

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

GLAUBER ALMINO FERREIRA RAMALHO DOS SANTOS

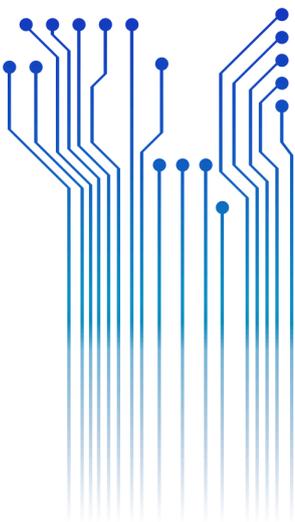


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO
ELETRO LASER SERVIÇOS



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2018

GLAUBER ALMINO FERREIRA RAMALHO DOS SANTOS

ELETRO LASER SERVIÇOS

*Relatório de Estágio Integrado 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 Ubirajara Rocha Meira, M. Sc.

Campina Grande
2018

GLAUBER ALMINO FERREIRA RAMALHO DOS SANTOS

ELETRO LASER SERVIÇOS

*Relatório de Estágio Integrado 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 Leimar de Oliveira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Avaliador

Professor Ubirajara Rocha Meira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pela fé, por ter me sustentado e conduzido até aqui e pelo dom da perseverança, que me permitiu concluir este trabalho.

Agradeço também aos meus pais, Gilberto e Kátia, por todo esforço e por toda renúncia que fizeram para concretizar este sonho. Agradeço às minhas irmãs, Giselle e Grazielle, pelo apoio e à minha namorada Nathalya pelo carinho e paciência em momentos difíceis.

Sou grato à Eletro Laser Serviços, como instituição, por possibilitar as experiências vividas nos últimos meses e por cada colaborador da empresa que contribuiu, pacientemente, para minha formação profissional. Agradeço aos profissionais Devra, Josimar, Rivelino, Audi, Antônio, Auricélio e a equipe de eletricitas, pela solicitude, porque foram facilitadores do aprendizado e pelo cuidado com minha saúde quando precisei. Agradeço a Almir pelas lições durante o estágio.

Sou grato a todos meus amigos Rodrigo, Saul, Matheus, Hiago e demais, que me ajudaram durante as buscas pelo estágio e, especialmente, a Felipe por ter sido o guia até a Eletro Laser Serviços.

Agradeço também ao professor Ubirajara pela prontidão e disponibilidade para me orientar e me ajudar neste trabalho.

RESUMO

No presente trabalho descrevem-se as principais atividades realizadas pelo estagiário Glauber Almino Ferreira Ramalho dos Santos, durante o estágio integrado realizado na sede da empresa Eletro Laser Serviços, no loteamento Luar de Angelita localizada em Patos, Paraíba, com vigência 21 de maio de 2018 até 14 de setembro de 2018. As atividades do referido estágio foram acompanhamento da instalação de uma subestação tipo cabine blindada de média tensão, acompanhamento da instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição de energia elétrica e projeto de instalação elétrica de baixa tensão. O estágio integralizou 668 horas e permitiu ao estagiário obter experiência no mercado de trabalho e assimilar conteúdos estudados em sala de aula.

Palavras-chave: Estágio Integrado; Instalação elétrica; Sistema Fotovoltaico; Média Tensão; Subestação; Cabine.

ABSTRACT

This work describes the main activities carried out by the trainee Glauber Almino Ferreira Ramalho dos Santos, during the integrated stage carried out at the headquarters of the company Eletro Laser Serviços, in the Luar de Angelita development located in Patos, Paraíba, effective May 21, 2018 until September 14, 2018. The activities of this stage were the follow-up of the installation of a medium-voltage armored cabin substation, monitoring of the installation of a photovoltaic system connected to the electricity distribution network and low voltage electrical installation design. The internship lasted 668 hours and allowed the trainee to gain experience in the job market and assimilate content studied in the classroom.

Keywords: Integrated Stage; Electrical installation; Photovoltaic System; Medium Tension; Substation; Cabin.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Frota de carros da Eletro Laser Serviços.....	14
Figura 2: Fotografia de eletricitas da Eletro Laser Serviços.	15
Figura 3: Fotografia da fachada da Eletro Laser Serviços.....	15
Figura 4: Fotografia da área interna da Eletro Laser Serviços.....	16
Figura 5: Fotografia da garagem da Eletro Laser Serviços.....	16
Figura 6: Fotografia do depósito da Eletro Laser Serviços.	17
Figura 7: Fotografia de uma mufla terminal instalada em um condutor.....	23
Figura 8: Projeto fotovoltaico indicando local de instalação dos equipamentos.	26
Figura 9: Fotografia do telhado antes da instalação.	27
Figura 10: Fotografia do telhado com suportes fixados.	27
Figura 11: Fotografia do telhado com os trilhos instalados.....	28
Figura 12: Fotografia do telhado com os painéis fotovoltaicos fixados.	28
Figura 13: Fotografia da aparência final do telhado.	29
Figura 14: Fotografia dos inversores de frequência fotovoltaicos e quadros de proteção durante a instalação.....	29
Figura 15: VSN300 <i>Wifi Logger Card</i>	30
Figura 16: Captura de tela do site da ABB para acompanhamento da produção de energia elétrica.....	31
Figura 17: Captura de tela do aplicativo Plant Viewer para <i>Smartphones</i>	31
Figura 18: Fotografia dos terminais de entrada do transformador em tensão primária.	34
Figura 19: Fotografia do cubículo com TCs e TPs de medição.....	34
Figura 20: Parte traseira da cabine com <i>flaps</i> abertos.	35
Figura 21: Transformadores trifásicos a seco montados na subestação.....	35
Figura 22: Fusíveis tipo HH.	36
Figura 23: Mostrador do relé de proteção.....	36
Figura 24: Chave seccionadora tripolar.....	37
Figura 25: Ilustração de um cabo de média tensão.	37
Figura 26: Barramentos internos da cabine de média tensão.....	38
Figura 27: Diagrama Unifilar do QGD.....	39
Figura 28: Diagrama Unifilar do QD.	41
Figura 29: Refletor de luz tipo LED.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Tabela de cargas do QGD.....	40
Tabela 2: Tabela de cargas do QD.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Ampère
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
EPR	Borracha etileno-propileno
IEMS	Instituto Educacional Maria do Socorro
kV	Quilovolt
kVA	Quilovolt-ampère
kW	Quilowatt
kWp	Quilowatt-pico
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MPT	Ministério Público do Trabalho
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira
NDU	Norma de Distribuição Unificada
NR	Norma Regulamentadora
PRODIST	Procedimentos de Distribuição
PVC	Policloreto de vinila
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas atmosféricas
TC	Transformador de Corrente
TP	Transformador de Potencial
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
V	Volt
XLPE	Polietileno reticulado

SUMÁRIO

1	Introdução.....	11
1.1	Objetivos do Estágio.....	11
1.2	Local do Estágio	12
1.2.1	Eletro Laser Serviços.....	13
1.3	Estrutura do Trabalho	17
2	Fundamentação Teórica.....	18
2.1	Projeto elétrico de baixa tensão	18
2.2	NR 10.....	19
2.3	NBR 5410	19
2.4	NDU 001.....	20
2.5	NDU 002.....	21
2.6	NDU 013.....	22
2.7	Condutores.....	22
2.7.1	Capacidade de condução de corrente.....	22
2.7.2	Queda de tensão admissível.....	23
2.7.3	Dispositivos de proteção contra sobrecorrentes.....	23
2.8	Mufla.....	23
2.9	Sistema Fotovoltaico.....	24
2.9.1	Sistema Fotovoltaico conectado à rede.....	24
2.9.2	Módulo Fotovoltaico	24
2.9.3	Inversor.....	24
3	Atividades Desenvolvidas	25
3.1	Instalação do Sistema Fotovoltaico no IEMS	25
3.2	Montagem da Subestação de Cabine Blindada de Média Tensão do MPT/PB da 13ª Região..	32
3.3	Projeto elétrico de uma quadra esportiva	38
4	Conclusão	44
	Referências	45
	Anexo A – Ajustes da proteção pela NDU 013.....	46

1 INTRODUÇÃO

No presente relatório serão apresentadas atividades desenvolvidas pelo aluno Glauber Almino Ferreira Ramalho dos Santos durante o Estágio Curricular Integrado, o qual é requisito para obtenção do Grau de Bacharel em engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

O estágio foi realizado na empresa Eletro Laser Serviços, localizada na cidade de Patos na Paraíba, sob supervisão de Almir Rogério da Silva, engenheiro eletricista da empresa. O estágio teve vigência de 21 de maio de 2018 até 14 de setembro de 2018, totalizando uma carga horária de 668 horas.

1.1 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

O principal objetivo do estágio foi supervisionar a execução de projetos elétricos, garantindo a execução de forma correta, atendendo às Normas de Distribuições Unificadas (NDUs), elaboradas pela Energisa, atendendo também às Normas Brasileiras (NBRs), elaboradas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como exemplo, a NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão e atendendo às Normas Regulamentadoras (NRs), elaboradas pelo Ministério do Trabalho, como a NR 10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Também apresentou como meta proporcionar o estagiário a vivenciar situações típicas da profissão de engenheiro eletricista nas quais pudesse se envolver e desenvolver habilidades relativas ao trabalho em equipe, organização, administração, cumprimento de prazos, planejamento e execução de serviços e resolução rápida de problemas que possam vir a ocorrer durante a execução das atividades.

Assim, foi possível ao estagiário experimentar situações e problemas reais no âmbito profissional, de modo que esse pudesse tomar conhecimento de habilidades pessoais e profissionais que não poderiam ser desenvolvidas durante as atividades rotineiras de aluno de graduação dentro de sala de aula. Será dada continuidade agora com a estrutura do relatório.

1.2 LOCAL DO ESTÁGIO

O estágio foi realizado na Eletro Laser Serviços, uma das empresas do Grupo Eletro Laser, o qual foi fundado em 01 de abril de 1988 na cidade de Patos na Paraíba. Sob a liderança de uma direção com visão moderna, o grupo Eletro Laser foi pioneiro na forma de comércio que hoje está amplamente difundido, transformando-se regionalmente numa referência em eletricidade.

Em 1999 a empresa ampliou sua oferta de produtos, passando a vender também pisos e louças. Em 2003 passou unicamente ao segmento elétrico. Já em 2005 os resultados sempre ascendentes propiciaram a criação de uma segunda empresa, a Eletro Laser Serviços. Desde 2008 a Eletro Laser Serviços estendeu seus serviços ao sertão paraibano abrangendo novas cidades para manutenção da iluminação pública, corroborando sua eficiência, compromisso e qualidade. Em 2010, com o pensamento constante em ampliar os negócios, surge a Eletro Laser Tintas, comercializando tintas e acessórios para pinturas.

Atualmente, o Grupo Eletro Laser trabalha nos segmentos de materiais elétricos, tintas e serviços elétricos. Um grupo que gera mão de obra e renda direta e indiretamente e que tem como missão comercializar produtos elétricos e prestar serviços elétricos com eficácia e excelência, assegurando um atendimento diferencial ao cliente, rentabilidade da empresa de forma sustentável e responsabilidade social, prezando sempre pela melhoria contínua, satisfação do cliente e colaboradores.

A visão da Eletro Laser é ser uma das mais bem-sucedidas empresas de materiais elétricos e de prestação de serviços, transcendendo gerações, comprometida com o crescimento, efetividade e inovação.

Os valores da empresa são:

- Confiança;
- Ética;
- Excelência;
- Inovação;
- Respeito;
- Responsabilidade social;

- Segurança no trabalho;
- Sustentabilidade.

1.2.1 ELETRO LASER SERVIÇOS

A Eletro Laser Serviços é uma empresa privada fundada em 2005, atuante no setor de prestação de serviços elétricos com certificação de NR 10 para todos os seus colaboradores, com acervo técnico e experiência em implantação e gestão energética em mais de doze mil pontos de iluminação pública.

A Eletro Laser Serviços Ltda posteriormente transformou-se em ELETRO LASER SERVIÇOS EM ELETRICIDADE EIRELI – EPP e tem por foco de atividade principal o atendimento as demandas do setor público, em especial a reforma e manutenção dos parques municipais de iluminação pública, tendo atuação em diversas cidades do Nordeste.

Os conceitos de eficiência e sustentabilidade estão inseridos no seu plano de trabalho, pois a Eletro Laser Serviços engloba em seu leque de atividade a elaboração de projetos elétricos, garantindo o alcançar de metas de forma singular.

Entre os serviços prestados pela empresa, destacam-se:

- Manutenção de rede de baixa tensão;
- Construção de redes de média e baixa tensão, convencional, compacta e multiplexada;
- Deslocamento de rede de média e baixa tensão;
- Elaboração e execução de projetos elétricos e de SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas atmosféricas);
- Eletrificação de loteamentos;
- Extensão de rede de média e baixa tensão;
- Implantação de postes;
- Instalação de transformadores;
- Instalação e manutenção de iluminação pública;
- Montagem e instalação de quadros de comando;
- Montagem e instalação de subestações particulares, com medição em média e baixa tensão;

- Projeto e instalação de sistemas fotovoltaicos.

Além disso, a Eletro Laser Serviços conta com uma frota composta por dois caminhões HR com escadas, um caminhão *sky* (caminhão que possui uma cesta aérea, destinada à elevação de pessoas para execução de trabalho em altura), uma caminhonete Hilux, um caminhão *munck* carroceiro (normalmente utilizado na instalação de postes) e um caminhão baú que é utilizado para o transporte de mercadorias do depósito até a loja. A frota descrita é apresentada na Figura 1.

Figura 1: Frota de carros da Eletro Laser Serviços.



Fonte: DANTAS, 2018.

A Eletro Laser Serviços possui um quadro de funcionários composto por dois administradores, sete eletricitas, dois eletrotécnicos e um engenheiro eletricitista. Além de contratar outros profissionais, como pedreiros, para alguns serviços específicos. Alguns eletricitas podem ser vistos na Figura 2.

Figura 2: Fotografia de eletricitistas da Eletro Laser Serviços.



Fonte: Eletro Laser Serviços.

A Eletro Laser Serviços também possui um escritório, um depósito e uma garagem localizados no mesmo prédio. Na Figura 3 pode ser vista a fachada e a área externa, na Figura 4 a área interna, onde fica o escritório, na Figura 5 a garagem e na Figura 6 o depósito.

Figura 3: Fotografia da fachada da Eletro Laser Serviços.



Fonte: DANTAS, 2018.

Figura 4: Fotografia da área interna da Eletro Laser Serviços.



Fonte: DANTAS, 2018.

Figura 5: Fotografia da garagem da Eletro Laser Serviços.



Fonte: DANTAS, 2018.

Figura 6: Fotografia do depósito da Eletro Laser Serviços.



Fonte: DANTAS, 2018.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho apresenta a seguinte distribuição. O Capítulo 1 é introdutório e contextualiza o trabalho, define os objetivos do estágio, descreve a empresa onde foi realizado o estágio e apresenta a estrutura do trabalho.

O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica, que embasa tecnicamente o relatório.

O Capítulo 3 é o trabalho propriamente dito, apresenta e analisa as principais atividades desenvolvidas no estágio, tais como a montagem de uma subestação de média tensão do tipo cabine blindada, a instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição de energia elétrica e o projeto de uma instalação elétrica de baixa tensão.

O Capítulo 4 é conclusivo e destaca as principais conclusões do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção é apresentada a fundamentação teórica, com os principais assuntos que serviram de guia e de conhecimento, indispensáveis para a realização do estágio e compreensão das atividades. Dessa forma, a seguir serão dadas informações sobre projeto elétrico de baixa tensão, sistema fotovoltaico e subestação de média tensão do tipo cabine blindada, bem como as normas que controlam estas atividades.

Com o crescimento do setor da construção civil e conseqüente enrijecimento das normas de segurança, juntamente com o Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), órgão que tem a prerrogativa de fiscalizar as obras de engenharia, tanto na fase de projeto quanto execução, tem se disseminado entre a população o conhecimento da obrigatoriedade e da importância dos projetos elétricos, os quais têm como principais funções garantir o bom funcionamento dos sistemas, a segurança e a qualidade de vida das pessoas.

As atividades e projetos aqui desenvolvidos seguem estritamente as normas propostas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e pela concessionária de energia elétrica Energisa Borborema.

2.1 PROJETO ELÉTRICO DE BAIXA TENSÃO

Um projeto elétrico deve conter diversas informações e seguir uma lista ordenada de passos necessários para que seja claro, organizado e em conformidade com as normas vigentes. No caso de eletrificação em baixa tensão, a NBR 5410 e a NDU 001, em conjunto com a NR 10, entre outras normas, devem ser consultadas para a elaboração e tomada de decisão do projeto. Basicamente, o projeto tem por objetivo realizar a transferência de energia desde uma fonte primária, em geral a rede de distribuição da concessionária ou geradores próprios, até os pontos de utilização de modo eficiente, garantindo um bom funcionamento da instalação, a segurança dos usuários e dos equipamentos.

2.2 NR 10

Esta norma do MTE estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1978).

A norma se aplica às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades, observando-se as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais cabíveis.

2.3 NBR 5410

A NBR 5410 é a norma que estipula as condições adequadas para o funcionamento usual e seguro das instalações elétricas de baixa tensão, ou seja, até 1000 V em tensão alternada e 1500 V em tensão contínua. Esta norma é aplicada principalmente em instalações prediais, públicas e comerciais.

No geral, esta norma estabelece as condições a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão a fim de garantir a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e conservação dos bens.

A NBR 5410 se aplica nos seguintes casos:

- Áreas descobertas externas a edificações;
- Locais de acampamento, marinha e instalações análogas;
- Instalações temporárias como canteiros de obras, feiras, etc;
- Circuitos elétricos alimentados com tensão nominal igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada (CA), frequência inferior a 400 Hz, ou a 1500 V e corrente contínua (CC) (modificação vinda da norma NR 10, que estabelece o que é baixa tensão);
- Circuitos elétricos que não estão dentro de equipamentos, funcionando com tensão superior a 1000 V, e alimentados por uma instalação igual ou

inferior a 1000 V e corrente alternada. Circuitos de lâmpadas de descarga, por exemplo;

- Fiações e redes elétricas que não estejam cobertas pelas normas relativas aos equipamentos de utilização;
- Linhas elétricas fixas de sinal com exceção dos circuitos internos dos equipamentos;
- Instalações novas e já existentes em reforma.

Casos em que a norma NBR 5410 não se aplica:

- Instalações de tração elétrica;
- Instalações elétricas de veículos motores, carros elétricos, por exemplo;
- Instalações de embarcações e aeronaves;
- Equipamentos para supressão de perturbações radioelétricas, na medida em que não comprometa a segurança das instalações;
- Iluminação pública;
- Redes públicas de distribuição elétrica;
- Instalações de proteção contra quedas diretas de raios, porém esta norma considera as consequências dos fenômenos atmosféricos sobre as instalações, por exemplo, seleção dos dispositivos de proteção contra sobre tensão.
- Instalações em minas;
- Instalações em cercas elétricas.

A aplicação da NBR 5410 não dispensa o seguimento de outras normas aplicadas em situações ou lugares específicos e os regulamentos que a instalação deve seguir.

2.4 NDU 001

Esta norma fixa os procedimentos a serem seguidos em projetos e execução das instalações de entradas de serviço das unidades consumidoras de baixa tensão em toda a área de concessão da Energisa, quando a carga instalada na unidade consumidora for igual ou inferior a 75 kW, conforme legislação em vigor.

As recomendações contidas nesta norma se aplicam às instalações individuais ou agrupadas até 3 (três) unidades consumidoras urbanas e rurais, classificadas como residenciais, comerciais, rurais, poderes públicos e industriais, a serem ligadas em redes de distribuição aéreas de distribuição secundárias, obedecidas as normas da ABNT e as Resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Na NDU 001 são esclarecidos os procedimentos que devem ser seguidos nas instalações de entradas de serviço das unidades consumidoras, dentre eles:

- Proteção da entrada de serviço;
- Medição;
- Aterramento;
- Caixas para equipamento de medição e/ou proteção;
- Postes e pontaletes;
- Demanda e dimensionamento para entradas trifásicas com neutro.

2.5 NDU 002

A NDU 002 – Fornecimento de Energia elétrica em tensão primária – tem por objetivo estabelecer as condições gerais e diretrizes técnicas que devem ser observadas para o fornecimento de energia elétrica a edificações individuais, urbanas ou rurais, com carga instalada superior a 75 kW e demanda de até 2.500 kW.

Esta Norma Técnica apresenta os requisitos mínimos e as diretrizes necessárias para projetos e execução das instalações de entrada de serviço das unidades consumidoras em média tensão, nas concessionárias do Grupo Energisa, quando a carga instalada na unidade consumidora for superior a 75 kW e a demanda até 2500 kW, nas tensões nominais padronizadas nas empresas do Grupo Energisa e conforme legislação em vigor. Estabelecendo padrões e procedimentos, critérios técnicos e operacionais, a partir das redes de distribuição, observando as exigências técnicas e de segurança recomendadas pela ABNT, e em conformidade com as Resoluções Normativas da ANEEL.

2.6 NDU 013

Esta Norma Técnica apresenta os requisitos mínimos e as diretrizes necessárias para a conexão de geradores à rede de distribuição de Baixa de Tensão, nas concessionárias do Grupo Energisa S.A.

Estabelecendo padrões e tem por objetivo estabelecer padrões e procedimentos de acesso, critérios técnicos e operacionais e o relacionamento operacional envolvidos na conexão de consumidores, atendidos em baixa tensão, que utilizem cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, observando as exigências técnicas e de segurança recomendadas pela ABNT, e em conformidade com as prescrições vigentes nos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) e nas Resoluções Normativas da ANEEL.

2.7 CONDUTORES

Condutor é todo material que permite a passagem da corrente elétrica com grande facilidade, quando está submetido a uma diferença de potencial elétrico.

Os cabos condutores utilizados nas instalações residenciais, comerciais (baixa tensão) poderão ser de cobre ou alumínio, com isolamento de PVC (policloreto de vinila) ou outros materiais previstos em norma, como XLPE (polietileno reticulado) ou EPR (borracha etileno-propileno).

O dimensionamento dos condutores se dá por critérios previstos na norma NBR 5410. Os dois critérios mais utilizados são: capacidade de condução de corrente e queda de tensão admissível.

2.7.1 CAPACIDADE DE CONDUÇÃO DE CORRENTE

Neste método, o condutor é dimensionado pela NBR 5410 levando em consideração a corrente máxima que o mesmo deve suportar, de acordo com métodos de referência, ou formas de instalação, para os quais a capacidade de corrente foi determinada por ensaio ou por cálculo.

2.7.2 QUEDA DE TENSÃO ADMISSÍVEL

Neste método, o condutor é dimensionado considerando a máxima queda de tensão admissível permitida pela NBR 5410 nos terminais do circuito condutor, considerando a resistividade do condutor utilizado, a distância do circuito e a corrente percorrida no condutor.

2.7.3 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SOBRECORRENTES

Disjuntores e fusíveis são dispositivos de proteção capazes de estabelecer, conduzir e correntes elétricas em condições normais de operação do circuito e interromper correntes em condições anormais.

O dimensionamento da proteção é realizado com base na previsão de corrente do circuito, a fim de proteger seres vivos, os equipamentos, e os condutores elétricos.

2.8 MUFLA

Mufla terminal primária ou terminação é um dispositivo destinado a restabelecer as condições de isolamento das extremidades de um condutor isolado quando este é conectado a um condutor nu ou a um terminal para ligação de equipamento.

Figura 7: Fotografia de uma mufla terminal instalada em um condutor.



Fonte: Prysmian, 2018.

2.9 SISTEMA FOTOVOLTAICO

É o sistema de conversão da radiação solar em energia aproveitável, sob a forma de eletricidade. É constituído por um bloco gerador (módulos fotovoltaicos), um bloco de condicionamento de potência (inversor) e, opcionalmente, um bloco de armazenamento (baterias) (PINHO & GALDINO, 2014).

2.9.1 SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE

Sistemas fotovoltaicos conectados à rede de distribuição de energia elétrica local têm o funcionamento dependente da rede elétrica, tendo a produção de energia entregue diretamente a mesma, dispensando o uso de baterias.

2.9.2 MÓDULO FOTOVOLTAICO

Um módulo fotovoltaico é a unidade básica do painel fotovoltaico, formado por um conjunto de células solares interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de converter a energia solar em energia elétrica

2.9.3 INVERSOR

Dispositivo responsável pela conversão de corrente contínua, proveniente dos módulos fotovoltaicos, para corrente alternada, com amplitude e frequência determinadas.

Para sistemas fotovoltaicos conectados à rede, a amplitude e frequência de saída do inversor são determinados pela rede de distribuição de energia elétrica local, na qual o inversor está conectado.

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

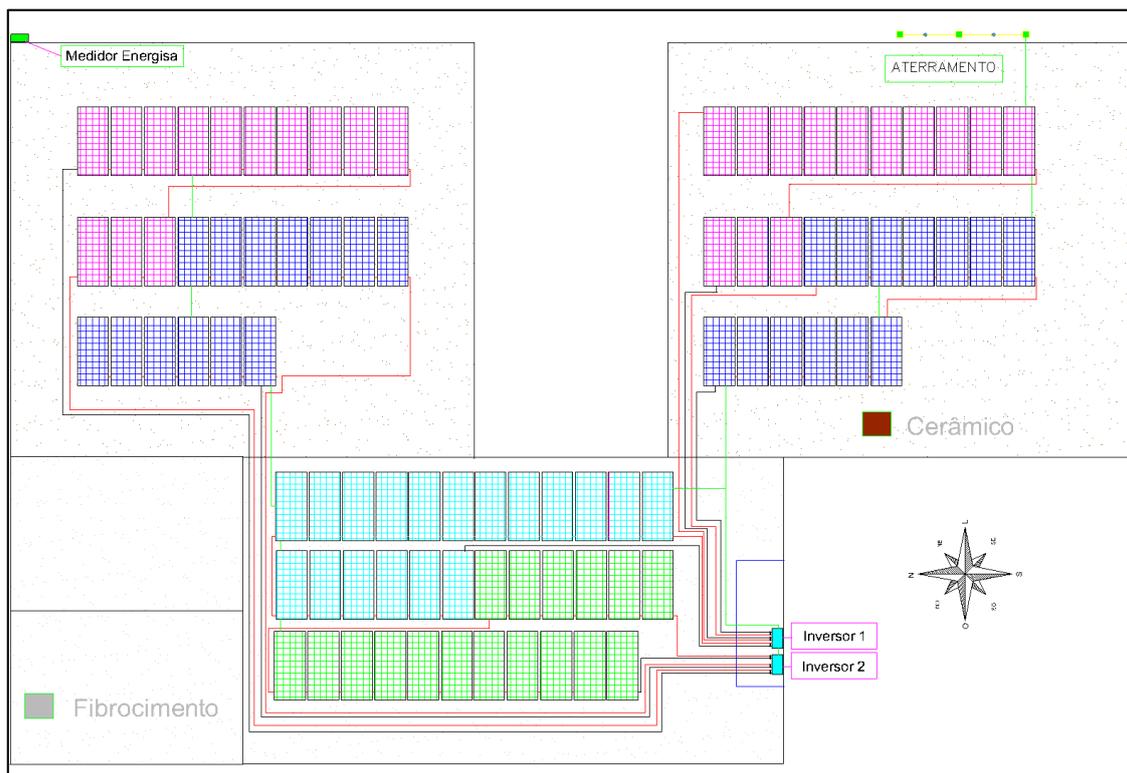
Na Eletro Laser Serviços foram realizadas diversas atividades, havendo, majoritariamente, participação em acompanhamentos de projetos desenvolvidos pela empresa.

O estágio teve início com o acompanhamento da instalação de um sistema fotovoltaico *On-Grid* (conectado à rede de distribuição de energia elétrica local) no Instituto Educacional Maria do Socorro (IEMS), na cidade de Patos. Em seguida, houve participação na montagem e instalação de uma subestação de média tensão de cabine blindada no Ministério Público do Trabalho (MPT) da 13ª região, na cidade de Campina Grande. O estagiário pôde, ainda, elaborar parte de um projeto elétrico de baixa tensão de uma quadra esportiva.

3.1 INSTALAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO NO IEMS

A primeira atividade do estagiário foi acompanhar a instalação do sistema fotovoltaico conectado à rede de distribuição elétrica no IEMS, como pode ser visto o projeto do sistema na Figura 8.

Figura 8: Projeto fotovoltaico indicando local de instalação dos equipamentos.



Fonte: Eletro Laser Serviços, 2018.

A potência instalada do sistema foi de 30,01 kWp e os equipamentos utilizados na instalação foram:

- 2 x Inversor de frequência *On-Grid* trifásico ABB 12,5 kWp;
- 87 x Painel fotovoltaico Canadian Solar 345 kWp;
- 2 x *String Box* de proteção de corrente contínua;
- 1 x Quadro de proteção de corrente alternada;
- Trilhos e suportes de alumínio para fixação das placas;
- Cabo Solar;
- Conectores MC4.

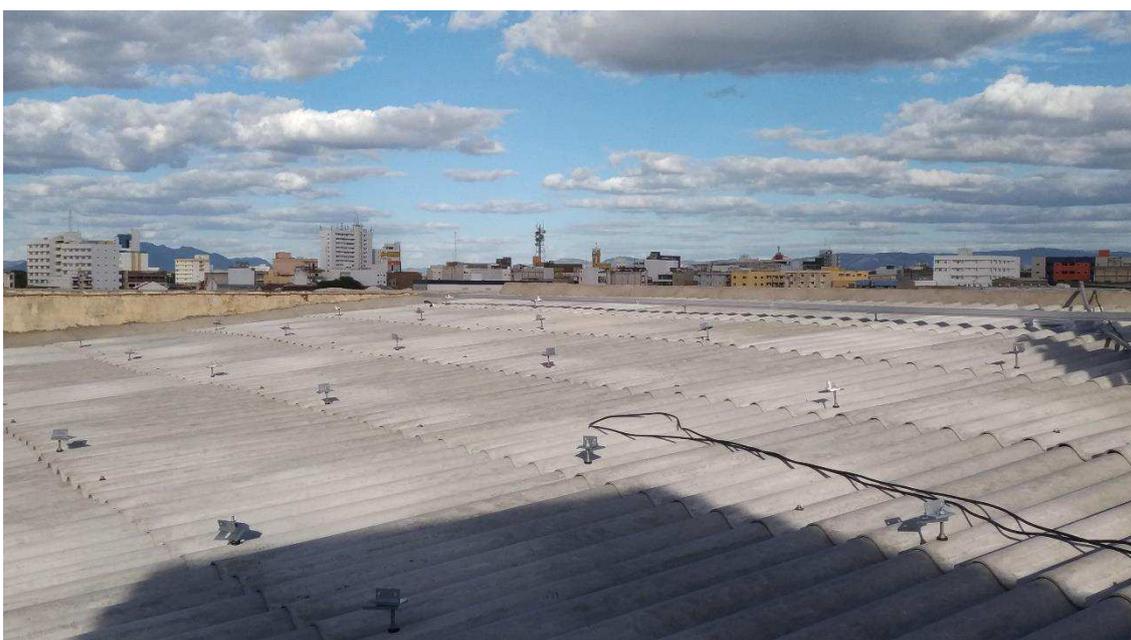
O estagiário acompanhou de perto o trabalho de engenheiro, técnicos e eletricitas, registrando com fotografias detalhes da obra, como mostrado nas Figuras 9, 10, 11, 12, 13 e 14 a seguir.

Figura 9: Fotografia do telhado antes da instalação.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 10: Fotografia do telhado com suportes fixados.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 11: Fotografia do telhado com os trilhos instalados.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 12: Fotografia do telhado com os painéis fotovoltaicos fixados.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 13: Fotografia da aparência final do telhado.



Fonte: TV SOL, 2018.

Figura 14: Fotografia dos inversores de frequência fotovoltaicos e quadros de proteção durante a instalação.



Fonte: Próprio Autor.

Para realização dessa obra, foi necessária uma equipe composta de quatro eletricitas, um eletrotécnico, um engenheiro eletricitista, um estagiário de engenharia elétrica e dois pedreiros. O tempo de execução foi de 28 dias em virtude de atrasos com feriados, pontos facultativos do comércio e demanda interna na empresa. Entre os equipamentos utilizados, podem ser citados equipamentos de proteção individual e coletiva exigidos, alicates universais, parafusadeiras, furadeiras, serra circular, chaves fixas, chave de fenda, ferro de soldar e computador.

Além de acompanhar as etapas da instalação do sistema fotovoltaico, elucidando eventuais dúvidas de projeto aos instaladores, o estagiário instalou os módulos de conexão sem fio, exemplar na Figura 15, nos inversores de frequência e realizou a configuração dos mesmos segundo os parâmetros de segurança exigidos pela Energisa na NDU 013, exibidos no ANEXO A no fim deste documento.

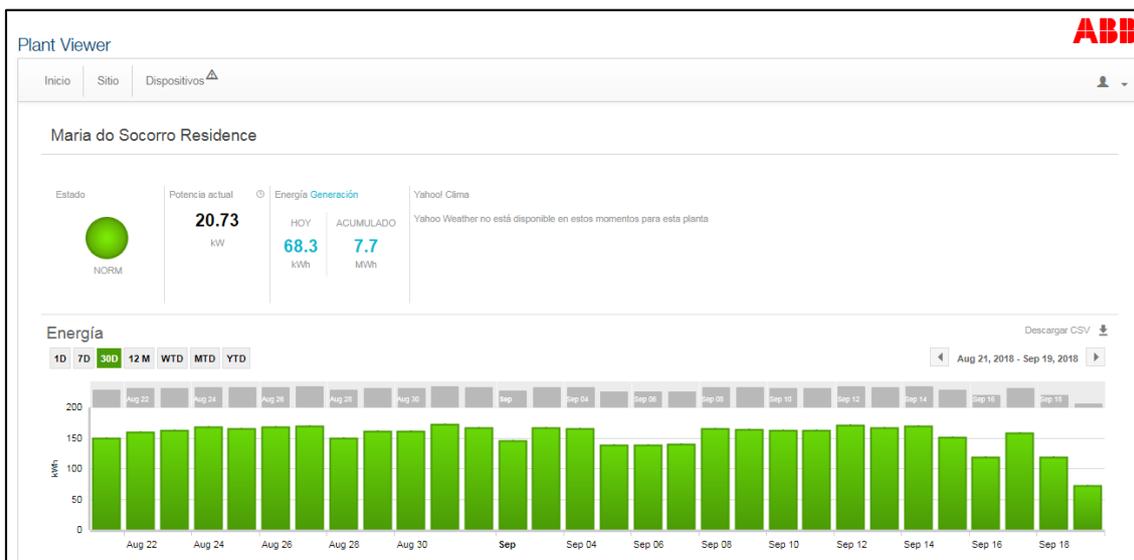
Figura 15: VSN300 Wifi Logger Card.



Fonte: ABB, 2018.

Coube ao estagiário conectar os inversores à *Internet*, cadastrá-los no site do fabricante, mostrado na Figura 16, e instalar o aplicativo disponibilizado, exibido na Figura 17, no *Smartphone* do cliente, explicando detalhes sobre o acompanhamento da geração de energia fotovoltaica.

Figura 16: Captura de tela do site da ABB para acompanhamento da produção de energia elétrica.



Fonte: Adaptado de: < <https://easyview.auroravision.net/easyview/>>.

Figura 17: Captura de tela do aplicativo Plant Viewer para Smartphones.



Fonte: Adaptado de Plant Viewer.

A dificuldade encontrada pelo estagiário neste serviço foi, principalmente, encontrar uma solução para a baixa intensidade de sinal *Wi-fi* do roteador no local dos inversores, o que impossibilitava a configuração. As soluções propostas envolviam: conexão por cabo, instalação de repetidor de sinal *Wi-fi* e aproximar o roteador local dos inversores de frequência. Entre as soluções propostas, a solução implantada foi de mover o roteador para um local mais próximo dos inversores, o que contornou o problema.

3.2 MONTAGEM DA SUBESTAÇÃO DE CABINE BLINDADA DE MÉDIA TENSÃO DO MPT/PB DA 13ª REGIÃO

A segunda atividade do estagiário na Eletro Laser Serviços foi acompanhar a montagem da subestação de cabine blindada de média tensão do MPT/PB da 13ª região na cidade de Campina Grande.

A equipe para o serviço foi composta por dois eletrotécnicos, um engenheiro eletricista e um estagiário de engenharia elétrica. O trabalho foi executado em nove dias. Entre os serviços executados, estão:

- Confecção de muflas terminais para cabos de média tensão;
- Instalação de Transformadores de Potencial (TPs) e Transformadores de Corrente (TCs);
- Confecção de terminais de conexão para cabos de baixa tensão;
- Fechamento e aterramento de transformadores;
- Interligação de todos os equipamentos da subestação, desde a entrada em média tensão aos quadros de baixa tensão;
- Instalação do quadro de medição em média tensão da concessionária de energia.

Todo o serviço em média tensão foi executado pela equipe com base na NDU 002. A subestação é composta por:

- Dois transformadores trifásicos a seco de 225 kVA do fabricante IDEAL, totalizando uma subestação com potência de 450 kVA;

- Cabos de média tensão com condutores de seção de 35mm² com isolamento de 12/20 kV;
- Vinte terminais modulares (muflas) para aplicação interna e quatro para aplicação externa, totalizando vinte e quatro muflas instaladas;
- Relé digital de proteção URP 1439T do fabricante Pextron;
- Disjuntor de média tensão HD4, isolado a SF₆, do fabricante ABB, com corrente nominal de 630 A;
- Dois conjuntos (um conjunto para cada transformador) de três fusíveis NP93 tipo HH, com corrente nominal de 25 A, do fabricante American Fuse;
- Painel (cabine) do fabricante Gazquez, composto por 6 cubículos;
- Dois cabos por fase de baixa tensão com seção de 120mm², isolamento de 1 kV e isolação em PVC na saída dos transformadores;
- Três chaves seccionadoras tripolares de média tensão;
- TPs e TCs para proteção e medição.

Alguns componentes e detalhes da subestação podem ser vistos nas Figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23 e 24 a seguir.

Figura 18: Fotografia dos terminais de entrada do transformador em tensão primária.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 19: Fotografia do cubículo com TCs e TPs de medição.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 20: Parte traseira da cabine com *flaps* abertos.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 21: Transformadores trifásicos a seco montados na subestação



Fonte: Próprio Autor.

Figura 22: Fusíveis tipo HH.



Fonte: Próprio Autor.

Figura 23: Mostrador do relé de proteção.



Fonte: Próprio Autor.

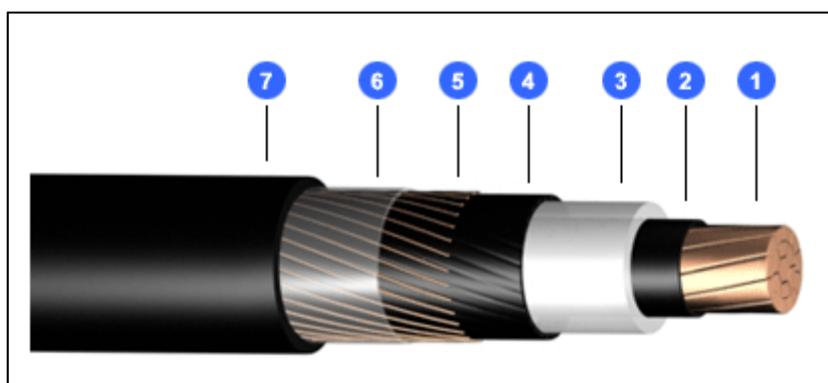
Figura 24: Chave seccionadora tripolar.



Fonte: Próprio Autor.

O estagiário auxiliou os eletrotécnicos na confecção das muflas terminais, serviço que demandou maiores cuidado e tempo. Inicialmente, houve dificuldade para remover a blindagem da isolação do cabo, indicado como componente 4 na Figura 25.

Figura 25: Ilustração de um cabo de média tensão.



Fonte: INDUSCABOS, 2018.

O problema foi contornado com uma sugestão do estagiário de aquecer brevemente a blindagem com auxílio de um soprador térmico. Desta forma, a camada foi facilmente removida, dobrando a produtividade na confecção das muflas. Posteriormente, o estagiário pôde contribuir com sugestão na união das cabines com parafusos,

contornando o problema da diferença de altura entre as cabines, o que impedia a fixação dos barramentos internos, vistos na Figura 26.

Figura 26: Barramentos internos da cabine de média tensão.



Fonte: Próprio Autor.

3.3 PROJETO ELÉTRICO DE UMA QUADRA ESPORTIVA

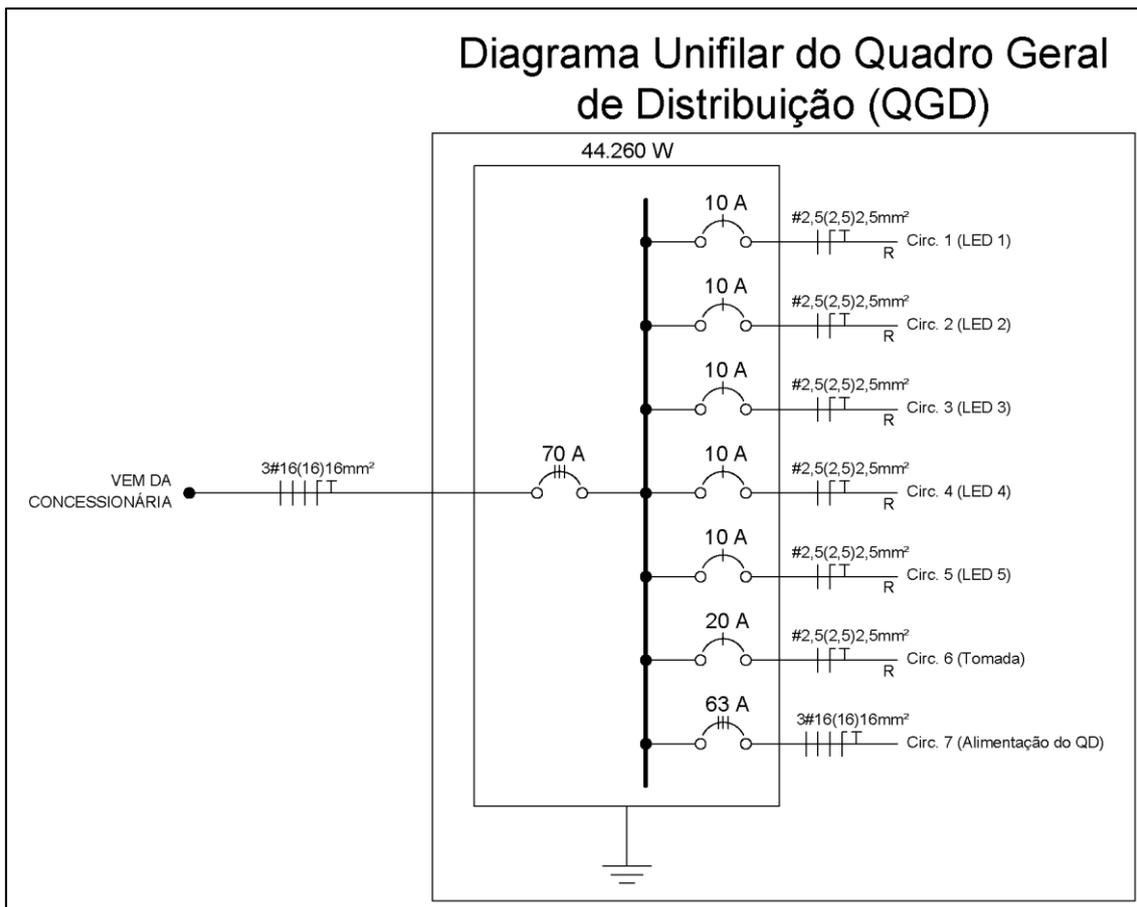
Foi solicitado ao estagiário que adaptasse um projeto elétrico com tensão bifásica para tensão trifásica. Para tal, foi disponibilizado o projeto elétrico a ser atualizado e foi feita a sugestão de troca de luminárias por outras mais eficientes. O estagiário ficou encarregado de realizar o dimensionamento dos condutores e das proteções, segundo a NBR 5410 e a NDU 001, e desenhou os diagramas unifilares e os quadros de cargas, detalhando os circuitos na instalação elétrica. A equipe para realizar a atividade foi um eletrotécnico e um estagiário de engenharia elétrica, sob a supervisão de um engenheiro eletricista.

Os desenhos dos diagramas unifilares, vistos na Figura 27 e Figura 28, foram feitos no software AutoCAD. A Tabela 1 e a Tabela 2, foram feitas no software Excel. Para dimensionar a seção dos condutores pela NBR 5410, foi calculada a corrente nos condutores em circuitos monofásicos pela Equação 1 e trifásicos pela Equação 2 (GLOVER, SARMA, & OVERBYE, 2012).

$$Corrente = \frac{Potência\ Total}{Tensão} \quad (1)$$

$$Corrente = \frac{Potência\ Total}{\sqrt{3} * Tensão} \quad (2)$$

Figura 27: Diagrama Unifilar do QGD.



Fonte: Próprio Autor.

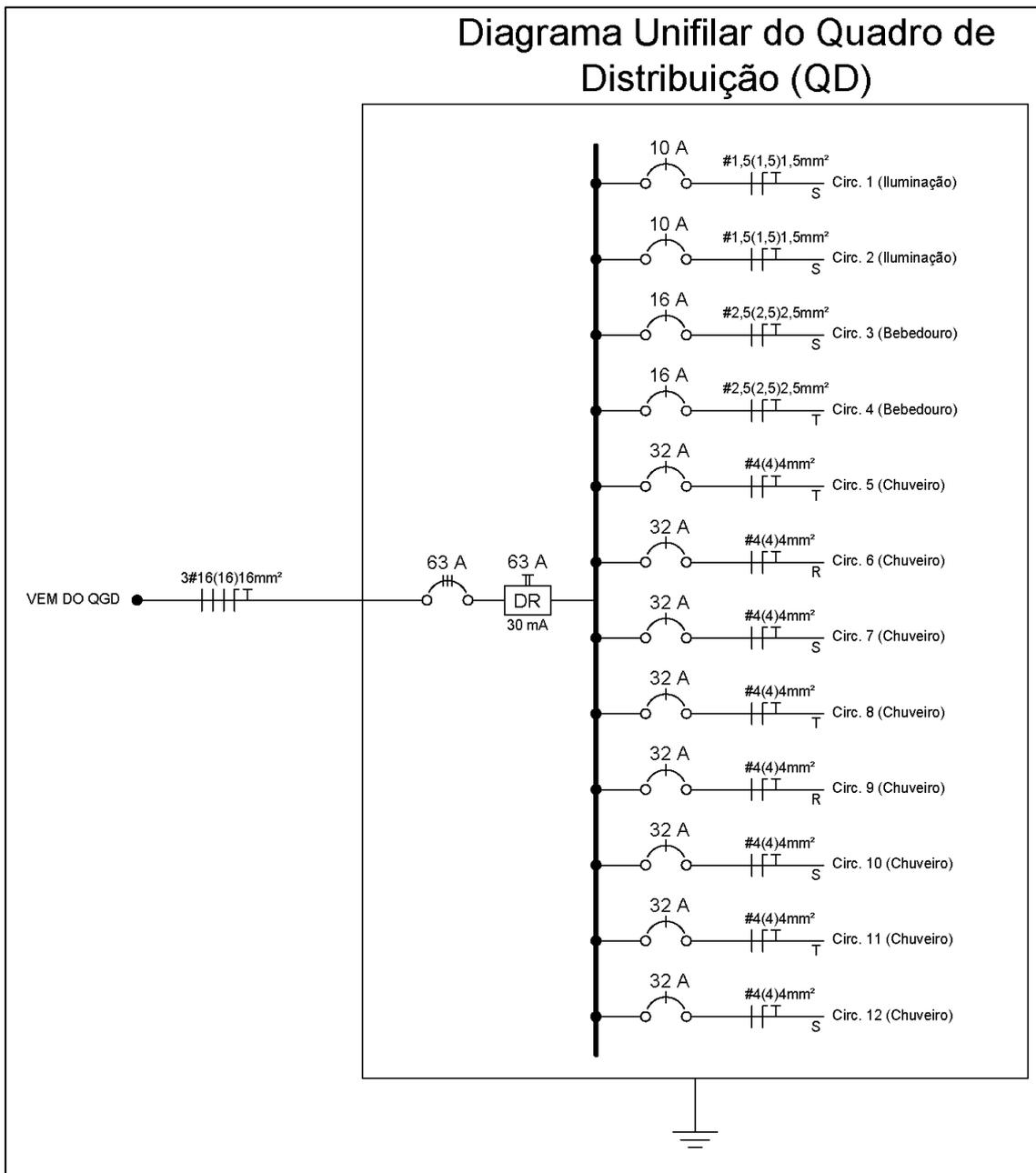
Tabela 1: Tabela de cargas do QGD.

Circuito	Descrição	Tensão (V)	Iluminação		Tomadas (W) 1000	Potência Real (W) (Continua)
			Luminária LED (200W)			
1	LED 1	220	4			800
2	LED 2	220	4			800
3	LED 3	220	4			800
4	LED 4	220	4			800
5	LED 5	220	4			800
6	Tomada	220			1	1.000
7	Alimentação do QD	380				39.260
TOTAL		380	20		1	44.260

Circuito	FP (Conclusão)	Potência Total (VA)	Fases (VA)			Seção (mm ²)	Disj (A)
			R	S	T		
1	0,92	870	870			1#2,5(2,5)2,5	10
2	0,92	870	870			1#2,5(2,5)2,5	10
3	0,92	870	870			1#2,5(2,5)2,5	10
4	0,92	870	870			1#2,5(2,5)2,5	10
5	0,92	870	870			1#2,5(2,5)2,5	10
6	0,8	1.250	1.000			1#2,5(2,5)2,5	20
7		39.335	9.600	15.008	14.726	3#16(16)16	63
TOTAL		44.933	14.950	15.008	14.726	3#16(16)16	70

Fonte: Próprio Autor.

Figura 28: Diagrama Unifilar do QD.



Fonte: Próprio Autor.

Tabela 2: Tabela de cargas do QD.

Circuito	Descrição	Tensão (V)	Iluminação	Tomadas (W)		Potência Real (W) (Continua)
			Lâmpada (20W)	300	4800	
1	Iluminação	220	7			140
2	Iluminação	220	6			120
3	Bebedouro	220		1		300
4	Bebedouro	220		1		300
5	Chuveiro	220			1	4.800
6	Chuveiro	220			1	4.800
7	Chuveiro	220			1	4.800
8	Chuveiro	220			1	4.800
9	Chuveiro	220			1	4.800
10	Chuveiro	220			1	4.800
11	Chuveiro	220			1	4.800
12	Chuveiro	220			1	4.800
TOTAL	DR Trifásico	380	13	2	8	39.260

Circuito	FP (Conclusão)	Potência Total (VA)	Fases (VA)			Seção (mm²)	Disj (A)
			R	S	T		
1	0,92	152		152		1#1,5(1,5)1,5	10
2	0,92	130		130		1#1,5(1,5)1,5	10
3	0,92	326		326		1#2,5(2,5)2,5	16
4	0,92	326			326	1#2,5(2,5)2,5	16
5	1	4.800			4.800	1#4(4)4	32
6	1	4.800	4.800			1#4(4)4	32
7	1	4.800		4.800		1#4(4)4	32
8	1	4.800			4.800	1#4(4)4	32
9	1	4.800	4.800			1#4(4)4	32
10	1	4.800		4.800		1#4(4)4	32
11	1	4.800			4.800	1#4(4)4	32
12	1	4.800		4.800		1#4(4)4	32
TOTAL	-	39.335	9.600	15.008	14.726	3#16(16)16	63

Fonte: Próprio Autor.

As dificuldades na atividade foram desencadeadas pelas restrições, impostas pelo cliente, e pelo cálculo de queda de tensão nos refletores da quadra, os quais necessitaram um ajuste na seção dos condutores pela longa distância, observando o critério de queda máxima de tensão admissível.

As restrições do cliente foram as seguintes: a seção máxima do condutor de cobre de entrada não deveria ultrapassar 16mm², para o custo total da obra ser o menor possível, e os refletores da quadra deveriam consumir pouca energia. As dificuldades foram contornadas diminuindo a carga instalada com chuveiros elétricos de menor potência, os quais atendiam à necessidade e ainda consumiam menos energia, e optando por refletores tipo *Light Emitting Diode* (LED), exemplar exibido na Figura 29.

Figura 29: Refletor de luz tipo LED.



Fonte: EnergiLux, 2018.

4 CONCLUSÃO

O estágio faz parte de um processo de aprendizagem indispensável à formação do estudante. Proporciona a prática da teoria vista em sala de aula e permite ao aluno vislumbrar como é o dia a dia do engenheiro eletricitista.

No estágio foram utilizados conhecimentos adquiridos nas disciplinas do curso de graduação de engenharia elétrica na UFCG, tais como Sistemas Elétricos, Laboratório de Sistemas Elétricos, Instalações Elétricas, Laboratório de Instalações Elétricas, Técnicas de Programação, Engenharia Econômica, Equipamentos Elétricos, entre outras. Isto possibilitou conciliar teoria com prática e consolidou o conhecimento para desenvolver novas habilidades.

O estágio também é um momento propício para refinar e desenvolver habilidades interpessoais e intrapessoais, à medida que se convive com profissionais experientes e de áreas distintas. Isso proporciona ao estagiário adquirir maturidade e senso crítico para avaliar e tomar decisões mais assertivas.

Portanto, além de proporcionar um aprendizado técnico e prático, o estágio possibilita o contato com situações rotineiras e também inesperadas de trabalho, bem como a elaboração de projetos e acompanhamento da execução dos mesmos. Atividades como desenvolver relatórios, afinidade com normas técnicas da ABNT e NDUs da Energisa, facilitam a inserção do estagiário no mercado de trabalho local. O acompanhamento da execução de serviços e projetos mostrou-se importante para a melhoria na elaboração de projetos.

REFERÊNCIAS

- ABNT. (2004). NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão. Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- CAMPOS, A. F. (2018). *Relatório de estágio integrado ENGESELT ENGENHARIA E SERVIÇOS LTDA*. Relatório de estágio, Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Elétrica, Campina Grande.
- DANTAS, F. B. (2018). *Relatório de estágio supervisionado Eletro Laser Serviços*. Relatório de estágio, Universidade Federal de Campina Grande, Departamento de Engenharia Elétrica, Campina Grande.
- ENERGISA. (2017). Norma de distribuição unificada 001 - Fornecimento de energia elétrica a agrupamentos ou edificações individuais até 3 unidades consumidoras. João Pessoa.
- ENERGISA. (2017). Norma de distribuição unificada 013 - Critérios para a conexão de acessantes de geração distribuída ao sistema de distribuição para conexão em baixa tensão. João Pessoa.
- ENERGISA. (2018). Norma de distribuição unificada 002 - Fornecimento de energia elétrica em tensão primária. João Pessoa.
- FILHO, J. M. (2007). *Instalações elétricas industriais* (7ª ed.). LTC.
- GLOVER, J. D., SARMA, M. S., & OVERBYE, T. J. (2012). *Power system analysis and design* (5ª ed.). Cengage Learning.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO. (1978). Norma regulamentadora 10 – Segurança em instalações e serviços em eletricidade.
- PINHO, J. T., & GALDINO, M. A. (2014). Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. *CEPEL - CRESESB*. Rio de Janeiro.

ANEXO A – AJUSTES DA PROTEÇÃO PELA NDU 013

As informações contidas neste anexo foram extraídas da NDU 013, elaborada pela Energisa, contendo os ajustes da proteção que devem ser feitos manualmente nos inversores de frequência.

inseridas nos referidos equipamentos, sendo a redundância de proteções desnecessária para microgeração distribuída.

13.3. Tabela 3 - Ajustes Recomendados das Proteções

Requisitos de Proteção	Potência Instalada Até 100kW	Tempo Máximo de Atuação
Proteção de Subtensão (27)	0,8 p.u	0,2
Proteção de Sobretensão (59)	1,1 p.u	0,2
Proteção de Subfrequência (81U)	59,5 Hz	0,2
Proteção de Sobrefrequência (81O)	60,5 Hz	0,2 ⁴
Proteção de Sobrecorrente (50/51)	Conforme Padrão de Entrada	
Relé de Sincronismo (25)	10° 10% Tensão 0,3Hz	
Relé de Tempo de Reconexão (62)	180s	180s

Nota: Ajustes diferentes dos recomendados devem ser submetidos à avaliação da Energisa. O ilhamento da geração não é permitido, sob qualquer circunstância.

13.4. Tabela 4 - Resposta às Condições Anormais de Tensão

Tensão no Ponto de Conexão Comum (% em relação à $V_{nominal}$)	Tempo Máximo de Desligamento ¹ Em segundos
$V < 80\%$	0,2 ²
$80\% \leq V \leq 110\%$	Regime normal de Operação
$110\% < V$	0,2 ²