

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal  
de Campina Grande

RUI FRANCISCO URTIGA JÚNIOR

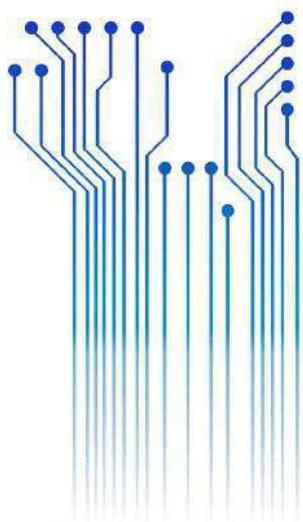


Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO



Departamento de  
Engenharia Elétrica



Campina Grande  
2018

RUI FRANCISCO URTIGA JÚNIOR

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação do Curso 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: Eletrotécnica

Orientador:

Professor George Rossany Soares de Lira, D. Sc.

Campina Grande  
2018

RUI FRANCISCO URTIGA JÚNIOR

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação do Curso 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: Eletrotécnica

Aprovado em        /        /

**Professor Avaliador**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor George Rossany Soares de Lira, D. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho aos meus pais pelo eterno suporte, apoio e compreensão durante toda minha vida, em especial na minha trajetória acadêmica.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço imensamente a Deus, que com sua infinita bondade e misericórdia me guiou durante todo o meu trabalho, minha vida e minhas escolhas. A Ele toda honra, toda glória e todo louvor.

Agradeço à minha mãe Ana, que com o mais profundo e sincero amor e zelo sempre me apoiou e deu forças em minhas escolhas, a meu pai Rui, por ser o maior exemplo de dedicação, força e perseverança e por me ensinar a importância da educação na vida de uma pessoa, e às minhas irmãs Tatiana, Poliana e Luciana pela preocupação e por estarem sempre dispostas a me ajudar. Sem estes seria impossível continuar na caminhada.

Também agradeço aos meus colegas de curso pelo suporte, companhia e ensinamentos ao longo desta jornada.

Por fim, agradeço à equipe do Laboratório de Alta Tensão da UFCG, em especial aos professores George Rossany e André Germano e aos senhores Lenilson Barbosa e Higor Costa pela paciência e o valiosíssimo conhecimento por eles compartilhados durante o estágio.

*“É inútil a sabedoria estudada mas não aplicada.”*

Provérbio Hindu.

## RESUMO

Neste relatório serão descritas as atividades desenvolvidas pelo aluno Rui Francisco Urtiga Júnior durante o Estágio Curricular Supervisionado, com carga horária de 182 horas, realizado no Laboratório de Alta Tensão (LAT) da UFCG. Serão abordadas atividades relativas a ensaios mecânicos e de materiais em isoladores poliméricos, ensaios em isoladores cerâmicos sob poluição média e pesada, desenvolvimento de um dispositivo de partida estrela-triângulo para motor de compressor e projeto de sala de videoconferência.

**Palavras-chave:** Ensaios, Isoladores Poliméricos, Isoladores Cerâmicos, Partida Estrela-Triângulo, Projeto de sala de videoconferência.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Diagrama de ligação da partida estrela-triângulo .....	20
Figura 2 – Compressor Schulz Fort MSWV 60/425 .....	22
Figura 3 – Montagem final da partida estrela-triângulo.....	23
Figura 4 – Montagem do ensaio mecânico inicial.....	25
Figura 5 – Aplicação de líquido penetrante .....	26
Figura 6 – Aplicação de líquido revelador .....	27
Figura 7 – Pontos de penetração do líquido isolante.....	28
Figura 8 – Fotos de ensaio mecânico final.....	29
Figura 9 – Amostras do ensaio de rigidez dielétrica .....	30
Figura 10 – Montagem do ensaio de rigidez dielétrica .....	31
Figura 11 – Amostras dos isoladores cerâmicos tipo pilar 15 kV e 24/35 kV .....	32
Figura 12 – Degradação do isolador 1 classe 15 kV.....	32
Figura 13 – Danos dos isoladores 2 e 3 classe 24/35 kV.....	33
Figura 14 – Arranjo utilizado no ensaio - isoladores classe 15 kV.....	34
Figura 15 – Arranjo utilizado no ensaio - isoladores classe 24/35 kV.....	34
Figura 17 – Projeto da sala de videoconferência do LAT.....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Material utilizado para montagem do acionamento estrela-triângulo .....	23
Tabela 2 – Resultados do ensaio de rigidez dielétrica .....	31
Tabela 3 – Tensão de início da ocorrência de descargas – poluição pesada.....	36
Tabela 4 – Tensão de início da ocorrência de descargas – poluição média.....	37
Tabela 5 – Tensão de início da ocorrência de descargas – poluição pesada.....	37
Tabela 6 – Tensão de início da ocorrência de descargas – poluição média.....	38

# LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS, SÍMBOLOS E

## TERMOS EM INGLÊS

LAT	Laboratório de Alta Tensão
GAT	Grupo de Alta Tensão
CIDA	Canadian International Development Agency
GTZ	German Technical Cooperation Agency
LMEE	Laboratório de Materiais e Equipamentos Elétricos
SAT	Salão de Alta Tensão
LGIC	Laboratório do Gerador de Impulso de Corrente
SKAT	Sala do Kit de Alta Tensão
LDP	Laboratório de Descargas Parciais
LABIS	Laboratório de Isolamento Elétricos
LEASE	Laboratório de Eletrônica Aplicada a Sistemas Elétricos
LSM	Laboratório de Simulações Multifísicas
LQE	Laboratório de Qualidade da Energia
ANBT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para Padronização)
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i> (Comissão Eletrotécnica Internacional)
W	Watt
cv	Cavalo vapor (735,4987 W)
hp	<i>Horse power</i> (745,6999 W)
m	Metro
cm	Centímetro
mm	Miliímetro

A	Ampère
kA	Quiloampère ( $10^3$ A)
V	Volt
kV	Quilovolt ( $10^3$ V)
kVA	Quilovolt ampère
CMN	Carga Mecânica Nominal
kN	Quilonewton
kgf	Quilograma-força
°C	Grau Celsius
kV/s	Quilovolts por segundo
kV/mm	Quilovolts por milímetro
S/m	Siemens por metro

# SUMÁRIO

1	Introdução .....	14
2	Laboratório de Alta Tensão - LAT.....	15
3	Atividades Desenvolvidas .....	19
3.1	Partida Estrela-Triângulo Para Compressor.....	19
3.1.1	Fundamentação Teórica.....	19
3.1.2	Aplicação .....	22
3.1.3	Material Utilizado.....	23
3.1.4	Montagem.....	23
3.2	Ensaio de Isolador Polimérico .....	24
3.2.1	Ensaio Mecânicos .....	25
3.2.2	Ensaio de Materiais.....	29
3.3	Ensaio de Isoladores Cerâmicos .....	31
3.3.1	Arranjo e Equipamentos Utilizados.....	33
3.3.2	Procedimento e Etapa dos Ensaio .....	35
3.3.3	Resultados.....	36
3.4	Projeto da Sala de Videoconferência do LAT .....	39
4	Conclusões .....	40
	Bibliografia .....	41
	Anexo A – Partida Estrela-Triângulo para Compressor.....	42
	Anexo B – Guia de Utilização da Câmara de Névoa .....	45
	Anexo C – Projeto Para Sala de Videoconferência do Laboratório de Alta Tensão.....	57

# 1 INTRODUÇÃO

O presente relatório refere-se ao estágio supervisionado realizado pelo aluno Rui Francisco Urtiga Júnior, do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Laboratório de Alta Tensão (LAT), da mesma instituição. O estágio teve vigência durante o período de 07/05/2018 a 09/07/2018, sob orientação do Professor George Rossany Soares de Lira e supervisão do Professor André Dantas Germano.

O estágio supervisionado teve carga horária de 182 horas, e é uma disciplina integrante da grade curricular do curso de Engenharia Elétrica, indispensável para obtenção do diploma de Engenheiro Eletricista.

## 2 LABORATÓRIO DE ALTA TENSÃO - LAT

O Laboratório de Alta Tensão (LAT) da UFCG atua prioritariamente no apoio às atividades de ensino, pesquisa e extensão da instituição. O LAT também disponibiliza sua infraestrutura ao atendimento de usuários externos, tais como, indústrias locais, peritos judiciais, órgãos da administração pública que necessitem de seus serviços e outras universidades.

O LAT foi fundado em 1975 e passou a ser utilizado por pesquisadores do Grupo de Alta Tensão (GAT) da então Universidade Federal da Paraíba no desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisa. O Grupo era formado na época por professores e pesquisadores brasileiros, europeus, indianos e canadenses. Os pesquisadores estrangeiros tiveram suporte financeiro do governo brasileiro e de agências de fomento estrangeiras como a Canadian International Development Agency (CIDA) e a German Technical Cooperation Agency (GTZ), com as quais obteve diversos equipamentos de alto custo e complexidade, que o permitiram caracterizar-se como o Laboratório mais bem equipado e estruturado do Norte/Nordeste/Centro-Oeste do Brasil, na época. Atualmente, o LAT é reconhecido como um dos laboratórios mais bem estruturados do Brasil, em especial, com relação às Universidades e Instituições de Pesquisa.

Desde sua implantação, o LAT vem interagindo com empresas e entidades do setor produtivo, além de outros grupos de pesquisa da UFCG e de instituições parceiras. Com essas interações, foram produzidas as primeiras dissertações de mestrado e teses de doutorado na área de Sistemas Elétricos/Alta Tensão no Brasil, além de uma grande quantidade de trabalhos técnico-científicos e instrucionais, que viabilizaram a formação e qualificação de centenas de engenheiros ao longo dos anos. Empresas do Setor Elétrico também participam dessa cooperação, buscando participação em Projetos de Pesquisa & Desenvolvimento e soluções para demandas técnicas de empresas.

O LAT possui milhões de dólares investido em equipamentos sofisticados e um corpo técnico formado por docentes-pesquisadores, engenheiros e técnicos dos mais qualificados e experientes. Sua área total construída é cerca de 1.050 metros quadrados.

Nos últimos 25 anos, foi realizado um grande número de ensaios elétricos, de recebimentos e pós-reparos eletromecânicos, além de apoio às pesquisas de desenvolvimento de equipamentos. Várias empresas da região Nordeste, a exemplo da CHESF, PETROBRÁS, CELB, SAELPA, CEAL, JPW, CEMEC, ALCACE, entre outras, têm solicitado os serviços do LAT.

Atualmente, o LAT é composto pelos seguintes ambientes de laboratório (LAT, 2016):

- **Laboratório de Materiais e Equipamentos Elétricos (LMEE):** No LMEE são realizados testes elétricos e magnéticos em materiais e equipamentos empregados no setor elétrico. O LMEE possui fontes de alta tensão, medidores de tangentes de perdas e fator de potência, medidor de rigidez dielétrica, termovisor, entre outros.
- **Salão de Alta Tensão (SAT):** No SAT são realizados testes elétricos de aplicações de tensões até 600 kV AC e 750 kV impulsiva em materiais e equipamentos elétricos. O SAT é composto por uma fonte de tensão em cascata de 600 kV AC, por um gerador de impulso de tensão de 750 kV, além de equipamentos acessórios como divisores de tensão e capacitores padrão. O SAT ocupa cerca de 40% do LAT, devido às dimensões dos equipamentos existentes.
- **Laboratório do Gerador de Impulso de Corrente (LGIC):** No LGIC são realizados ensaios elétricos em equipamentos e sistemas elétricos envolvendo à aplicação de impulsos de corrente de até 100 kA. O LGIC é composto por gerador de impulsos de corrente capaz de gerar correntes impulsivas de até 100 kA e correntes com forma de onda quadrada de até 500 A. Além do gerador, o LGIC possui diversos equipamentos acessórios utilizados na customização e medição dos sinais de corrente.
- **Sala do Kit de Alta Tensão (SKAT):** Na SKAT são realizados ensaios com tensões alternadas, contínuas e impulsivas até 100 kV. Este laboratório é comumente utilizado nas atividades de ensino e pesquisa, quando se está interessado em analisar/obter o comportamento de amostras de materiais e equipamentos elétricos. O principal equipamento do laboratório é o kit de alta tensão, com ele é possível realizar vários tipos de testes com tensões de carregamento de até 100 kV.

- **Laboratório de Descargas Parciais (LDP):** No LDP são realizados ensaios em materiais e equipamentos com o intuito de avaliar a existência de Descargas Parciais, as quais com o tempo danificam permanentemente os isolamentos. O LDP é composto por uma fonte alta tensão e um sistema de medição e detecção de Descargas Parciais.
- **Laboratório de Isolamento Elétricos (LABIS):** No LABIS são realizados ensaios em isolamentos elétricos com a finalidade de detectar falhas nos mesmos que venham a colapsar o sistema elétrico. Além disso, são realizados testes de novos materiais isolantes. O LABIS é composto por fonte de alta tensão, sistemas digitais de aquisição de dados, detector de descarga de corona, entre outros.
- **Laboratório de Eletrônica Aplicada a Sistemas Elétricos (LEASE):** No LEASE são desenvolvidos sistemas de sensoriamento, medição, aquisição, transmissão e processamento de dados aplicados aos sistemas elétricos de potência. O LEASE é composto por bancadas, fontes de tensão e corrente, simuladores, fonte arbitrária de tensão e corrente, qualímetros, componentes eletrônicos diversos, computadores, entre outros.
- **Laboratório de Simulações Multifísicas (LSM):** No LSM são realizadas simulações multifísicas com objetivo de estimar o comportamento térmico, elétrico e magnético de componentes/equipamentos/estruturas físicas, em especial no caso do LAT, dos equipamentos elétricos de potência. Para viabilizar a realização das simulações, o LAT adquiriu a licença do software COMSOL (um dos mais utilizados no mundo para simulações multifísicas) e um computador de médio porte.
- **Laboratório de Qualidade da Energia (LQE):** No LSM são realizados experimentos relacionados com a Qualidade da Energia Elétrica, seus distúrbios e o impacto dos mesmos nos equipamentos e sistemas elétricos.

O LAT também possui várias salas para alunos de graduação (bolsistas de iniciação científica e de projetos de pesquisa; estagiários e concluintes que estejam elaborando monografias), pós-graduação (existem salas para mestrandos e doutorandos); professores (todos os professores com atividades permanentes no LAT possuem sala própria); pesquisadores visitantes (reservadas para receber professores, pesquisadores e alunos de pós- doutorado de outras instituições). Além disso, conta com dois mini-auditórios para realização de aulas, cursos, treinamentos, defesas de dissertações, teses, monografia de final de curso, estágio, entre outras. Cada auditório comporta cerca de 25 pessoas e dispõe de quadro, *datashow* e computador (LAT, 2016).

## 3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Ao longo deste capítulo, são descritas as principais atividades realizadas com a participação do estagiário no LAT, acompanhadas por professores, técnicos e alunos de pós graduação.

Foram realizadas diversas atividades entre desenvolvimento de projetos como por exemplo um dispositivo para partida estrela-triângulo de motor, projeto de uma sala de videoconferência além da realização de ensaios para verificação de suportabilidade a tração mecânica e aspectos de material em isolador polimérico de classe 230 kV e ensaio sob poluição em isoladores cerâmicos tipo pilar classes 15kV e 24/35 kV, que serão mais bem detalhadas nos tópicos que seguem.

### 3.1 PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO PARA COMPRESSOR

Nesta atividade foi realizado o projeto de partida estrela-triângulo do compressor utilizado na Câmara de Névoa do LAT.

#### 3.1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

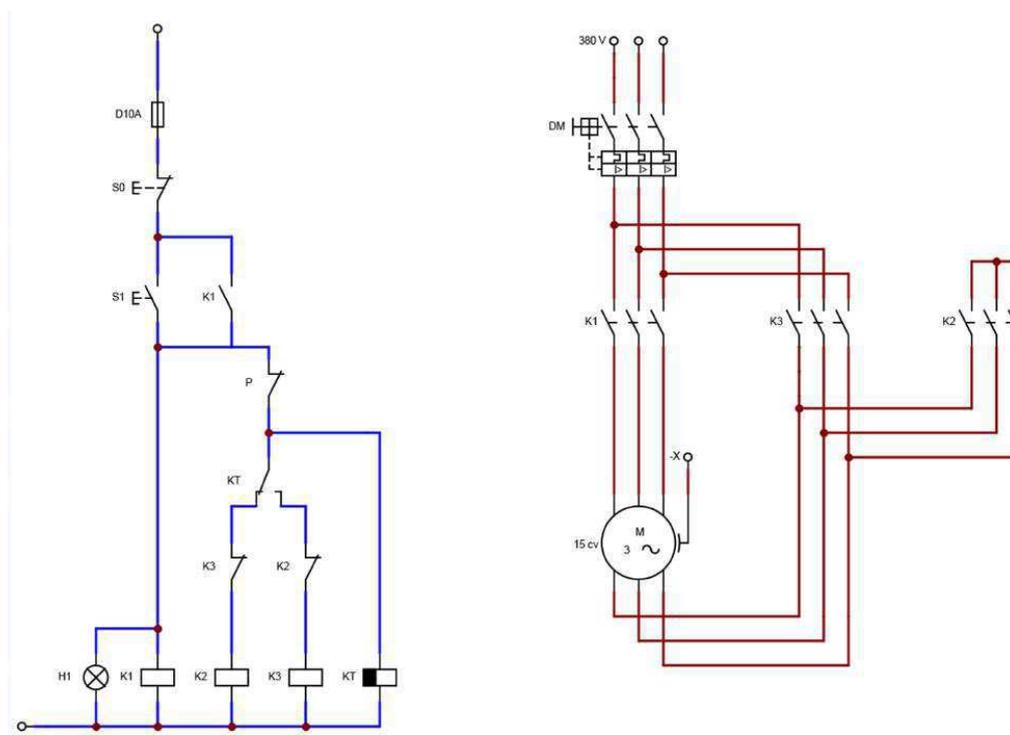
Com o considerável aumento da corrente de partida no acionamento direto de motores, é aconselhável o acionamento indireto para motores na faixa de 10 cv. Dentre os tipos de acionamento indireto o mais comum é a partida estrela-triângulo.

A partida estrela-triângulo (ou Y-Delta) consiste em duas configurações de ligação diferentes que atuam de maneira sequencial, comandadas por um circuito de controle.

Neste tipo de partida, o motor é inicialmente alimentado em Y, com tensão reduzida em 58% da tensão nominal, reduzindo assim a corrente de partida do motor. Após o motor se aproximar da rotação nominal (cerca de 90%) o motor passa a ser alimentado em ligação triângulo e passa a receber na totalidade a tensão nominal. Essa mudança se dá em um determinado tempo previamente configurado no temporizador.

Para a partida estrela-triângulo são necessários três contactores: um para força, um para ligação triângulo e um para ligação estrela. Na Figura 1 é possível observar a representação da ligação. No início do processo, aciona-se os contactores K1 e K2, além do temporizador. Nesse momento o motor é alimentado com a ligação estrela. Após certo tempo, o temporizador atua desenergizando o contactor K2 e energizando o contactor K3, modificando a ligação para triângulo.

Figura 1 – Diagrama de ligação da partida estrela-triângulo



Fonte: Próprio Autor.

A seguir são descritos os componentes utilizados em um acionamento estrela-triângulo.

- Contactores

Os contactores são dispositivos de comando eletromecânico capazes de controlar correntes elevadas através de correntes baixas. São constituídos por uma bobina que quando alimentada cria um campo magnético que atrai seu núcleo móvel e fecha o circuito.

- Temporizador

O temporizador é um relé de tempo e tem como função retardar, em certo tempo configurável, a energização ou desenergização de uma carga. É comumente utilizado no acionamento de motores em partidas estrela-triângulo, tendo um intervalo entre eles de modo a evitar curtos entre suas fases.

- Disjuntor Motor

O disjuntor motor é um dispositivo com função de proteção contra curto-circuito e sobrecarga. Nele pode-se ajustar a corrente para determinada carga a ser utilizada.

- Fusível

Os fusíveis são componentes de circuito de alimentação que tem função de proteger as linhas alimentadoras e os dispositivos de controle contra curto-circuito, atuando como limitadores de corrente.

Em seu interior, o fusível possui um fio ou uma lâmina geralmente de cobre, prata, estanho, chumbo ou liga, com uma determinada corrente nominal. Quando ocorre uma elevada corrente, na ordem de 10 vezes a corrente nominal, por exemplo, o fio funde, abrindo o circuito mecanicamente, protegendo o restante dos componentes do circuito contra a corrente elevada.

- Relé Térmico de Sobrecarga

Os relés térmicos de sobrecarga tem como função proteger a carga contra aquecimento indevido causado por sobrecarga ou falta de fase. A elevação de corrente faz com que o mecanismo de disparo seja acionado sobre os contatos auxiliares, que desligam a carga por meio de um contactor.

- Motores Elétricos

Motores elétricos são dispositivos que transformam energia elétrica em energia mecânica. Num motor, a presença de corrente elétrica, seja contínua ou alternada, provoca movimento em um eixo e daí a energia mecânica é aproveitada em diversas aplicações.

Os motores podem ser divididos em duas categorias:

- i. Motores DC: Alimentados por corrente contínua. Geralmente utilizados em aplicações que exigem controle preciso de velocidade.
- ii. Motores AC: Alimentados por corrente alternada. Mais comumente utilizado em diversas aplicações.

- Botoeiras

As botoeiras dispositivos de comando manuais que tem como função estabelecer ou interromper a carga em um circuito de comando.

### 3.1.2 APLICAÇÃO

Foi requisitado ao estagiário e a demais membros do LAT a montagem de um dispositivo de acionamento estrela-triângulo para auxiliar na ligação do novo compressor da Câmara de Névoa.

O compressor é da marca Schulz, com motor de 15 hp e é utilizado na pressurização dos tanques de água e nos bicos de ar que compõem o sistema de névoa da câmara.

Figura 2 – Compressor Schulz Fort MSWV 60/425



Fonte: <https://www.schulz.com.br/produto/fort-mswv-60425/>. Acesso em Junho de 2018

### 3.1.3 MATERIAL UTILIZADO

Na Tabela 1 estão listados os materiais utilizados na montagem.

Tabela 1 – Material utilizado para montagem do acionamento estrela-triângulo

<b>Descrição</b>	<b>Quant.</b>
Botão liga e desliga conjugado	1
Caixa de montagem com fecho e flange 30x20x20cm	1
Contactora 18A, 380V - Comando 220V - 2 NA - 2 NF	2
Contactora 9A, 380V - Comando 220V - 2 NA - 2 NF	1
Disjuntor motor termomagnético 32A, 380V - Ajuste de 20-25A	1
Disjuntor termomagnético tripolar 32A - Classe C	1
Tomada Industrial Fêmea 3P + T 380VAC 32A	1
Tomada Industrial Macho 3P + T 380VAC 32A	1
Cabo 6 mm (metro)	40

Fonte: Próprio Autor.

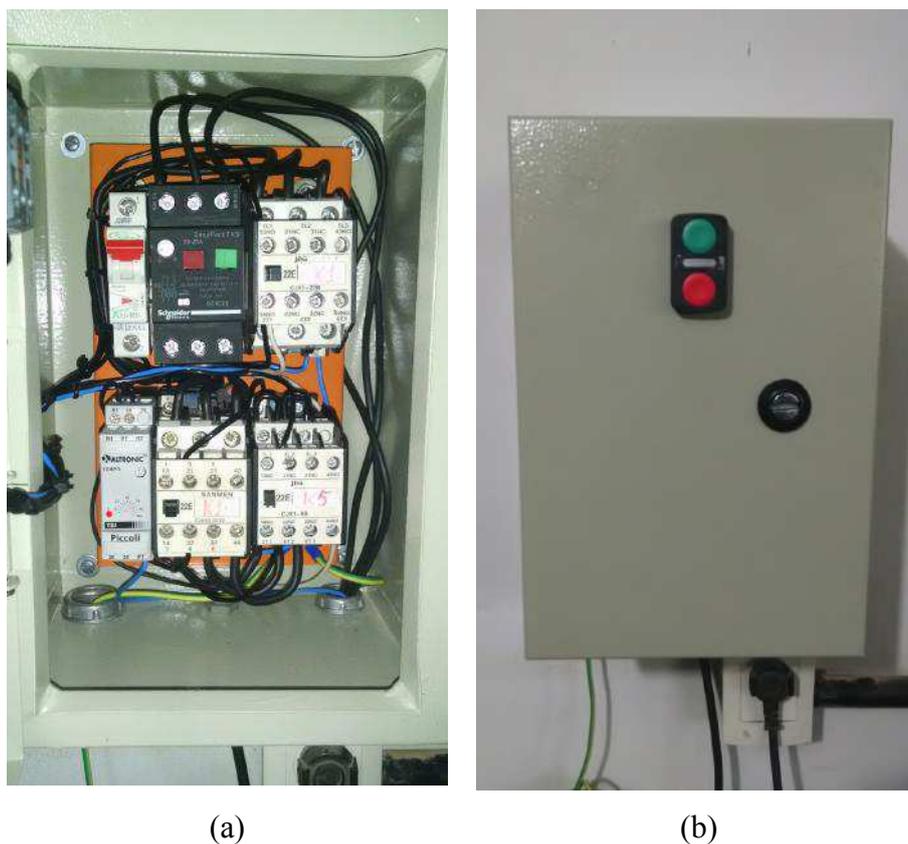
O memorial de cálculo para dimensionamento do material utilizado e o esquema de ligação encontram-se no Anexo A.

### 3.1.4 MONTAGEM

A montagem foi realizada seguindo o esquema de ligação contido no Anexo A. O resultado final da montagem pode ser observado na Figura 3.

Figura 3 – Montagem final da partida estrela-triângulo

(a) Interior da caixa de montagem (b) Caixa de montagem finalizada



Fonte: Próprio Autor.

## 3.2 ENSAIO DE ISOLADOR POLIMÉRICO

Durante esta atividade foram realizados ensaios em um isolador polimérico com classe de isolamento de 230 kV.

Foram realizados diversos ensaios para avaliação da suportabilidade do isolador considerando aspectos elétricos, de material e mecânico.

Por questões de divergência de horários, o estagiário compareceu apenas a alguns ensaios que serão descritos nos tópicos seguintes.

### 3.2.1 ENSAIOS MECÂNICOS

Os ensaios mecânicos tem como objetivo verificar o comportamento da estrutura e sua integridade durante e depois da aplicação de tensão mecânica. Os ensaios a seguir foram realizados em conformidade com as prescrições da norma ANBT NBR 15122.

#### 3.2.1.1 ENSAIO MECÂNICO INICIAL

Neste ensaio, foi aplicada uma tração de 70% da CMN (Carga Mecânica Nominal – 5 kN) entre os terminais integrantes do isolador. Em seguida, a tração foi mantida por 96 horas, conforme especificado pela norma.

Na Figura 4 (a) é apresentado o arranjo do ensaio com o isolador tracionado com a carga mecânica de 3,5 kgf. Na Figura 4 (b) é apresenta em detalhe o dinamômetro marcando a carga mecânica durante o ensaio. Vale destacar que na 4 (b) o dinamômetro está a marcar 4,1 kgf, a diferença de 0,6 kgf (entre 4,1 kgf e 3,5 kgf) se deve ao valor inicial marcado pelo dinamômetro devido ao peso do arranjo, conforme apresentado na Figura 4. O isolador foi aprovado no ensaio mecânico inicial, de acordo com o especificado pela norma ABNT NBR 15122.

Figura 4 – Montagem do ensaio mecânico inicial



(a)



(b)

Fonte: LAT, 2018.

### 3.2.1.2 APLICAÇÃO DE CORANTE

Neste ensaio, ambas as extremidades do isolador são submetidas à verificação de fraturas no revestimento que por ventura possam ocorrer após o ensaio mecânico inicial.

Para realizar essa verificação, é utilizado o método de penetração de corante, em conformidade com ISO 3452. A região a ser pesquisada abrange o comprimento completo da interface entre o revestimento e o terminal integrante e inclui uma área adicional, suficientemente extensa, além da extremidade do terminal integrante.

O ensaio consistiu na aplicação de uma solução corante na região, seguido de um tempo de espera de 20 minutos para ação da solução, conforme pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Aplicação de líquido penetrante

(a) ferragem terra e (b) ferragem fase



(a)

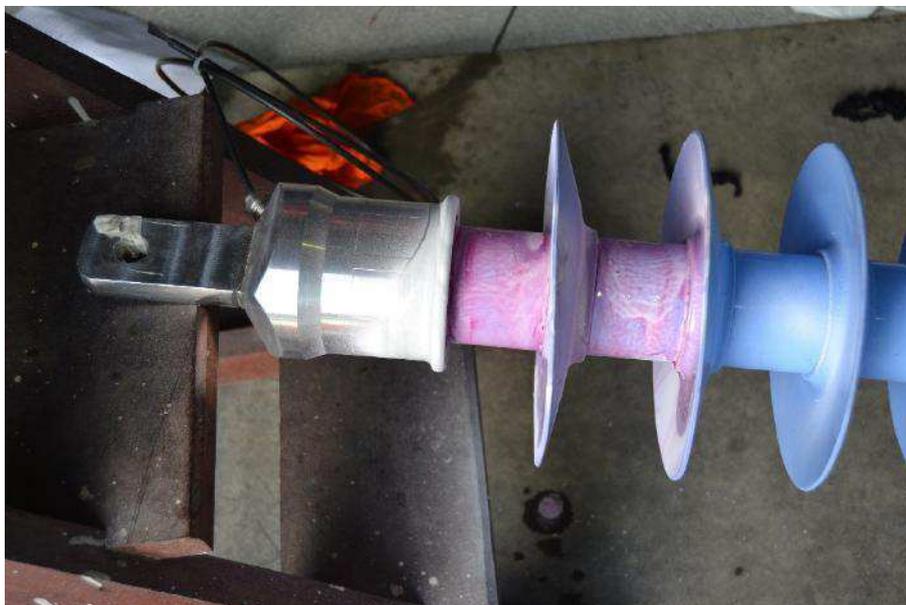


(b)

Fonte: LAT, 2018.

Após os 20 minutos de aguardo, foi aplicado o líquido revelador e o isolador foi então inspecionado. Na Figura 6 é possível observar, indicado pela coloração roxa mais intensa, os locais onde ocorreram micro fraturas.

Figura 6 – Aplicação de líquido revelador  
(a) ferragem terra e (b) na ferragem fase



(a)



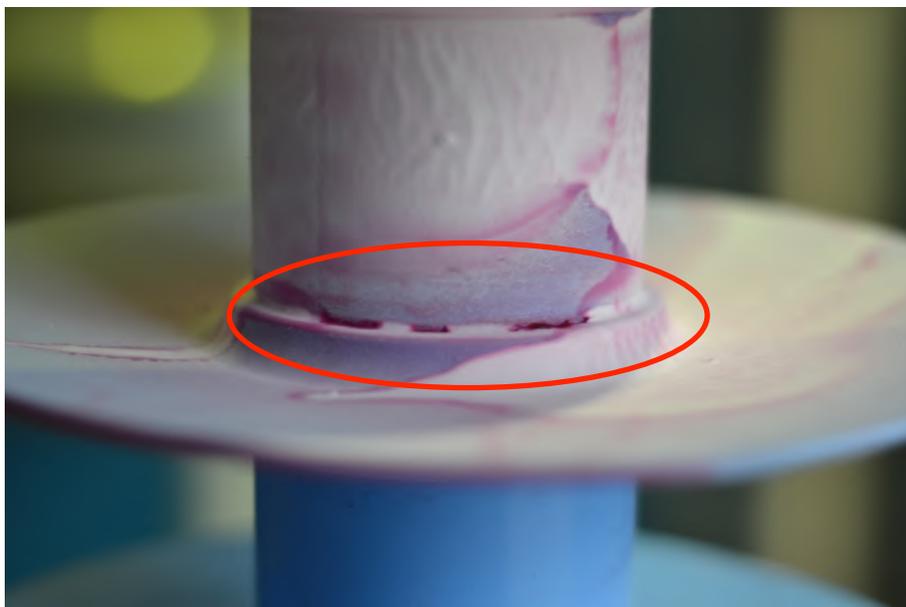
(b)

Fonte: LAT, 2018.

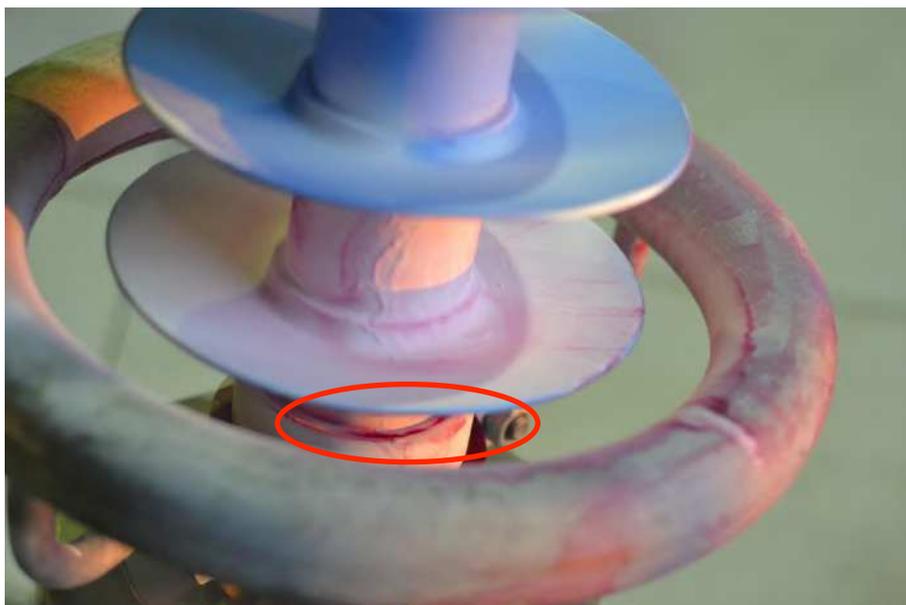
Na Figura 7 apresentada a seguir, é possível observar que nenhuma fissura foi verificada no revestimento do isolador, apenas os pontos que unem o revestimento às

ferragens e as aletas ao revestimento apresentaram destaque pelo líquido. Sendo assim, o isolador foi aprovado neste ensaio pois não apresentou fissura no ato da verificação.

Figura 7 – Pontos de penetração do líquido isolante  
(a) ferragem terra e (b) na ferragem fase



(a)



(b)

Fonte: LAT, 2018.

### 3.2.1.3 ENSAIO MECÂNICO FINAL

Neste ensaio, o isolador foi submetido a sua CMN total durante um tempo de 90 segundos, em conformidade com os critérios previstos pela norma ABNT NBR 15122.

Figura 8 – Fotos de ensaio mecânico final

(a) isolador sob a carga mecânica e (b) marcação da carga mecânica durante o ensaio



(a)



(b)

Fonte: LAT, 2018.

Na Figura 8 (a) é apresentado o isolador durante o ensaio mecânico final. Na Figura 8 (b) é apresentada a marcação do dinamômetro utilizado na medição do ensaio. Novamente a diferença de 0,6 kgf é devido ao esforço inicial do arranjo sobre o dinamômetro. O isolador foi aprovado no ensaio mecânico final.

### 3.2.2 ENSAIOS DE MATERIAIS

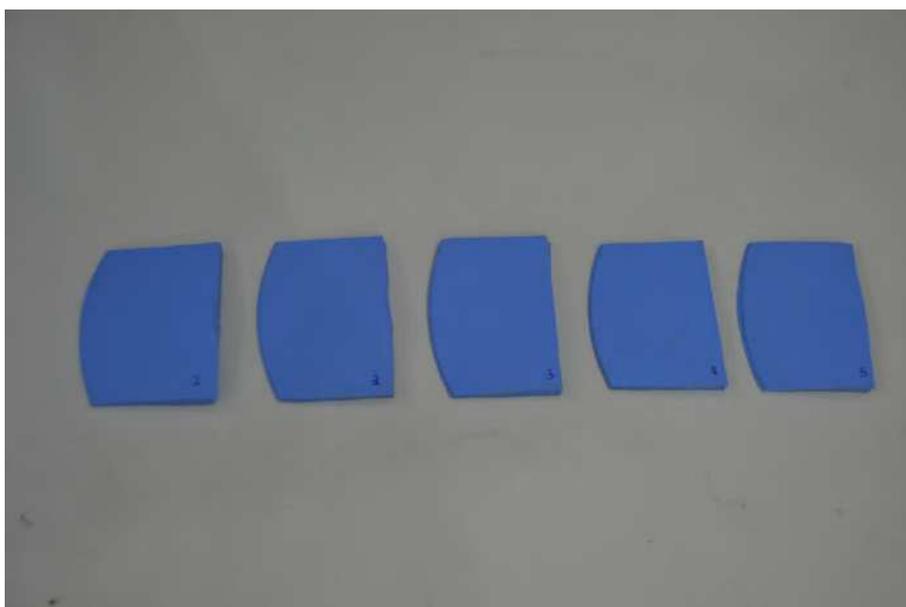
Os ensaios de materiais tem como objetivo verificar o comportamento do material e sua integridade durante e depois da aplicação de tensão elétrica. O ensaio a

seguiu foi realizado em conformidade com as prescrições das normas NBR 15122, ABNT NBR 15643 e ASTM D149.

### 3.2.2.1 ENSAIO RIGIDEZ DIELÉTRICA

Para este ensaio, são colhidos um conjunto de 6 corpos de prova apresentados na Figura 9. Os corpos tem dimensões de 60 x 60 mm e espessuras variadas devido a dificuldade no corte uniforme no isolador.

Figura 9 – Amostras do ensaio de rigidez dielétrica



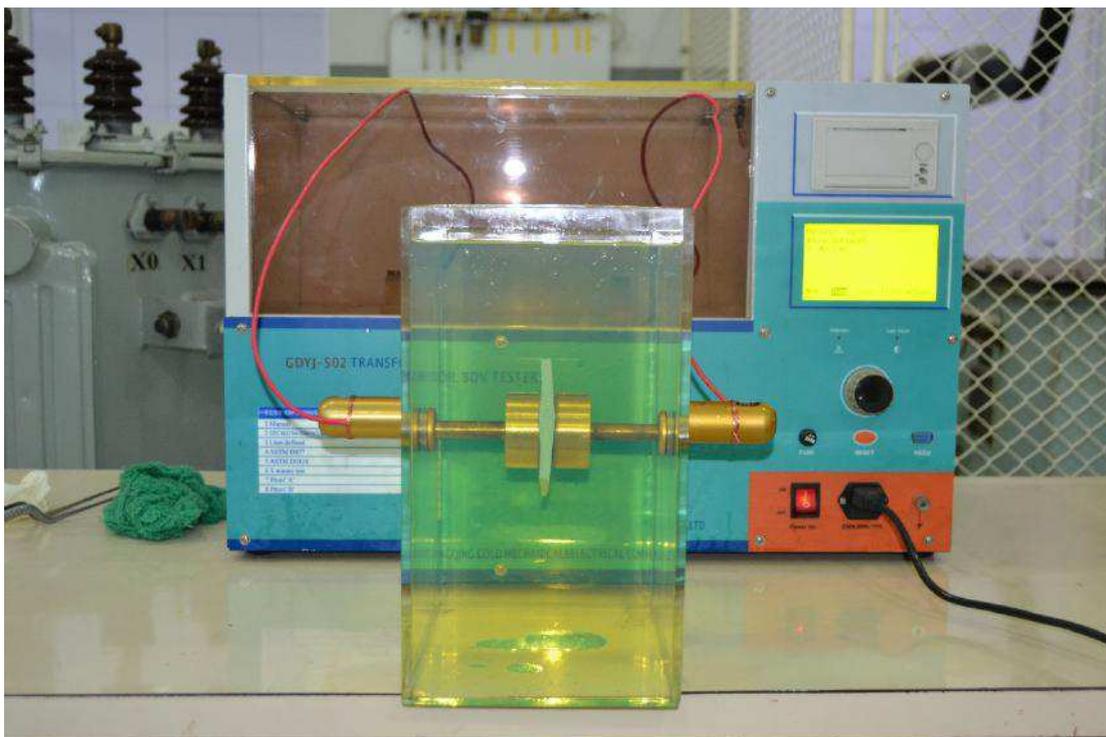
Fonte: LAT, 2018.

As amostras foram colocadas em um ambiente com temperatura de 24 °C e umidade relativa de 50% durante um período de 24 horas e então foram colocadas em um ambiente fechado até a realização do ensaio.

Durante a realização do ensaio, cada uma das amostras foi imersa em óleo isolante dentro de uma cuba e fixada entre eletrodos, conforme é observado na Figura 10. Nos eletrodos é aplicada uma tensão, que é elevada a uma taxa de 3 kV/s para que a ruptura ocorra entre 10 e 20 segundos, conforme estabelecido pela norma ASTM D149.

As espessuras das amostras são tomadas com o auxílio de um micrometro no local exato onde a ruptura ocorreu. As amostras devem apresentar valores acima de 10 kV/mm, de acordo com a norma ABNT NBR 15122.

Figura 10 – Montagem do ensaio de rigidez dielétrica



Fonte: LAT, 2018.

Os resultados do ensaio de rigidez dielétrica encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de rigidez dielétrica

Nº	Espessura	Tensão Medida	Rigidez dielétrica	Situação
1	4,6 mm	52,3 kV	11,4 kV/mm	APROVADO
2	4,65 mm	56,4 kV	12,1 kV/mm	APROVADO
3	4,7 mm	50,1 kV	10,7 kV/mm	APROVADO
4	4,9 mm	51,6 kV	10,5 kV/mm	APROVADO
5	4,6 mm	52,3 kV	11,4 kV/mm	APROVADO

Fonte: LAT, 2018.

### 3.3 ENSAIO DE ISOLADORES CERÂMICOS

Como parte do trabalho, o estagiário elaborou um guia para utilização da câmara de névoa, o qual pode ser encontrado no Anexo B. De posse do guia, foram realizadas atividades de ensaio em isoladores cerâmicos sob poluição artificial gerada no ambiente da câmara de névoa.

Foram ensaiadas três amostras de isoladores cerâmicos tipo pilar classe 15 kV e três amostras de isoladores cerâmicos tipo pilar classe 24/35 kV recebidos pelo Laboratório de Alta Tensão da UFCG. Na Figura 11 tem-se as fotografias dos isoladores no ambiente de ensaio.

Figura 11 – Amostras dos isoladores cerâmicos tipo pilar  
(a) classe 15 kV (b) classe 24/35 kV.



Fonte: LAT, 2018.

Por ocasião do recebimento, verificou-se que os isoladores 1, 2 e 3 classe 15 kV apresentavam pequenos arranhões e emendas nas aletas. Especificamente, o isolador 1 apresentava degradação severa na ferragem terra, conforme pode ser visualizado na Figura 12.

Figura 12 – Degradação do isolador 1 classe 15 kV.



Fonte: LAT, 2018.

Também foi verificado que os isoladores 1 e 2 classe 24/35 kV apresentavam aletas quebradas, provavelmente, em função de problemas durante o transporte. Os danos destacados podem ser visualizados na Figura 13.

Figura 13 – Danos dos isoladores 2 e 3 classe 24/35 kV.



Fonte: LAT, 2018.

O ensaio foi realizado em conformidade com as prescrições das normas ABNT NBR 5032, ABNT NBR 10621, ABNT IEC TS60815 e IEC 507.

### 3.3.1 ARRANJO E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

Para cada classe de tensão nominal foram utilizadas três amostras de isoladores tipo pilar. Os isoladores de uma mesma classe de tensão, por sua vez, foram fixados a uma cruzeta polimérica, suspensa por bases isolantes, de forma que o eixo dos isoladores ficasse alinhado com as duas colunas de nebulizadores. O isolador central foi colocado no centro da câmara de névoa e os demais foram colocados simetricamente a 0,5 m em ambos os lados dele. A ferragem fase de cada isolador foi, então, aterrada indiretamente por meio de um resistor *shunt*, no qual foram realizadas medições para acompanhamento da elevação das correntes de fuga.

Foram utilizados 4 nebulizadores em cada coluna, conforme a ABNT NBR 10621. Os nebulizadores foram alimentados com ar filtrado, na pressão relativa especificada e regulados para produzir névoa na vazão estabelecida pela NBR supracitada.

Nas Figuras 14 e 15 são apresentadas fotografias dos arranjos utilizados para a realização do ensaio.

Figura 14 – Arranjo utilizado no ensaio – isoladores classe 15 kV



Fonte: LAT, 2018.

Figura 15 – Arranjo utilizado no ensaio - isoladores classe 24/35 kV.



Fonte: LAT, 2018.

Foram utilizados os seguintes equipamentos para a realização do ensaio:

- Transformador de Alta Tensão: 120 kV / 10 kVA;
- Divisor resistivo/capacitivo, 82/1;
- Ponta de prova de alta tensão;
- Osciloscópio digital, com resolução de 12 bits e taxa de aquisição de 1 milhão de amostras por segundo.

### 3.3.2 PROCEDIMENTO E ETAPA DOS ENSAIOS

Os procedimentos descritos a seguir foram realizados no processo de ensaio dos isoladores.

#### 3.3.2.1 ISOLADORES CLASSE 15 kV

- a) Inicialmente os isoladores foram limpos/lavados com água corrente;
- b) As amostras foram submetidas à névoa uniforme, com o fluxo da solução em cada nebulizador de 0,5l/min;
- c) Elevou-se a tensão aplicada aos isoladores a fim de se atingir 8,66 kV, maior tensão fase-terra correspondente a classe de tensão de 15 kV;
- d) A água foi dosada com cloreto de sódio (sal comercial) para que atingisse o nível de condutividade média e pesado requerido por norma, 3,0 S/m e 5,6 S/m respectivamente;
- e) Ao término da aplicação da névoa, com cada nível específico de poluição, os isoladores foram lavados com água corrente;
- f) Durante a aplicação da tensão, a corrente de fuga foi mensurada nos objetos de teste individualmente.

#### 3.3.2.2 ISOLADORES CLASSE 24/35 kV

- a) Inicialmente os isoladores foram limpos/lavados com água corrente;
- b) As amostras foram submetidas à névoa uniforme, com o fluxo da solução em cada nebulizador de 0,5 l/min;
- c) Elevou-se a tensão aplicada aos isoladores a fim de se atingir 13,86 kV, maior tensão fase-terra correspondente a classe de tensão de 24/35 kV;

- d) A água foi dosada com cloreto de sódio (sal comercial) para que atingisse o nível de condutividade pesado e médio requerido por norma, 5,6 S/m e 3,0 S/m, respectivamente;
- e) Ao término da aplicação da névoa, com cada nível específico de poluição, os isoladores foram lavados com água corrente;
- f) Durante a aplicação da tensão, a corrente de fuga foi mensurada nos objetos de teste individualmente.

### 3.3.3 RESULTADOS

Durante o ensaio foi feita observação visual e acompanhamento oscilográfico da evolução da corrente de fuga e da ocorrência de descargas nos isoladores sob névoa.

#### 3.3.3.1 ISOLADORES CLASSE 15 kV

Na Tabela 3 são apresentados os níveis de tensão correspondentes ao início das ocorrências de descargas disruptivas nos isoladores classe 15 kV, ensaiados sob poluição pesada (5,6 S/m).

Tabela 3 – Tensão de início da ocorrência de descargas – poluição pesada.

Isolador	Tensão (kV)
Isolador 1	4,76 kV
Isolador 2	4,76 kV
Isolador 3	5,54 kV

Com o intuito de avaliar a suportabilidade dos isoladores ensaiados frente a nível de poluição menor, o ensaio foi refeito para um nível de poluição médio (3,0 S/m). No entanto, novamente foram observadas descargas nas três amostras de isoladores. Na Tabela 4, são apresentados os níveis de tensão correspondentes ao início das ocorrências de descargas disruptivas nos isoladores classe 15 kV, ensaiados sob poluição média.

Tabela 4 – Tensão de início da ocorrência de descargas – poluição média.

Isolador	Tensão (kV)
Isolador 1	5,43 kV
Isolador 2	5,43 kV
Isolador 3	5,54 kV

As amostras de isoladores classe 15 kV apresentaram falhas de isolamento, com elevada atividade de descargas, após o início do ensaio de suportabilidade em névoa salina para as condições de poluição pesada e poluição média. As descargas verificadas concentravam-se, principalmente, nas aletas superiores, isto é, nas proximidades do cabo fase. Portanto, as amostras testadas não suportam a tensão nominal face as condições de poluição ensaiadas e por isso foram reprovadas de acordo com as normas supracitadas.

### 3.3.3.2 ISOLADORES CLASSE 24/35 kV

Na Tabela 5 são apresentados os níveis de tensão correspondentes ao início das ocorrências de descargas disruptivas nos isoladores classe 24/35 kV, ensaiados sob poluição pesada (5,6 S/m).

Tabela 5 – Tensão de início da ocorrência de descargas – poluição pesada.

Isolador	Tensão (kV)
Isolador 1	6,98 kV
Isolador 2	6,98 kV
Isolador 3	6,98 kV

Com o intuito de avaliar a suportabilidade dos isoladores ensaiados frente a nível de poluição menor, o ensaio foi refeito para um nível de poluição médio (3,0 S/m). No entanto, novamente foram observadas descargas nas três amostras de isoladores. Na Tabela 6, são apresentados os níveis de tensão correspondentes ao início das ocorrências de descargas disruptivas nos isoladores classe 24/35 kV, ensaiados sob poluição média.

Tabela 6 – Tensão de início da ocorrência de descargas – poluição média.

Isolador	Tensão (kV)
Isolador 1	8,64 kV
Isolador 2	8,64 kV
Isolador 3	8,64 kV

As amostras de isoladores classe 24/35 kV apresentaram falhas de isolamento, com elevada atividade de descargas, após o início do ensaio de suportabilidade em névoa salina para as condições de poluição pesada e poluição média. As descargas verificadas concentravam-se, principalmente, nas aletas superiores, isto é, nas proximidades do cabo fase. Portanto, as amostras testadas não suportam a tensão nominal face as condições de poluição ensaiadas e por isso foram reprovadas de acordo com as normas supracitadas.

Em resumo, as amostras dos isoladores classe 15 kV e dos isoladores classe 24/35 kV foram reprovadas por apresentarem descargas nos ensaios de poluição média e poluição pesada.

### 3.4 PROJETO DA SALA DE VIDEOCONFERÊNCIA DO LAT

Durante o estágio, foi requisitado ao estagiário o projeto de uma sala de videoconferência a ser instalada nas dependências do LAT. Através de pesquisas realizadas sobre projetos desse tipo, chegou-se num modelo cujo projeto encontra-se no Anexo C. Vale ressaltar que este não representa o projeto finalizado, no entanto contém informações que podem contribuir com o projeto final da sala.

Na Figura 17 tem-se uma sugestão do projeto da sala de videoconferência do LAT, realizado no software Sketchup®.

Figura 17 – Projeto da sala de videoconferência do LAT



Fonte: Próprio Autor.

## 4 CONCLUSÕES

O trabalho realizado foi de grande importância ao estagiário por contribuir com o desenvolvimento de caráter prático e teórico, que por meio da realização de atividades de acompanhamento aprofundou os conhecimentos através do desenvolvimento de projetos requisitados, realização de ensaios em isoladores poliméricos e cerâmicos e familiarização com aplicação de normas.

O acompanhamento das pesquisas proporcionou ao estagiário a integração dos conhecimentos adquiridos ao longo da graduação da teoria com a prática, além de fornecer um contato com a pós graduação, algo indispensável para o aumento dessa rede de conhecimento motivando ainda mais para se empenhar em outros trabalhos.

As contribuições técnicas do estágio para o aluno foram: conhecimento de isoladores poliméricos e cerâmicos e suas normas de ensaio, conhecimento mais aprofundado sobre o funcionamento dos equipamentos do laboratório utilizado nos ensaios, além da experiência com trabalho em equipe.

Conclui-se, portanto, que o objetivo da realização do estágio foi alcançado com sucesso, visto que o aluno conseguiu colocar em prática os conhecimentos teóricos, adquirir experiência e aprimorar sua desenvoltura no âmbito profissional, utilizando as disciplinas vistas durante a graduação, como Materiais Elétricos, Instalações Elétricas, Equipamentos Elétricos entre outras.

## BIBLIOGRAFIA

FRANCHI, Claiton Moro. Acionamentos elétricos. 3. ed. São Paulo: Érica, 2008.

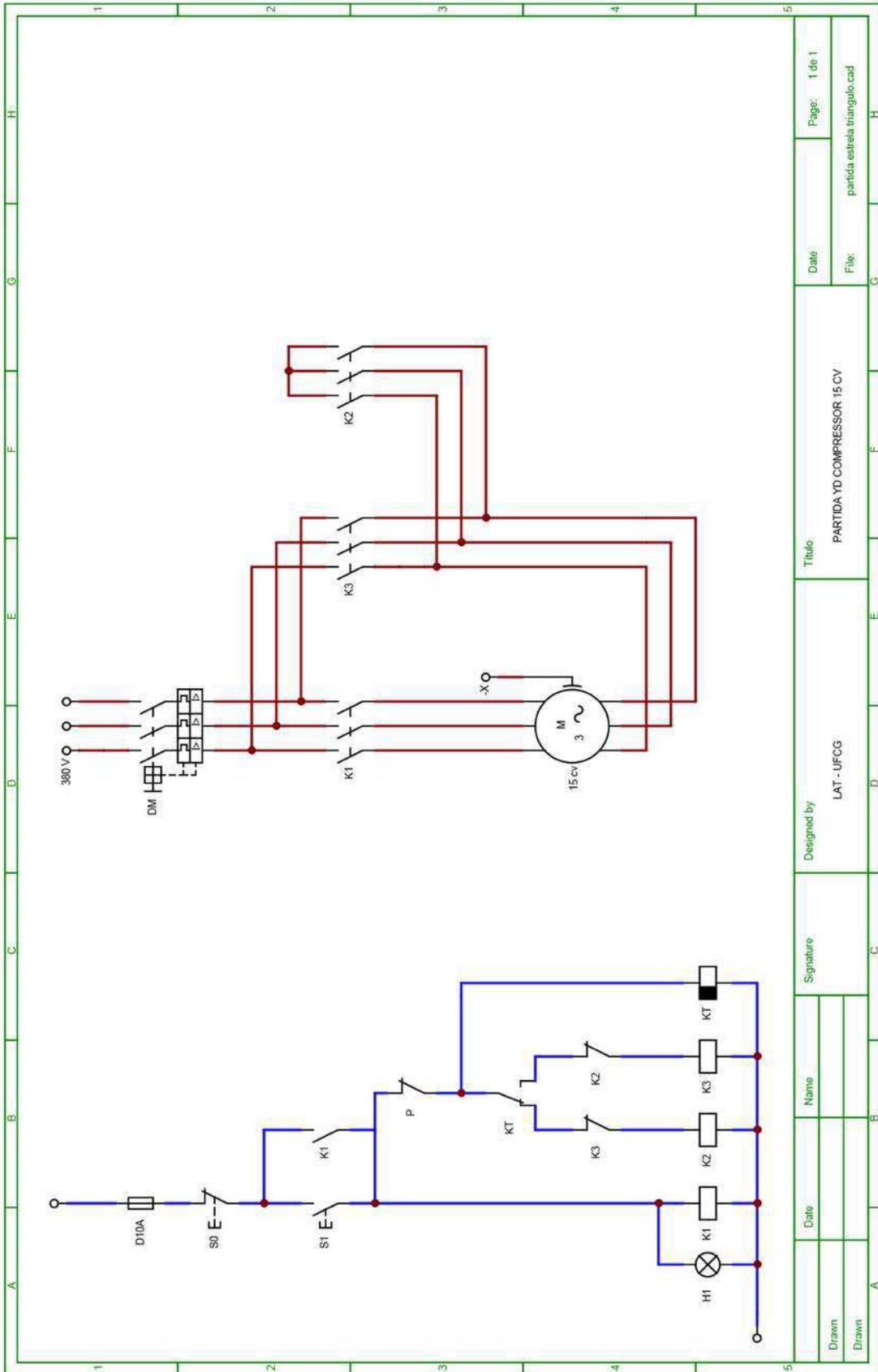
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. IEC/TS 60815-3 Seleção e dimensionamento de isoladores para alta-tensão para uso sob condições de poluição Parte 3: Isoladores poliméricos para sistemas de corrente alternada, 2014.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15643 Isoladores poliméricos para uso interno e externo com tensão nominal acima de 1 000 V — Ensaio de projeto, 2014.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15121 Isolador para alta-tensão – Ensaio de medição da radiointerferência, 2004.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15122 Isoladores para linhas aéreas — Isoladores compostos tipo suspensão e tipo ancoragem, para sistemas em corrente alternada com tensões nominais acima de 1 000 V — Definições, métodos de ensaio e critério de aceitação, 2013.

ANEXO A – PARTIDA ESTRELA-TRIÂNGULO PARA  
COMPRESSOR



Drawn	Name	Signature	Designed by	Título:		Date	Page: 1 de 1
Drawn			LAT - UFGG	PARTIDA YD COMPRESOR 15 CV		File:	partida estreaa triangulo.cad

## Memorial de cálculo

Corrente nominal:

$$I_N(380V) = 21,5 A$$

$$F.S = 1,15$$

Contactores:

- K2 = K3 ( $\Delta$ )

$$I_{K2} = 21,5 * 1,15 * 0,58 = 14,34 A$$

$$I_{K2} = I_{K3} = 18 A$$

- K1 (Y)

$$I_{K1} = \frac{21,5}{3} = 7,17 A$$

$$I_{K1} = 9 A$$

Disjuntor:

$$I_N' = 21,5 * 1,15 = 24,72 A$$

$I_P = 8,2 I_N = 176,4 A \rightarrow$  Curva C: Partida até em 1,5 segundos.

Escolhido disjuntor de 32 A

Relé sobrecarga:

$$I_R = I_{K2} = 14,34 A$$

Escolhido relé 11 – 17 A

Disjuntor motor:

32 A, 20 – 25 A

Cabo:

Cabo 6mm<sup>2</sup>

ANEXO B – GUIA DE UTILIZAÇÃO DA CÂMARA DE  
NÉVOA

## 1. Apresentação

A Câmara de Névoa faz parte do Laboratório de Alta Tensão (LAT) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e tem como finalidade oferecer as condições necessárias para ensaios em ambiente de névoa ou chuva em equipamentos que compõem um sistema de potência.



## 2. Componentes da Câmara de Névoa

A seguir são listados as partes que compõem o sistema da câmara de névoa.

### 2.1 Tanques

Os tanques são enchidos de água manualmente e são responsáveis por armazenar água pressurizada pelo compressor.



## 2.2 Compressor

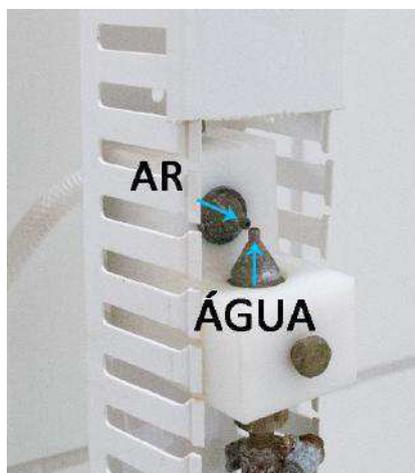
O compressor utilizado na câmara de névoa é o Schulz Fort MSWV 60/425



## 2.3 Bicos

Os bicos tem a finalidade de expelir tanto o ar comprimido vindo do compressor quanto a água pressurizada dos tanques, formando a névoa. A Câmara de Névoa dispõe de bicos para realização de ensaios segundo as normas da IEC e também da ABNT.

Para ensaios segundo as normas IEC, os bicos utilizados estão dispostos em forma de coluna de modo a espalhar melhor a névoa no ambiente da câmara. Já para ensaios segundo as normas da ABNT, os bicos estão dispostos no teto da câmara. Há também os bicos utilizados para simulação de chuva.



Par de bicos para névoa  
(IEC)



Bico para névoa (ABNT)



Bico para chuva

A câmara contém 14 pares de bicos para névoa, 7 no lado esquerdo e 7 no lado direito, dispostos da seguinte maneira:



## 2.4 Conectores

Os conectores são utilizados para fazer a ligação do meio interno da câmara com o meio externo onde serão medidas as correntes de fuga com os instrumentos de medição adequados durante os ensaios.



## 2.5 Transformador

O transformador da utilizado na câmara de névoa é de 120 kV / 10 kVA onde seu terminal secundário é inserido dentro do ambiente da câmara através de uma bucha de alta tensão. O sistema conta com um divisor capacitivo com relação de 82/1.



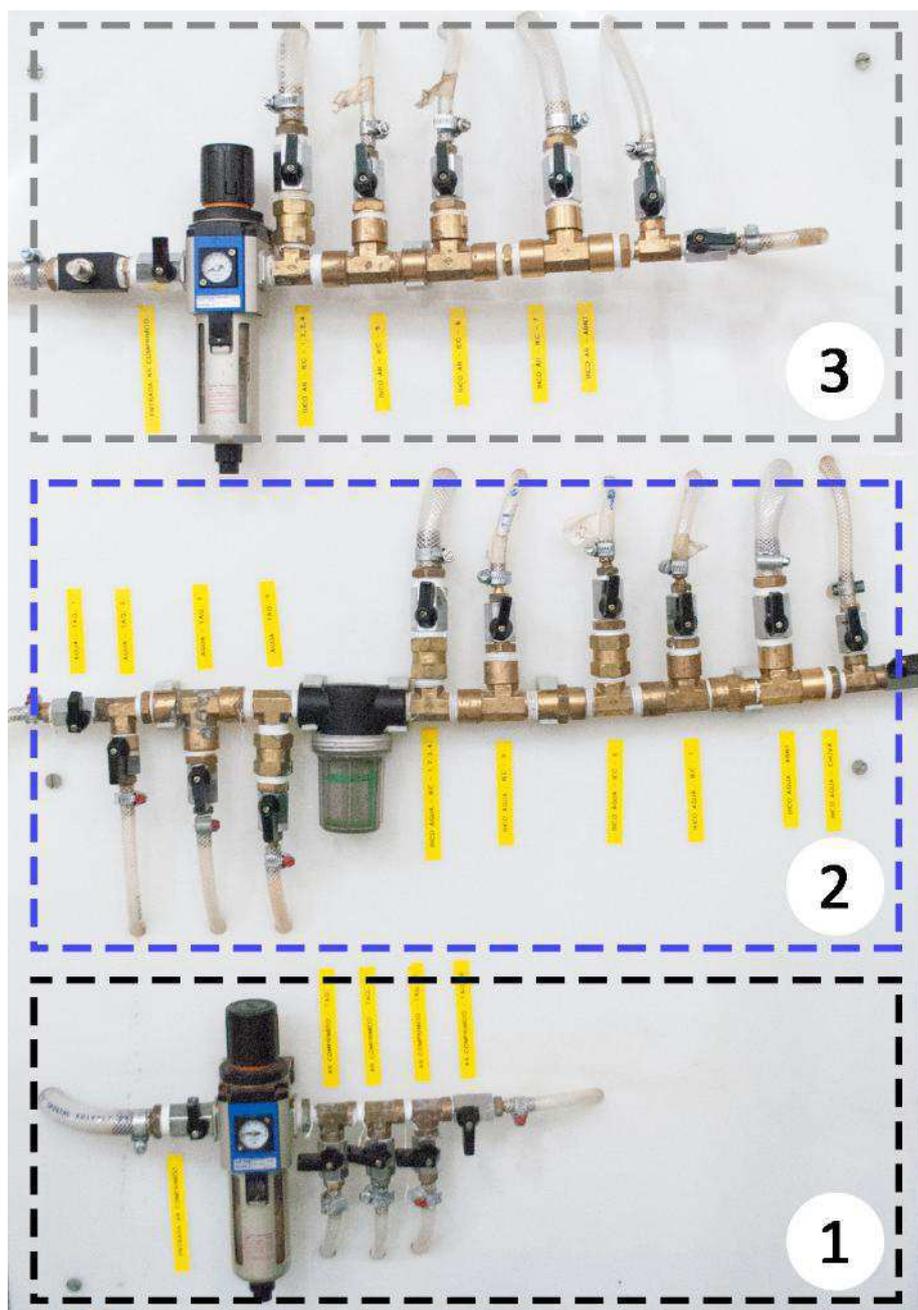
## 2.6 Painel de controle de válvulas

É a parte que contém todas as válvulas de controle necessárias para o funcionamento da câmara.

## 3. Funcionamento

A seguir será descrito o funcionamento das válvulas do painel de controle.

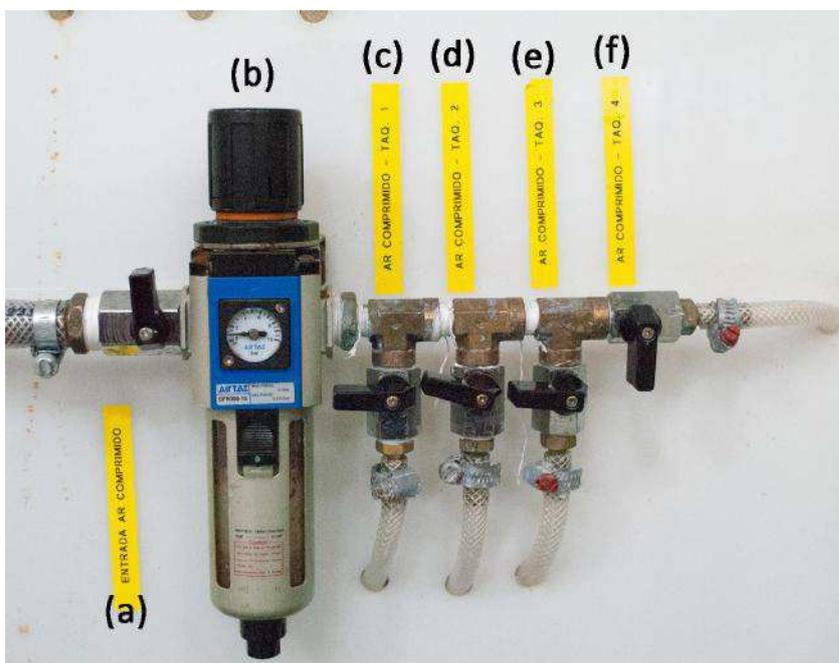
O painel divide-se em três seções, cada uma com uma finalidade de controle.



- 1) Controle de ar nos tanques
- 2) Controle de saída de água nos bicos
- 3) Controle de saída de ar nos bicos

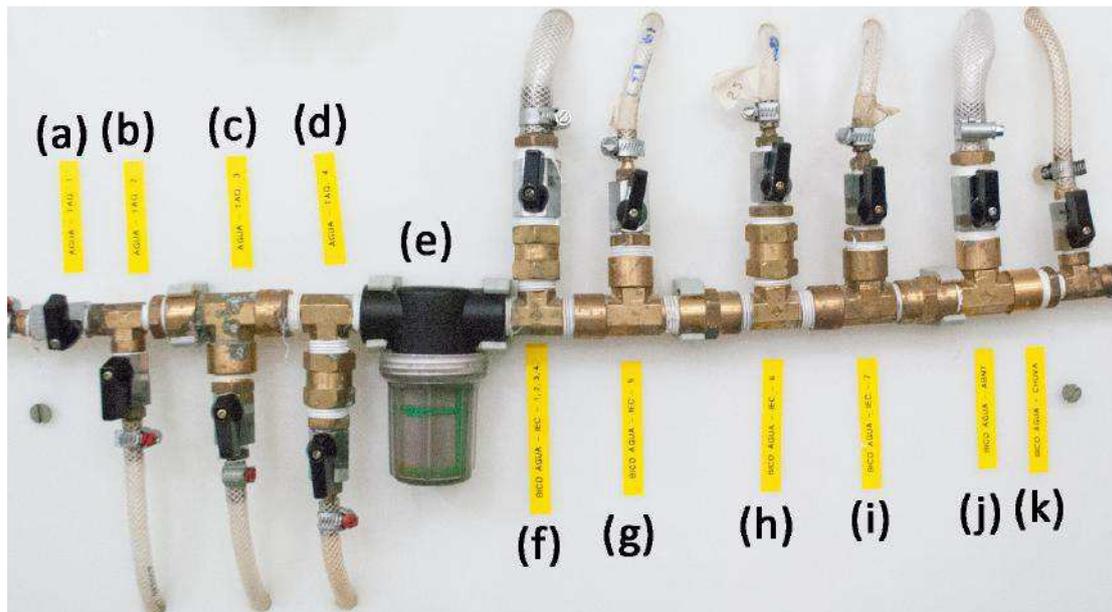
A seguir mais detalhes de cada seção.

### 1) Controle de ar nos tanques



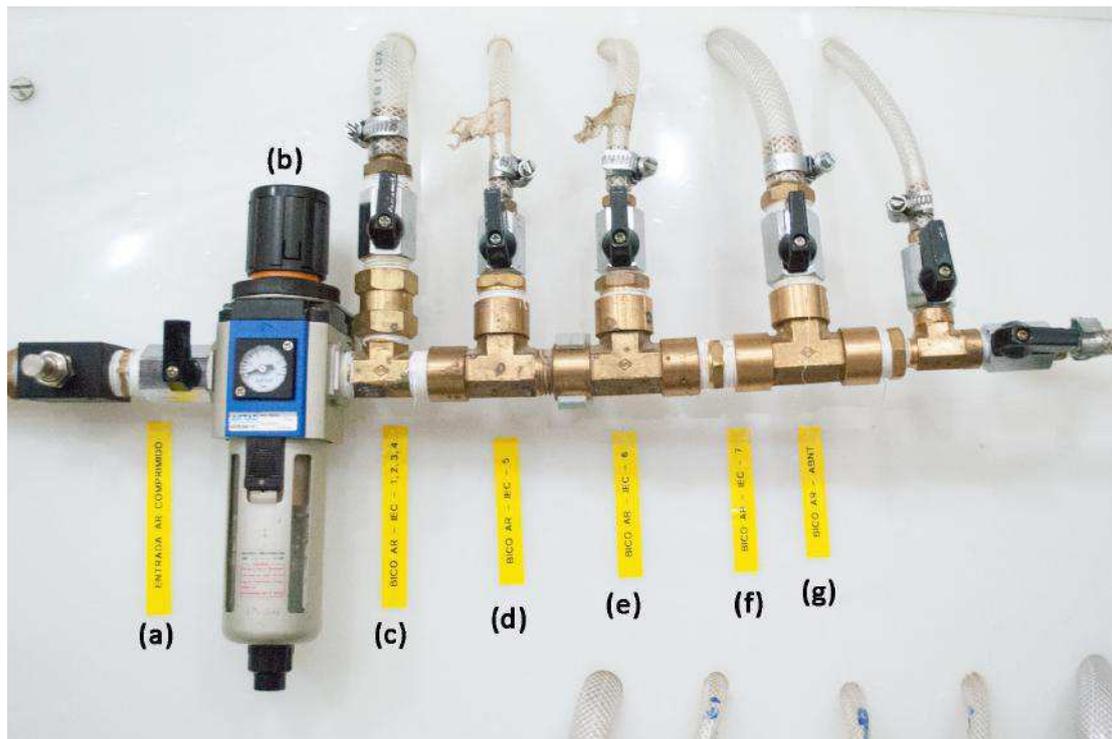
- (a) Entrada de ar comprimido nos tanques
- (b) Filtro regulador
- (c) Entrada de ar no tanque 1
- (d) Entrada de ar no tanque 2
- (e) Entrada de ar no tanque 3
- (f) Entrada de ar no tanque 4

## 2) Controle de saída de água nos bicos



- (a) Saída de água pressurizada do tanque 1
- (b) Saída de água pressurizada do tanque 2
- (c) Saída de água pressurizada do tanque 3
- (d) Saída de água pressurizada do tanque 4
- (e) Filtro
- (f) Saída de água para os bicos 1, 2, 3, 4
- (g) Saída de água para os bicos 5
- (h) Saída de água para os bicos 6
- (i) Saída de água para os bicos 7
- (j) Saída de água para o bico ABNT
- (k) Saída de água para o bico de chuva

### 3) Controle de saída de água nos bicos



- (a) Entrada de ar comprimido
- (b) Filtro regulador
- (c) Saída de ar nos bicos 1, 2, 3, 4
- (d) Saída de ar nos bicos 5
- (e) Saída de ar nos bicos 6
- (f) Saída de ar nos bicos 7
- (g) Saída de ar no bico ABNT

## 4. Tutorial

Antes de iniciar o processo para gerar névoa, é necessário colocar água manualmente nos tanques. A água poderá ser limpa ou com poluente (ex: sal) a depender do tipo de ensaio que será realizado. O tanque deverá ser fechado de maneira correta para que ocorra a pressurização, em seguida aciona-se o compressor. Em caso de dúvida no passo-a-passo, recorrer às partes e válvulas indicadas na Seção 3 deste guia.

### 4.1 Névoa

Passo-a-passo para obtenção de névoa:

- 1) Adicionar água nos tanques que serão utilizados;
- 2) Acionar o compressor;
- 3) Acionar válvula entrada de ar comprimido nos tanques (1a)
- 4) Regular a pressão (1b)
- 5) Acionar a válvula para entrada de ar em um tanque (1c a 1f);

Após o tanque estar cheio com água e ar comprimido pronto para ser utilizado:

- 6) Acionar a válvula referente ao tanque que deseja utilizar (2a a 2d);
- 7) Acionar o(s) bico(s) que deseja utilizar (2f a 2i (IEC) ou 2j (ABNT) );
- 8) Acionar a válvula de entrada de ar comprimido (3a);
- 9) Acionar a(s) válvula(s) referente ao bico acionado no passo 7 (3c a 3f (IEC) ou 3g (ABNT) );

## 4.2 Chuva

Passo-a-passo para obtenção de chuva:

- 1) Adicionar água nos tanques que serão utilizados;
- 2) Acionar o compressor;
- 3) Acionar válvula entrada de ar comprimido nos tanques (1a)
- 4) Regular a pressão (1b)
- 5) Acionar a válvula para entrada de ar em um tanque (1c a 1f);

Após o tanque estar cheio com água e ar comprimido pronto para ser utilizado:

- 6) Acionar a válvula referente ao tanque que deseja utilizar (2a a 2d);
- 7) Acionar a válvula do bico de chuva (2k)

ANEXO C – PROJETO PARA SALA DE  
VIDEOCONFERÊNCIA DO LABORATÓRIO DE ALTA  
TENSÃO

## 1. Características da Sala

Características atuais:

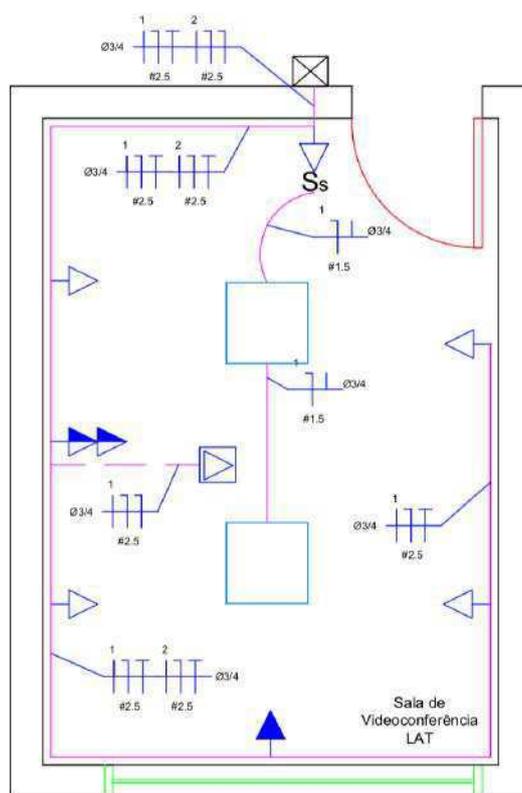
- Dimensões: 4 m x 2,8 m;
- 1 ponto de tomada;
- 1 ponto de iluminação;
- 1 ponto de rede via cabo.

## 2. Instalação/Cabos

A sala deve dispor de tomadas suficientes para suprir as necessidades dos que a utilizam. Caso necessário a instalação dos cabos de rede, também pode ser utilizadas calhas de PVC, desde que separadas da fiação elétrica para evitar interferências indesejadas.

Através de inspeção do local, foi observado que será necessário adicionar mais pontos de tomada, conforme sugerido na Figura 1. Para facilitar a instalação, pode-se utilizar eletrodutos aparentes.

Figura 2 – Projeto de Instalação Elétrica da Sala de Videoconferência



Fonte: Próprio autor

No esquema elétrico apresentado na Figura 1, são sugeridos dois circuitos, sendo um deles exclusivo para o aparelho de ar-condicionado. Caso não seja viável, toda a instalação pode ser feita com um circuito apenas.

### 3. Iluminação

A luz deve ser fria, com iluminação entre 700 e 1.000 lux.

A sala não deve receber luz direta do sol, pois isso poderá provocar na câmera uma dificuldade na percepção e ajuste automático do balanço de cores, produzindo resultados indesejados. Portanto é recomendável o uso de cortina ou persiana.

## 4. Acústica

O nível de ruído ambiente deverá ser mantido em 50db SPL (50 decibéis, na sigla em inglês, Sound Pressure Level, ou Nível de Pressão Sonora). Deve ser medido com o ambiente vazio e todos os equipamentos ligados, incluindo ar-condicionado, e com o medidor no centro da sala. O medidor de nível de som e pressão pode ser um equipamento de medição manual. Deve-se usar cortinas e/ou persianas feitas de material que absorva som. Caso necessário, a possibilidade de instalar carpete ajuda a melhorar as condições acústicas.

## 5. Layout

O layout da sala deve pressupor a movimentação de pessoas no decorrer de uma reunião, pois os participantes que chegam atrasados, assim como os que necessitarem sair, não devem passar pela frente da câmera. Portanto, deve-se estudar a posição da porta de entrada em relação ao equipamento.

O rack ou suporte deve ser suficientemente forte para permitir colocar o monitor escolhido, bem como outros equipamentos de apoio, como segundo monitor, câmera, dentre outros. Os equipamentos devem estar colocados adequadamente conforme o espaço físico disponível, de preferência onde todos possam visualizar tanto o conteúdo, como a reunião ou palestra transmitida.

## 6. Equipamentos

- **Teclado e mouse sem fio**

Recomenda-se o uso de teclado e mouse sem fio para maior comodidade do usuário.

- **TV**

Pode ser utilizado dois aparelhos de TV (28”) ou um único aparelho de TV de tamanho maior.

- **Computador**

O computador pode ser de configuração básica e dispor de saídas para dois monitores caso o cliente opte por utilizar dois monitores de TV.

- **Caixa de som**

A TV poderá ser utilizada como a saída de som principal da videoconferência, mas conforme preferência do cliente, poderão ser instaladas caixas de som convencionais para computadores.

- **Microfone**

Algumas webcams não possuem microfone integrado ou estes possuem qualidade razoável. Caso necessário, o cliente poderá optar pela instalação de microfone adicional.

1. Microfone Aibecy 360° USB com alto-falante



- **Câmera**

A câmera poderá ser uma webcam convencional, porém de boa qualidade ou uma câmera desenvolvida especialmente para videoconferências.

A seguir sugestões de câmeras, com maiores informações em anexo.

1. Logitech Meetup



<https://www.logitech.com/pt-br/product/meetup-conferencecam>

## 2. Logitech Brio



<https://www.logitech.com/pt-br/product/brio>

## 5 PROJETO 3D

Simulação do projeto final da sala de videoconferência do LAT realizado no software Sketchup®.



Fonte: Próprio autor.