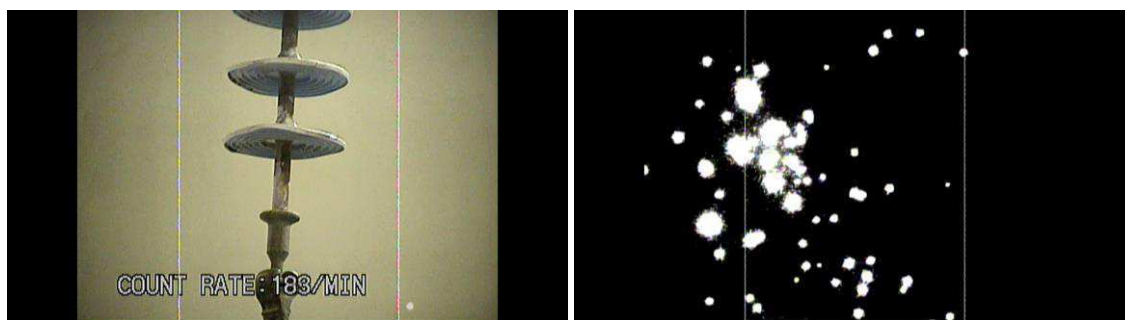


Fonte: Laboratório de Alta Tensão (2019).

A corrente de fuga também foi analisada em osciloscópio, embora a princípio não se pretenda utilizá-la como parâmetro de entrada na pesquisa por ser um dado obtido de forma invasiva. Para sua medição, é necessária a inserção de um amperímetro ou equipamento de aferição em série ao isolador, o que não pode ser realizado em condições práticas. Os isoladores apresentaram, em geral, corrente de fuga variando entre 250 mA e 300 mA (RMS), com isoladores mais danificados apresentando maiores correntes de fuga.

Na Figura 16, observam-se imagens obtidas a partir da câmera de corona em dois estados: emissão UV combinada com imagem real e somente emissão UV. Dados relativos à contagem dos fótons de efeito corona também podem ser visualizados. Espera-se que a contagem (e possivelmente avaliação das imagens computacionalmente) possam ser utilizadas para determinação do estado operacional de isoladores.

Figura 16 – Emissão UV no isolador IR – 21, (a) combinada com imagem real e (b) somente emissão UV.



Fonte: Laboratório de Alta Tensão (2019).

Observou-se a importância de disciplinas como Equipamentos Elétricos e Materiais Elétricos para avaliação dos isoladores e utilização dos equipamentos presentes no laboratório. Ademais, a participação nesta pesquisa adaptou o aluno à aplicação de uma metodologia de trabalho e preocupações com segurança, o que pode ser útil tanto na profissão de pesquisador quanto em outros direcionamentos profissionais.

### 2.5.2. DETERMINAÇÃO POSSÍVEIS DEFEITOS EM MALHAS DE ATERRAMENTO

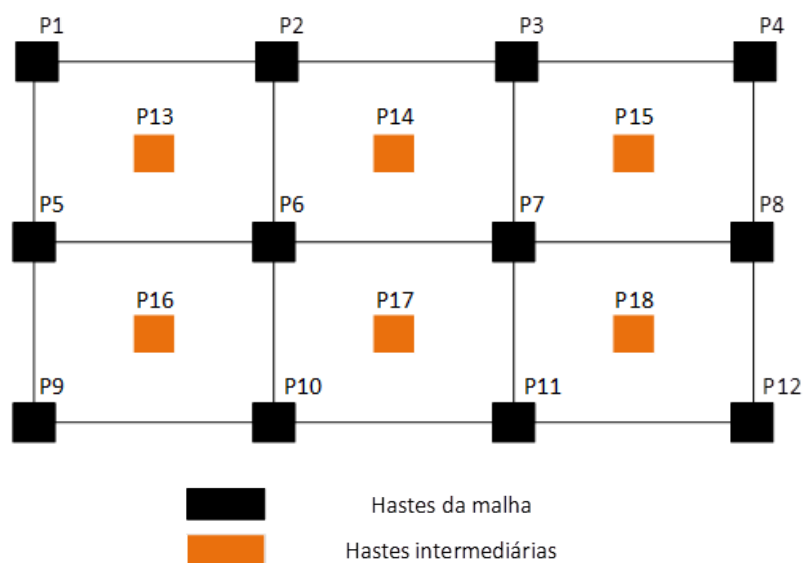
O estagiário encontrou a pesquisa em andamento, de forma que apenas auxiliou em sua continuação. Em geral, diferentes sinais de corrente foram aplicados em malhas de aterramento, observando-se o comportamento do sistema em relação às aplicações e buscando assim possíveis falhas na malha de aterramento a partir das medições.

Nesta pesquisa, a disciplina de Equipamentos Elétricos foi indispensável, pois proporcionou os conhecimentos técnicos relativos a malhas de aterramento, bem como

consolidou nos fundamentos básicos para medição de resistência do solo e utilização do equipamento terrômetro.

Para a pesquisa, foram tomadas duas malhas de aterramento, ambas localizadas na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG: a malha de aterramento 1, anexa ao Laboratório de Alta Tensão, e a malha de aterramento 2, construída posteriormente nas proximidades do bloco de Física Experimental. A malha 1 pode ser observada na Figura 17.

Figura 17 – Malha de aterramento 1, anexa ao Laboratório de Alta Tensão.



Fonte: Laboratório de Alta Tensão (2019).

Nota-se a distribuição de 12 hastes de 40 cm em formato retangular, juntamente a 6 outras hastes intermediárias para medições. A malha 1 havia sido utilizada inicialmente para avaliar a resposta de uma malha de aterramento frente a correntes impulsivas de alta intensidade, sendo utilizados impulsos gerados pelo Gerador de Impulso de Corrente (GIC), disponível no LAT.

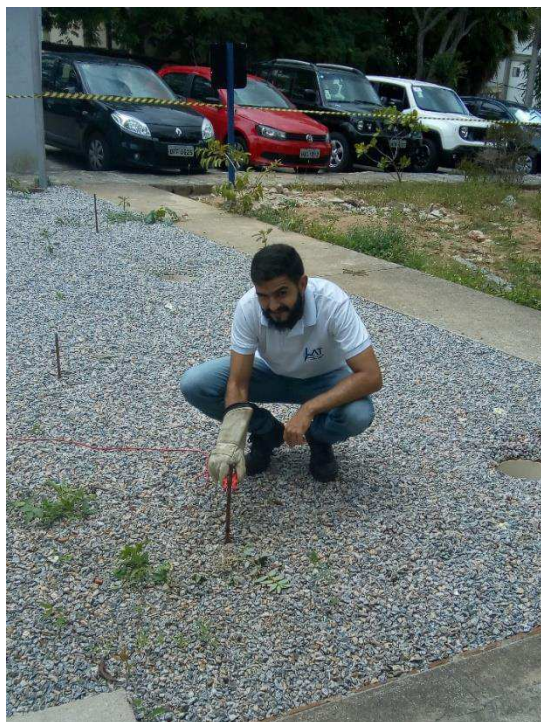
Procedimento semelhante foi então realizado para correntes senoidais de 10 A, com frequência de 60 Hz. Para tanto, foi utilizado o VARIAC do laboratório, que tem relação de transformação de aproximadamente 1,1 V – 10 V, com garra amperímetro utilizada para medição da corrente nas hastes. Na Figura 18, o arranjo é ilustrado. Na Figura 19 o estagiário realiza aferições na malha de aterramento 1.

Figura 18 – Arranjo montado para injeção de corrente com VARIAC.



Fonte: Autor.

Figura 19 – Aferições realizadas para a malha de aterramento 1.



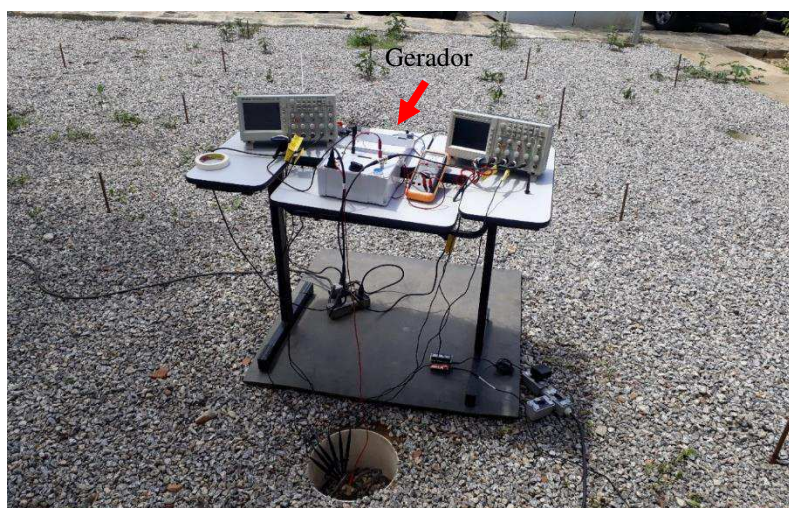
Fonte: Autor.

Também foi utilizado um gerador de impulso de baixa corrente, como pode ser observado na Figura 20. A utilização de um gerador de impulso de baixa corrente em malhas de aterramento evita gastos excessivos quando comparado ao uso de um gerador de impulso de alta corrente. Por outro lado, ainda, é imune a interferências causadas por

correntes de 60 Hz, características de malhas de aterramento energizadas, como ocorre em sistemas que utilizam esse tipo de sinal para medições em malhas de aterramento.

Na Figura 20, é possível observar o gerador de impulso de baixa corrente, que gera até 10 A, juntamente de dois osciloscópios para análise da tensão nas hastes das malhas de aterramento. A partir da análise dos dados coletados, juntamente aos dados antigos, constatou-se correspondência entre as medições com corrente impulsiva de alta intensidade e corrente impulsiva de baixa intensidade. Desta forma, verifica-se que o emprego de impulsos de baixa corrente para a medição de potenciais de superfície na malha e para a identificação de possíveis defeitos é bastante promissor. Assim, novos estudos foram desenvolvidos utilizando uma segunda malha, para confirmação dos resultados.

Figura 20 – Medição com o protótipo de gerador de impulso de baixa corrente desenvolvido no LAT.



Fonte: Autor.

Na malha 2, foram realizadas medições utilizando o Metrel modelo MI3290. Foram realizadas 10 medições para cada uma das grandezas e obteve-se uma resistência média de  $1,95 \Omega$  e uma impedância média de  $6,58 \Omega$ . Um sinal de corrente foi aplicado à uma malha composta por 3 (três) hastes de aterramento, situada nas proximidades do bloco REENGE. A malha de eletrodos distava 100 m da malha sob teste. Também foram cravadas 3 (três) hastes de 40 cm a uma distância de 62 m da malha, equivalente a 62% da distância total. Todos os dados foram anotados e analisados; entretanto, a divulgação de maiores detalhes quanto a pesquisa pode ferir os direitos da empresa solicitante e, portanto, não serão apresentados.

O auxílio na pesquisa de defeitos de aterramento foi proveitosa, pois consolidou os conhecimentos do aluno sobre sistemas de aterramento, bem como fomentou o

desenvolvimento da habilidade de trabalho em equipe, tendo em vista a relação com outros membros do laboratório para aquisição de dados.

Embora a atividade tenha sido positiva, a experiência poderia ter sido mais proveitosa caso o estudante tivesse participado da análise dos dados ou obtido conhecimentos relativos à utilização do *software* XGSLAB, utilizado pelo restante da equipe para simulação. O trabalho realizado foi focado demasiadamente em medições e atividades braçais, de modo que permaneceu no estudante um sentimento de não participação completa na pesquisa. A inserção mais aprofundada na pesquisa poderia ter ocorrido; nota-se, assim, uma falha na proatividade do estudante, sendo um ponto que pode ser trabalhado. Tudo isso fica evidente na carência de fotos e análises mais aprofundadas nesta seção.



### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio supervisionado realizado no Laboratório de Alta Tensão teve contribuição ímpar para a formação do estudante. As atividades realizadas permitiram a consolidação dos conhecimentos adquiridos em outras disciplinas da graduação, tais como Instalações Elétricas, Equipamentos Elétricos e Materiais Elétricos, bem como a construção de habilidades práticas bastante importantes para o engenheiro eletricista que não são diretamente evidenciadas na grade do curso, como habilidades de comunicação, avaliação crítica e tomada de decisão.

Os objetivos traçados no plano de estágio não foram executados de forma exata, pois atividades como o auxílio na manutenção e na elaboração de laudos foram postos em segundo plano, tendo em vista novas demandas como a organização de eventos e acompanhamento de visitas técnicas. Entretanto, as atividades realizadas auxiliaram no desenvolvimento e na formação do estudante, como proposto.

Foi dada a oportunidade ao aluno de entrar em contato com o ambiente de pesquisa, com requisições de empresas e com a realização de diversas atividades que asseguram a prática convicta de diversos caminhos na carreira de engenheiro eletricista, seja no meio acadêmico ou no mercado privado.

O trabalho em equipe juntamente àqueles que formam o Laboratório de Alta Tensão também foi essencial. É interessante observar a atuação na 3ª IWADA, pois a participação e auxílio na organização de um evento internacional modifica a visão do estudante de eventos tão importantes.

Torna-se claro que as experiências vivenciadas durante o estágio serão imprescindíveis na atuação do aluno como profissional. Entretanto, diversos problemas, como falhas de comunicação e a participação de forma pouco ativa em algumas atividades são pontos que carecem de melhoras. A autocrítica e identificação desses problemas é, no entanto, o primeiro passo para o crescimento e desenvolvimento do estudante.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410:2004, versão corrigida: Instalações, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7282: Dispositivos Fusíveis de Alta Tensão - Dispositivos tipo expulsão - Requisitos e Métodos de Ensaio, 2011.

CREDER, H. **Instalações Elétricas**. 15ª ed. LTC, Rio de Janeiro, 2007.

DOMINGUES, E. S. Improved Condition Monitoring of Composite Insulators. Universidade de Manchester, 2012 (Dissertação de Doutorado).

ELECTRICAL POWER RESEARCH INSTITUTE (EPRI). Field Guide: Visual Inspection of Polymer Insulators, California - USA, 2006.

LAT. *Laboratório de Alta Tensão*. 2017. Disponível em: <<http://lat.dee.ufcg.edu.br/sobre.html>>. Acesso em: 10 de Maio 2019.

FREY, C. B; OSBORN, M. A. **Will robots take my job?**. Estados Unidos da América. Disponível em: <<https://willrobotstakemyjob.com/>> Acesso em 20 de Abril de 2019.

NORMA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFICADA 001 - ENERGISA, 2017. Disponível em <<https://www.energisa.com.br>> Acesso em 10 de Maio de 2019.

3<sup>rd</sup> INTERNATIONAL WORKSHOP ON ADVANCED DIELECTRICS AND APPLICATIONS (IWADA). Disponível em < <http://iwada2019.rf.gd/?i=1>> Acesso em 18 de Maio de 2019.