



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Energias Alternativas e Renováveis
Departamento de Engenharia Elétrica

RAFAEL MOURA DUARTE

**ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES NA
SECÇÃO DE ELETRICIDADE DA PREFEITURA
UNIVERSITÁRIA DA UFPB**

João Pessoa, Paraíba
Janeiro de 2014

RAFAEL MOURA DUARTE

ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES NA
SECÇÃO DE ELETRICIDADE DA PREFEITURA
UNIVERSITÁRIA DA UFPB

*Relatório de Estágio Integrado submetido ao
Departamento de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal da Paraíba como parte
dos requisitos necessários para a obtenção do
título de Engenheiro Eletricista.*

Orientador:
Professor Dr. Nady Rocha.

João Pessoa, Paraíba
Janeiro de 2014

RAFAEL MOURA DUARTE

ACOMPANHAMENTO DAS ATIVIDADES NA
SECÇÃO DE ELETRICIDADE DA PREFEITURA
UNIVERSITÁRIA DA UFPB

*Relatório de Estágio Integrado submetido ao
Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade
Federal da Paraíba como parte dos requisitos
necessários para a obtenção do título de Engenheiro
Eletricista.*

Aprovado em / /

Professor Dr. Helon David de Macedo Braz
Universidade Federal da Paraíba
Avaliador

Professor Dr. Rogério Gaspar de Almeida
Universidade Federal da Paraíba
Avaliador

Professor Dr. Nady Rocha
Universidade Federal da Paraíba
Orientador, UFPB

IDENTIFICAÇÃO

EMPRESA:

Nome: Universidade Federal da Paraíba

Endereço: Cidade Universitária

Bairro: Castelo Branco

Cidade/Estado: João Pessoa / Paraíba

Tel.: (83) 3216-7200

CEP: 58051-900

ESTÁGIO:

Área da Instituição: Secção de Eletricidade – Prefeitura Universitária

Data de Início: 14/10/2013

Data de Término: 20/12/2013

Carga Horária Semanal: 20

Carga Horária Total: 180 H

Supervisor de Estágio: Marcília Vieira de Nóbrega

Quadro de Servidores: Dois engenheiros e um técnico em eletrotécnica

Tel.: 3216-7198

Dedico este trabalho à minha família, que sempre me incentivou, aos meus amigos, pelo apoio e pelos conselhos valiosos, e aos meus professores que, por meio de suas lições, contribuíram para a minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe, Eliana, e ao meu pai, Gilberto, por terem me apoiado ao longo dos meus estudos.

Agradeço aos meus amigos, pelos conselhos e pela paciência.

Agradeço aos meus professor orientador Nady Rocha, pelo suporte.

Agradeço aos membros da Secção de Eletricidade (PU/UFPB), Marcília Vieira de Nóbrega, Thenison Viana e Allison Lins.

Enfim, agradeço àqueles que, mesmo não sabendo, ajudaram a construir a minha visão de mundo e a moldar o meu jeito de ser.

"A verdadeira função do ser humano é viver, não existir. Por isso, não vou desperdiçar os meus dias tentando prolongá-los. Quero aproveitar o meu tempo."

Jack London.

RESUMO

Este relatório detalha as atividades desenvolvidas ao longo do estágio integrado do autor, o estudante Rafael Moura Duarte, na Prefeitura Universitária da Universidade Federal da Paraíba (PU/UFPB). A maior parte das atividades está relacionada à área de sistemas de energia. Destacam-se o projeto de instalações elétricas de baixa tensão e de redes de distribuição de média tensão, o monitoramento da demanda da universidade e a complementação do projeto luminotécnico da Sala de Concertos Radegundis Feitosa (CCTA/UFPB). Todas foram desenvolvidas sob a supervisão dos três componentes da Seção de Eletricidade da Prefeitura Universitária, sendo dois engenheiros e um técnico.

Palavras-chave: Estágio, Prefeitura Universitária, UFPB, Sistemas de Energia, Redes de Média Tensão, Instalações de Baixa Tensão, AUTOCAD®.

ABSTRACT

This report details the activities carried out during the author's integrated internship, the student Rafael Moura Duarte, at the UFPB University Hall. Most of the activities are related to the area of power systems. Noteworthy are the design of low voltage electrical installations and distribution networks of medium voltage, monitoring the demand of the university and complement the lighting design of the Concert Hall Radegundis Feitosa (CCTA / UFPB). All activities were developed under the supervision of the three components of the Electricity Section of University Hall, two engineers and a technician.

Keywords: Internship, University Hall, UFPB, Energy Systems, Primary Networks, Low Voltage Installations, AUTOCAD®.

FIGURAS

Figura 1. Exemplo de um sistema elétrico brasileiro (Retirada de http://engenharianodiaadia.blogspot.com.br/2012/02/o-desenvolvimento-dos-sistemas.html).	3
Figura 2. Camadas de um cabo unipolar (Retirado de www.brasfio.com.br).	5
Figura 3. Camadas de um cabo tripolar (Retirado de www.brasfio.com.br).	5
Figura 4. Eletroduto de PVC. (Retirado de http://www.joag.com.br/).	8
Figura 5. Eletroduto de PVC. (Retirado de usibel.com.br)	8
Figura 6. Canaleta plástica. (Retirado de www.jelitel.com.br).	8
Figura 7. Eletrocalha perfurada. (Retirado de www.bazar339.com.br)	8
Figura 8. Quadro de distribuição residencial. (Retirado de mangesemeletrica.webnode.com.br)	11
Figura 9. Postes de concreto duplo T. (Retirado de www.qualitecrs.com.br).	14
Figura 10. Postes de concreto circular. (Retirado de www.premoldadosartelaje.com.br).	14
Figura 11. Flecha, f, tração, T, e distância, a, entre dois postes de distribuição. (Retirado de www.camacho.eng.br)	15
Figura 12. Isoladores de pino usados em redes de média tensão. (Retirado da Apostila de Construção de Redes de Distribuição, IFCE).	15
Figura 13. Parte do esquema elétrico de um dos blocos contemplados pelo novo projeto do CE.	18
Figura 14. Tabela contendo as demandas de cada quadro, as bitolas dos cabos, os disjuntores de proteção e a distribuição das cargas entre as fases dos circuitos.	19
Figura 15. Diagrama unifilar do quadro QAN2, indicando os disjuntores de proteção e as suas respectivas capacidades de corrente.	20
Figura 16. Parte do esquema elétrico da rede primária do HULW.	21
Figura 17. Cubículo de Medição.	22
Figura 18. Posto de proteção.	23
Figura 19. Posto de medição.	23
Figura 20. Módulo de medição CCK.	24
Figura 21. Parte do esquema elétrico da rede primária usada para alimentar o arquivo central.	26
Figura 22. Parte da planta da universidade atualizada com os pontos de iluminação pública.	28
Figura 23. Luxímetro Minipa.	29
Figura 24. Termômetro infravermelho FLIR i7.	29
Figura 25. Palco da Sala de Concertos Radegundis Feitosa (CCTA).	30
Figura 26. Mangueira LED.	31

SIGLAS E ACRÔNIMOS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANSI: American National Standard Institute
BT: Baixa tensão
CAD: Computer Aided Design
CCHLA: Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes
CCS: Centro de Ciências da Saúde
CCSA: Centro de Ciências Sociais Aplicadas
CEAR: Centro de Energias Alternativas e Renováveis
CT: Centro de Tecnologia
CCTA: Centro de Comunicação, Turismo e Artes
CE: Centro de Educação da UFPB
DPS: Dispositivo de Proteção Contra Surtos
DR: Dispositivo Diferencial
EBSERH: Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares
EPR: Etileno-propileno
HULW: Hospital Lauro Wanderley
INSS: Instituto Nacional de Seguridade Social
LCD: Visor de cristal líquido
LED: Diodo emissor de luz
MEC: Ministério da Educação
MT: Média tensão
N: Condutor neutro
NBR: Norma elaborada pela ABNT
NDU: Norma de distribuição unificada
NR: Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho
PE: Condutor de proteção
PEN: Condutor de proteção e neutro
PVC: cloreto de polivinila
QDL: Quadro de distribuição de luz
QGD: Quadro geral de distribuição
TUE: Tomada de uso específico
TUG: Tomada de uso geral
UFPB: Universidade Federal da Paraíba
XLPE: polietileno reticulado

SUMÁRIO

Identificação.....	iv
Agradecimentos.....	vi
Resumo.....	viii
Abstract.....	ix
Figuras.....	x
Siglas e Acrônimos.....	xi
Sumário.....	xii
1 Introdução.....	1
2 Embasamento Teórico.....	2
2.1 Sistemas Elétricos.....	2
2.2 Normas.....	3
2.3 Dimensionamento de Condutores Fase.....	4
2.4 Dimensionamento de Condutores N, PE e PEN.....	7
2.4.1 Condutos Elétricos.....	8
2.5 Dispositivos de Proteção.....	9
2.6 Tomadas.....	9
2.7 Projetos Elétricos.....	10
2.8 Projetos Luminotécnicos.....	11
2.9 Redes de Distribuição.....	13
2.10 Subestações Abridadas.....	15
3 Atividades Desenvolvidas.....	17
3.1 Projetos Elétricos.....	17
3.1.1 Instalação de Novos Circuitos no Centro de Educação.....	17
3.1.2 Cubículo de Medição do HULW.....	20
3.1.3 Adequação da Rede Primária da Reitoria.....	26
3.2 Luminotécnica.....	26
3.3 Manutenção e Recebimento de Obras.....	31
4 Conclusão.....	32
Bibliografia.....	33
APÊNDICE A – Módulo CCK.....	34
ANEXO I – Memorial Descritivo HULW.....	35

1 INTRODUÇÃO

O Estágio Obrigatório Integral é capaz de proporcionar ao estudante aquela que será, muitas vezes, a sua primeira experiência profissional como engenheiro. Ele exigirá do aluno a capacidade de aplicar na prática o conhecimento adquirido ao longo da graduação e a capacidade de absorver rapidamente novos conhecimentos, particulares ao trabalho que se deseja desenvolver.

O estágio do autor deste relatório foi desenvolvido na Secção de Eletricidade (SE) da Prefeitura Universitária da Universidade Federal da Paraíba, uma autarquia de Direito Público. O quadro de funcionários da secção de eletricidade é composto por três servidores públicos, sendo dois engenheiros e um técnico de eletrotécnica. A secção de eletricidade é responsável por manter as redes de distribuição primária e secundária da universidade (todos os Campus) em funcionamento, receber obras, cuidar da iluminação pública, especificar materiais elétricos e orientar eletricitas em atividades de manutenção.

O estagiário desenvolveu, ao longo do estágio, atividades de especificação de materiais elétricos, acompanhamento de atividades de manutenção e projetos elétricos em CAD (do inglês, *Computer Aided Design*), um software usado para desenhar plantas de edificações, discriminando todos os seus elementos constituintes.

As atividades desenvolvidas serão aqui apresentadas de forma a deixar claro o conhecimento teórico e as soluções de engenharia envolvidos. Para tal propósito, este relatório abrange, em particular, dois capítulos: o capítulo 2 discorre sobre o embasamento teórico relativo às atividades exercidas, e o capítulo 3 apresenta os procedimentos práticos desenvolvidos com a participação na elaboração de projetos elétricos de instalações elétricas de baixa tensão e de redes de média tensão, projetos luminotécnicos e procedimentos de manutenção e recebimento de obras. Além dos dois capítulos mencionados, há um capítulo de conclusão, elaborado com o intuito de elencar os principais conhecimentos adquiridos ao longo do estágio e as dificuldades encontradas.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 SISTEMAS ELÉTRICOS

Redes de distribuição primárias (média tensão) geralmente operam com 13,8 kV. As redes de distribuição secundária operam com 220/127 V ou 380/220 V. As redes elétricas que existem no interior de grandes centros urbanos são todas de distribuição. Fora deles, existem as redes de transmissão, com níveis de tensão acima de 100 kV, o que reduz as perdas nos condutores.

Na Figura 1 ilustra-se o típico sistema elétrico brasileiro. A hidroeletricidade é a principal componente da matriz energética brasileira, e está representada pela usina de geração hidroelétrica (A). O primeiro transformador, de potência, eleva os níveis de tensão no secundário, reduzindo os níveis de corrente, e, conseqüentemente, as perdas nos longas linhas de transmissão (B). Entre as subestações transmissora e distribuidora existem as linhas de subtransmissão, com níveis de tensão de algumas dezenas de quilovolts. Após a subestação distribuidora estão as linhas de distribuição primárias (C), de média tensão, que podem conter dispositivos de automação de distribuição (D), por exemplo, capazes de seccionar a rede ou alterar o esquema de distribuição, quando acionados por um comando específico. Por fim, entre a rede primária e os consumidores comerciais, indústrias (E) e residenciais (F), existem subestações particulares ou compartilhadas, responsáveis por reduzir os níveis de tensão, e as redes de distribuição secundárias.

No caso do Campus I da UFPB, a rede de distribuição primária acessa a universidade por meio da Vila Olímpica (CCS), onde fica localizado o cubículo de medição de demanda da universidade. Ela, a rede primária, se ramifica por toda a universidade, e os diversos transformadores distribuídos pelo Campus reduzem o nível de tensão, dando origem às redes de distribuição secundárias, que alimentam as edificações e os pontos de iluminação pública. Alguns prédios e a maior parte dos pontos de iluminação pública são alimentados subterraneamente.

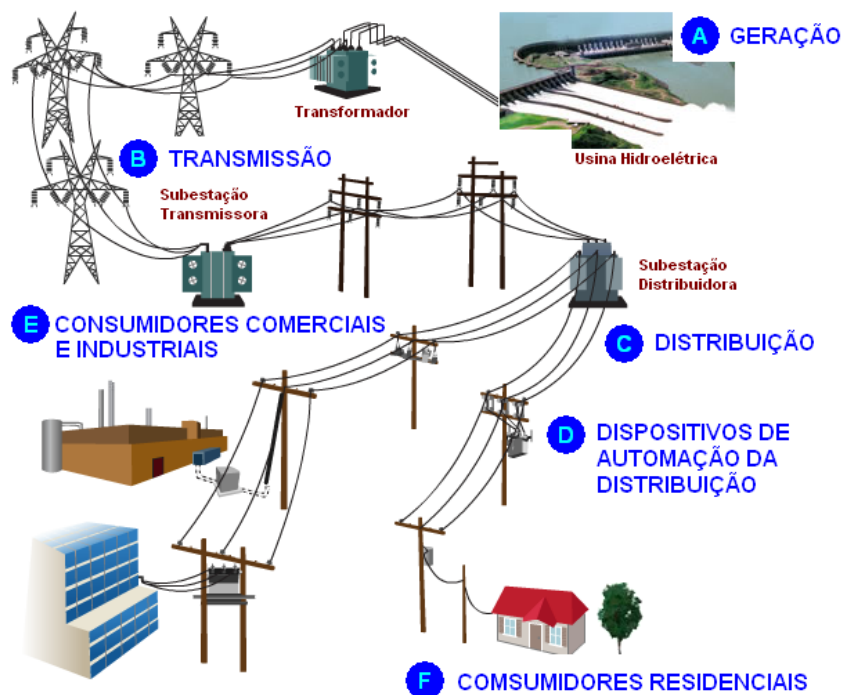


FIGURA 1. EXEMPLO DE UM SISTEMA ELÉTRICO BRASILEIRO (RETIRADA DE [HTTP://ENGENHARIANODIAADIA.BLOGSPOT.COM.BR/2012/02/O-DESENVOLVIMENTO-DOS-SISTEMAS.HTML](http://engenharianodiaadia.blogspot.com.br/2012/02/o-desenvolvimento-dos-sistemas.html)).

2.2 NORMAS

A NBR 5410/2004 é a norma brasileira para o projeto de instalações elétricas de baixa tensão. Ela detalha os critérios de projeto que devem ser adotados pelos engenheiros quando da elaboração de projetos de instalações elétricas de baixa tensão. Além da NBR 5410, existem normas locais, como as NDUs da Energisa, normas de vigência nacional, como a NBR 5413/1992 (iluminância de interiores) e a NBR 14.039/2003 (redes de média tensão), e normas internacionais, como a IEC 62.471 (Luminárias LED) e a Tabela ANSI. Dentre as normas brasileiras há algumas que tratam da simbologia usada em projetos elétricos. Um exemplo é a NBR 5444, que apresenta a simbologia para projetos de instalações elétricas prediais. Além das normas técnicas, devem ser respeitadas as normas de segurança, como a NR10 e a nova NR20, elaboradas pelo Ministério do Trabalho.

É importante conhecer as normas vigentes, pois elas orientam como deve ser feito o projeto luminotécnico (escolha, alocação e o número de lâmpadas, luminárias e refletores), o dimensionamento de condutores, condutos, malhas de aterramento, seleção

de dispositivos de proteção, etc. Na falta de normatização de vigência nacional, vale a pena recorrer às normas internacionais, mesmo que não sejam obrigatórias.

2.3 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES FASE

A escolha da bitola da seção, do material (cobre ou alumínio) e da isolação dos condutores (geralmente PVC, XLPE ou EPR), é chamada de dimensionamento. Essas escolhas devem levar em consideração a capacidade de condução de corrente, a queda de tensão ao longo do condutores e a capacidade de curto-circuito e sobrecarga dos condutores. Outros critérios, como o tipo de instalação (aérea ou subterrânea) e o tipo de cabo (unipolar, tripolar, multiplexado, etc.), devem ser levados em consideração. Nas Figuras 2 e 3, ilustra-se os cabos unipolar e tripolar, respectivamente.

A corrente que circulará por um determinado cabo, em um circuito monofásico, é determinada (MAMEDE, 2010) a partir da potência demandada, P , pelas cargas:

$$I_c = \frac{P}{V_{fn} \cos\theta} \quad (1)$$

Em que V_{fn} é a tensão fase-neutro do circuito, em V, P é a potência demandada pela carga, em W, e $\cos\theta$ é o fator de potência da carga. A potência demandada é obtida somando-se as potências das cargas que serão conectadas ao circuito. Também devem ser levados em consideração a quantidade de horas diárias que determinadas cargas permanecem ligadas e as chances de todas as cargas estarem ativas simultaneamente, por exemplo. Circuitos bifásicos a três fios podem ser dimensionados com a equação (1), quando as cargas estiverem ligadas entre fase e neutro. Se as cargas estiverem ligadas entre as duas fases, V_{fn} deve ser substituída por V_{ff} , a tensão fase-fase, ou de linha.

Em circuitos trifásicos a três (3F) e quatro fios (3F+N), a corrente de carga, para todas combinações de ligações entre condutores, é dada (MAMEDE, 2010) por:

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3}V_{ff} \cos\theta} \quad (2)$$

Em que V_{ff} é a tensão fase-fase, em V, e P é a potência demandada pela carga. Esse tipo de circuito geralmente alimenta cargas trifásicas individuais, através de quadros de distribuição de luz (QDL) e Centros de Controle de Motores (CCM).

Quando for determinada a corrente que percorre o condutor, uma tabela, relacionando-a às seções nominais deve ser consultada. A escolha também leva em consideração o número de condutores carregados que compõem o circuito, o tipo de circuito (monofásica, trifásico, etc.) e a quantidade de condutores em um mesmo conduto.

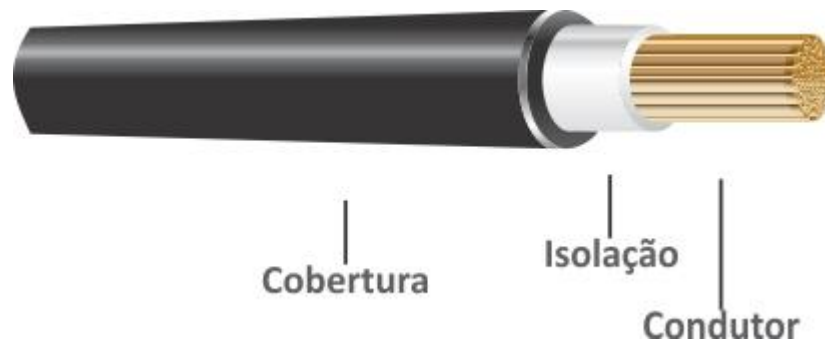


FIGURA 2. CAMADAS DE UM CABO UNIPOLAR (RETIRADO DE WWW.BRASFIO.COM.BR).

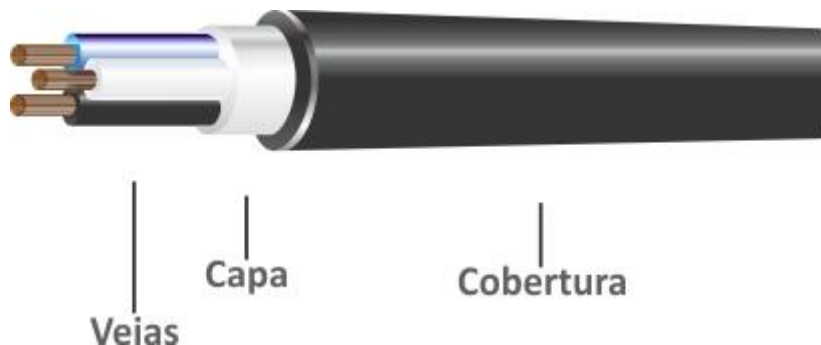


FIGURA 3. CAMADAS DE UM CABO TRIPOLAR (RETIRADO DE WWW.BRASFIO.COM.BR).

Se a queda de tensão (ΔV_c) máxima ao longo de um condutor, em um circuito monofásico, for conhecida, a seção mínima do condutor, em mm^2 , pode ser determinada pela seguinte equação:

$$A = \frac{200\sqrt{3}\rho \sum(L_c I_c)}{\Delta V_c V_{ff}} \quad (3)$$

Em que L_c é o comprimento do condutor, I_c é a corrente que o percorre, ρ é a resistividade do material, ΔV_c é a queda de tensão desejada, que, segundo a NBR 5410,

pode ser de 5% ou 7%, e V_{ff} é a tensão fase-fase. O valor de A deve ser comparado com os valores das tabelas de cabos e fios de fabricantes e deve ser escolhida o valor comercial imediatamente superior.

Em sistemas trifásicos a três (3F) e a quatro fios (3F+N), a mínima seção do condutor é dada por (MAMEDE, 2010):

$$A = \frac{100\sqrt{3}\rho \sum(L_c I_c)}{\Delta V_c V_{ff}} \quad (4)$$

O terceiro critério de dimensionamento, pela corrente de curto-circuito, consiste em escolher a seção do condutor em função da I_{CC} (primeiro método) ou limitar o comprimento do circuito em função da corrente de curto-circuito fase-terra. Essa escolha é feita com base em tabelas e gráficos, derivados da equação (MAMEDE, 2010):

$$A = \frac{I_{cs} \sqrt{T_e}}{0,34 \sqrt{\log_2 \left(\frac{234 + T_f}{234 + T_i} \right)}} \quad (5)$$

Em que I_{cs} é a corrente simétrica de curto-circuito, em kA, T_e é o tempo de eliminação de defeito, em s, T_f é a máxima temperatura de curto-circuito suportada pela isolação do condutor, em °C, e T_i é a máxima temperatura suportada pelo condutor em regime de operação normal, também em °C. Os valores de T_i e T_f são estabelecidos pelas normas e dependem do material isolante (PVC ou XLPE).

As correntes de curto-circuito entre fase e terra e as impedâncias do circuito também são usadas para limitar o seu comprimento. Para calcular esse comprimento limite, utiliza-se a equação (MAMEDE, 2010):

$$L_c = \frac{\frac{0,95V_{ff}}{\sqrt{3}I_{ft}} - Z_{mp}}{\frac{2Z_{jp}}{1000}} \quad (6)$$

Em que Z_{jp} é a impedância de sequência positiva do circuito terminal de comprimento L_c , em m, a partir da barra, em $m\Omega/m$, Z_{mp} é a impedância de sequência positiva, em Ω , entre a fonte e a barra de onde deriva o circuito terminal, e I_{ft} é a corrente de curto-circuito que ativa o dispositivo de proteção do barramento do qual parte o circuito terminal, dada em A.

2.4 DIMENSIONAMENTO DE CONDUTORES N, PE E PEN

De acordo com a NBR 5410/2004, condutores de proteção (PE), de neutro (N) e PEN devem ser dimensionados de acordo com a quantidade de fases do circuito, a seção dos condutores fase, a taxa de terceiro harmônico, o tempo de atuação do dispositivo de proteção, a corrente de curto-circuito, entre outros fatores. Algumas das principais recomendações, no que diz respeito ao dimensionamento de condutores de neutro e de proteção, podem ser lidos abaixo:

- Em circuitos monofásicos, a seção do condutor neutro deve ser igual à do condutor fase;
- O condutor neutro não pode ser compartilhado por mais de um circuito;
- Sob certas condições, se os condutores fase de um circuito trifásico tiverem seções superiores a 25 mm², a seção do condutor neutro poderá ser inferior à dos condutores fase;
- A seção do condutor neutro em um circuito bifásico a três fios (2F+N) não deve ser inferior à dos condutores fase. Se, no entanto, a taxa de harmônicas não exceder 33%, a seção do neutro poderá ser igual à seção dos condutores fase.
- Um condutor de proteção pode ser comum a mais de um circuito, desde que ambos estejam contidos em um mesmo conduto, e que tenham sido projetado para as mais severas condições de curto-circuito.
- Quando as funções de neutro e de proteção de um cabo PEN são separadas entre dois cabos (PE e N), em um determinado ponto da instalação, é vedada uma reunificação posterior das duas funções em um só cabo.
- Quando o tempo de atuação do dispositivo de proteção for inferior a 5 s, a seção transversal de um condutor de proteção, em mm², poderá ser calculada (MAMEDE, 2010) pela equação:

$$A_p = \frac{\sqrt{T_c I_{ft}^2}}{K} \quad (7)$$

Em que I_{ft} é o valor eficaz da corrente de falta, em A, entre fase e terra, que pode atravessar o dispositivo de proteção, K é um fator que depende

dos materiais que compõem os cabos e T_c é o tempo de eliminação do defeito pelo dispositivo de proteção, em s.

2.4. CONDUTOS ELÉTRICOS

Os condutos, que protegem e isolam os circuitos do meio exterior, podem ser de diversos tipos: bandejas, eletrodutos, canaletas, eletrocalhas, entre outros. O material dos condutos também varia, entre metálicos e poliméricos (geralmente PVC). A escolha dos condutos depende da taxa de ocupação, dos tipos de condutor neles contidos, de fatores ambientais e outros fatores práticos. Nas Figuras 4 e 5, ilustra-se, respectivamente, um eletroduto de PVC, muito comum em projetos elétricos, e eletrodutos galvanizados rígidos. Nas Figuras 6 e 7, por sua vez, ilustra-se uma canaleta plástica e uma eletrocalha perfurada, respectivamente.



FIGURA 4. ELETRODUTO DE PVC.
(RETIRADO DE [HTTP://WWW.JOAG.COM.BR/](http://www.joag.com.br/))



FIGURA 5 ELETRODUTO DE PVC.
(RETIRADO DE [USIBEL.COM.BR](http://usibel.com.br/))



FIGURA 6. CANALETA PLÁSTICA.
(RETIRADO DE [WWW.JELITEL.COM.BR](http://www.jelitel.com.br/))

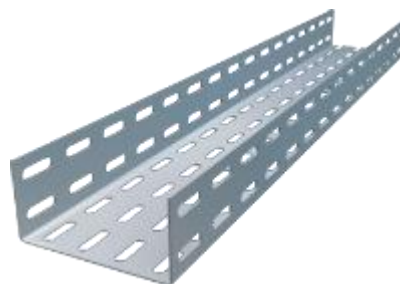


FIGURA 7. ELETROCALHA PERFURADA.
(RETIRADO DE [WWW.BAZAR339.COM.BR](http://www.bazar339.com.br/))

2.5. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Os dispositivos de proteção contra curtos-circuitos, sobrecargas, surtos de tensão e outras anomalias da rede, bem como os dispositivos de seccionamento e de proteção contra contatos diretos ou indiretos, devem ser dimensionados principalmente com base na corrente máxima que pode percorrer os condutores (cabos e barramentos) dos circuitos e no tempo de atuação admissível. Esses dispositivos podem ser disjuntores, fusíveis, relés (normalmente usados em redes de média tensão), dispositivos de proteção contra surtos (DPS) e dispositivos diferenciais (DR). Disjuntores e fusíveis são capazes de interromper o fluxo de corrente no circuito quando ele excede um limiar. O DPS protege o circuito contra surtos de tensão e o DR protege as pessoas e os circuitos contra correntes de fuga. O DR, especificamente, pode ser classificado como sendo de baixa sensibilidade, quando apenas detecta correntes de fuga acima de 30 mA, e de alta sensibilidade, quando detecta correntes de fuga inferiores a 30 mA. Os relés mais conhecidos são os primários de ação direta, dotados de unidades de ação instantânea (50) e temporizada (51), e os secundários de sobrecorrente digitais, que, além das funções 50 e 51, são dotados de muitas outras funções.

2.6. TOMADAS

Os circuitos terminais de distribuição possuem tomadas de uso geral (TUG), de uso específico (TUE) e pontos de luz. Potências nominais comuns para tomadas de uso geral são de 100, 200 ou 600 VA, enquanto as potências nominais de tomadas de uso específico variam muito mais, de acordo com a potência da carga. A quantidade de tomadas de corrente e pontos de iluminação em um ambiente dependem das suas dimensões e da sua natureza (escritório, residência, indústria, etc.). Dentre as recomendações feitas pela NBR 5410/2004, destacam-se, para locais usados como habitação:

- Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m² deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
- Em banheiros, ao menos uma tomada junto ao lavatório;

- Em cozinhas, copas ou copas-cozinhas, no mínimo uma tomada para cada 3,50 m, ou fração, de perímetro;
- Ainda em cozinhas, copas ou copas-cozinhas, acima de cada bancada com largura igual ou superior a 0,30 m deve haver ao menos uma tomada;
- Para cômodos ou dependências cuja área seja superior a 6 m², deve haver uma tomada para cada 5 m de perímetro;
- Cômodos ou dependências inferiores a 6 m² devem ter ao menos uma tomada;
- Tomadas de uso específico devem ser posicionadas a uma distância máxima de 1,5 m das cargas que alimentam;
- Tomadas duplas ou triplas montadas em uma mesma caixa devem ser consideradas como sendo um só ponto de corrente.

2.7. PROJETOS ELÉTRICOS

Instalações elétricas normalmente são compostas por vários circuitos. Esses circuitos pode ser separados em duas categorias: um para as tomadas de corrente e outro para as cargas de iluminação. Todos os circuitos estão ligados a quadros terminais de distribuição (Figura 8), ou quadros de distribuição de luz (QDL), nos quais estão localizados os seus disjuntores de proteção. Os quadros terminais de distribuição, por sua vez, estão ligados a um quadro geral de distribuição (QGD), que possuem disjuntores capazes de desligar cada quadro de circuitos. Essa filosofia de proteção em cascata permite que a instalação seja seccionada de forma a desativar setores defeituosos quando neles houver algum tipo de sobrecorrente. As normas vigentes exigem que os quadros sejam escolhidos de forma que não permitam a entrada de poeira excessiva ou de água, o que acabaria afetando o seu bom funcionamento.

Algumas das ligações feitas no interior de quadros de distribuição são feitas por meio de barramentos, que são condutores rígidos, de forma retangular ou cilíndrica, maciços ou ocos, que podem ser pintados ou não, dependendo da aplicação. A pintura de um barramento comprovadamente influencia em suas propriedades elétricas e de dissipação de calor (MAMEDE, 2010). Alguns barramentos são mais adequados para

níveis de tensão específicos, enquanto outros são fabricados para aplicação em ambientes específicos.

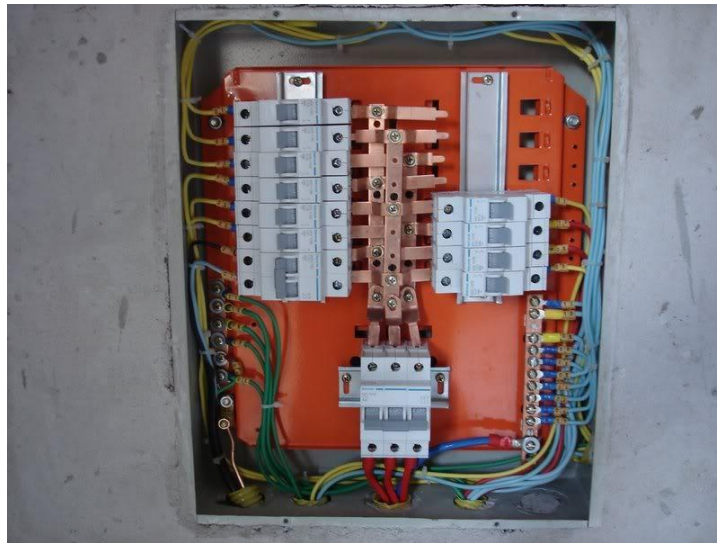


FIGURA 8. QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO RESIDENCIAL. (RETIRADO DE MANGESEMELETRICA.WEBNODE.COM.BR)

2.8. PROJETOS LUMINOTÉCNICOS

Os pontos de luz citados anteriormente podem ser realizados com vários tipos de lâmpadas: incandescentes, fluorescentes, de vapor de sódio, halógenas, de vapor metálico e a LED. As lâmpadas podem ser combinadas a luminárias e refletores, capazes de direcionar a luz. Algumas lâmpadas são mais adequadas para determinadas aplicações. Lâmpadas incandescentes reproduzem cores muito bem e, por exemplo, são adequadas para aplicações em vitrines. Lâmpadas halógenas, um tipo mais econômico de lâmpada incandescente, são muito comuns em teatros e museus. Enquanto isso, lâmpadas de vapor de sódio, de luz amarelada, são suficientes para iluminar estacionamentos, apesar de seu baixo índice de reprodução de cor.

Algumas das normas para projetos luminotécnicos são a NBR 5413 (iluminação de interiores) e a NBR 5101 (iluminação pública). Projetos luminotécnicos de interiores, especificamente, podem ser realizados por três métodos:

- 1 – Método dos lúmens;
- 2 – Método das cavidades zonais;
- 3 – Método ponto a ponto.

O primeiro método é o mais simples e grosseiro. Ele pode ser realizado por meio de cálculos simples. O primeiro passo consiste em determinar o fluxo luminoso necessário para iluminar o ambiente em questão, o que pode ser feito por meio da seguinte equação (MAMEDE, 2010):

$$\psi_t = \frac{ES}{F_u F_{dl}} \quad (8)$$

Em que ψ_t é o fluxo total que deve ser emitido pelas lâmpadas, em lumens, E é o iluminamento médio necessário, em lux, S é a área do ambiente, em m², F_{dl} é o fator de depreciação da luminária adotada e F_u é o fator de utilização do ambiente. O fator de depreciação é tabelado, de acordo com o tipo de luminária. O fator de utilização do ambiente, apesar de tabelado, requer o cálculo do índice do recinto, K , por meio da seguinte equação (MAMEDE, 2010):

$$K = \frac{AB}{H_{lp}(A + B)} \quad (9)$$

Em que A é o comprimento do recinto, em m, B é a largura do recinto, em m, e H_{lp} é a altura da fonte de luz sobre o plano de trabalho, em m. Uma vez que se tenha calculado K , e que se conheça as refletâncias médias do teto, ρ_{te} , das paredes, ρ_{pa} , e do piso, ρ_{pi} , basta consultar as tabelas fornecidas pelo fabricante da luminária. O próximo passo consiste em calcular o número de luminárias necessárias para satisfazer os critérios de projeto, o que pode ser feito por meio da seguinte equação (MAMEDE, 2010):

$$N_{lu} = \frac{\psi_t}{N_{la}\psi_l} \quad (10)$$

Em que ψ_l é o fluxo luminoso emitido por uma lâmpada, em lumens, ψ_t é o fluxo total, em lumens, calculado pela equação (8), e N_{la} é o número de lâmpadas por luminárias. Por fim, a distribuição das luminárias deve ser feita de acordo com os seguintes critérios:

- O espaçamento entre os centros das luminárias deve ser de 1 a 1,5 de sua altura útil;
- O espaçamento entre os centros das luminárias e as paredes deve ser metade do espaçamento entre os centros de duas luminárias.

O segundo método, das cavidades zonais, requer cálculos mais complexos, e não será detalhado aqui. Mais informações podem ser obtidas em livros de instalações elétricas prediais ou específicos para luminotécnica.

O terceiro método é o mais complexo, e geralmente é feito com o auxílio de ferramentas computacionais, como o software DIALUX ®. Ele consiste em calcular as contribuições de todas as fontes de luz (fluxo luminoso total) em cada ponto do ambiente que se deseja iluminar. A partir dessas informações, são construídos mapas, exibindo todas as curvas isocandelas, que representam superfícies com mesma intensidade luminosa em um ambiente, de forma semelhante às equipotencias, no contexto de campos elétricos.

Para usar qualquer um dos métodos supracitados é importante que se conheça o significado de algumas grandezas elétricas, como a iluminância, o fluxo luminoso e a luminância, o que pode ser feito consultando livros sobre o assunto ou sobre projeto de instalações elétricas.

2.9. REDES DE DISTRIBUIÇÃO

As redes de distribuição secundária geralmente começam em subestações aéreas ou abrigadas. Em determinados pontos da redes primárias existem inúmeros transformadores MT/BT suspensos em postes de concreto. As redes de distribuição de baixa tensão que partem desses transformadores alimentam as edificações mais próximas. As subestações abrigadas são construídas dentro da propriedade do cliente, de acordo com as normas da concessionária local, como será explicado mais adiante.

Os postes de concreto usados em redes de distribuição primárias podem ser de dois tipos, cada um com características próprias de resistência mecânica e altura. O primeiro tipo, chamado duplo T, está ilustrado na Figura 9. Ele é usado em locais em que não haja esforços mecânicos em vários sentidos. As faces lisas (lado B) possuem uma resistência mecânica maior que a face cavada (lado A), capaz de suportar 50% do esforço que suporta a face lisa. Portanto, a face lisa deve estar na direção dos condutores, enquanto a face cavada deve ser perpendicular aos mesmos. Caso o poste esteja alocado em um local com ângulo, a direção da resultante das tensões dos cabos deve ser determinada, e o lado B do poste deve alinhado a ela. Os postes circulares,

ilustrados na Figura 10, apenas devem ser usados quando houver esforços em muitos sentidos. Vale ressaltar que postes de madeira normalmente não são usados no Brasil, apesar de ainda seguirem sendo usados em algumas regiões.

Além dos tracionamentos, devem ser levados em consideração, quando do projeto de redes primárias, a flecha (Figura 11), a ação do vento sobre os cabos e sobre os postes, as distâncias mínimas entre os cabos e o solo, entre outros critérios.

Os cabos de distribuição não são suspensos diretamente pelos postes. Ambos estão separados por isoladores (Figura 12), que diferem entre si pela sua capacidade de isolamento, pelo tipo de material isolante (normalmente polimérico ou cerâmico) e pelo formato do isolador. A capacidade de isolamento de isoladores de média tensão geralmente alcança as dezenas de kV.

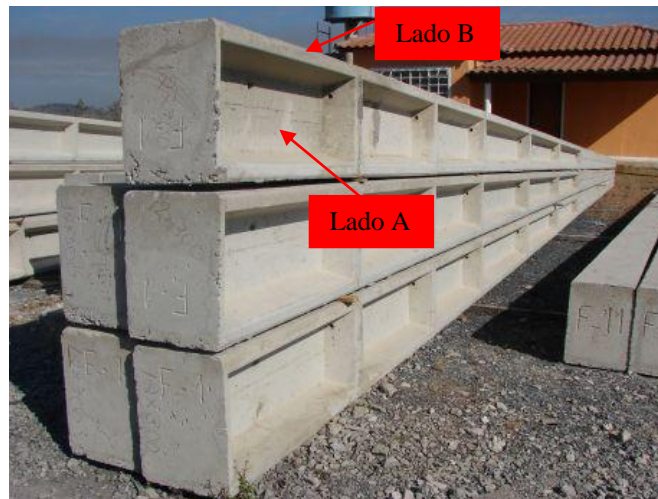


FIGURA 9. POSTES DE CONCRETO DUPLO T. (RETIRADO DE WWW.QUALITECRS.COM.BR).



FIGURA 10. POSTES DE CONCRETO CIRCULAR. (RETIRADO DE WWW.PREMOLDADOSARTELAJE.COM.BR)

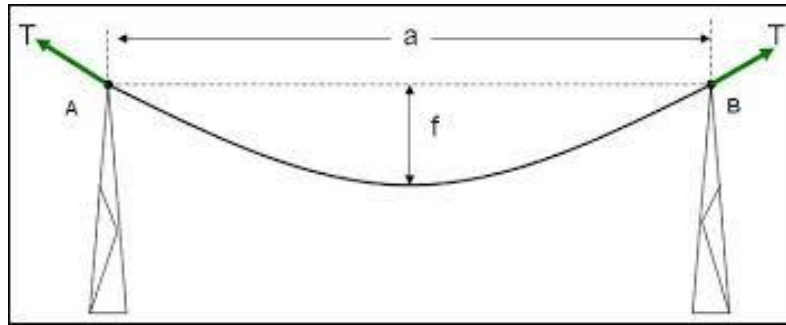


FIGURA 11. FLECHA, F, TRAÇÃO, T, E DISTÂNCIA, A, ENTRE DOIS POSTES DE DISTRIBUIÇÃO. (RETIRADO DE WWW.CAMACHO.ENG.BR)



FIGURA 12. ISOLADORES DE PINO USADOS EM REDES DE MÉDIA TENSÃO. (RETIRADO DA APOSTILA DE CONSTRUÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO, IFCE)

2.10. SUBESTAÇÕES ABRIGADAS

Subestações abrigadas são construídas de acordo com a NBR 14039:2003 e as normas das concessionárias locais. Elas devem ter proteções contra descargas atmosféricas, malhas de aterramento específicas, um cubículo de medição primária, um posto de proteção primária e um posto de transformação. A construção do cubículo de medição só é obrigatória quando a demanda é maior que 225 kVA, quando há mais de um transformador na subestação ou quando a tensão secundária for diferente da estabelecida pela concessionária local. O tipo de proteção e as precauções de segurança usadas na subestação dependem da demanda do consumidor.

É muito comum encontrar consumidores que tenham mais de um transformador em uma mesma subestação abrigada. Para que se possa conectar dois transformadores em paralelo, e as cargas sejam distribuídas igualmente entre eles, é necessário que

obedeçam a certas condições. Como tais condições dificilmente são satisfeitas, as cargas acabam se distribuindo diferentemente entre eles.

Nos postos de proteção são usados relés com as funções 50 e 51 (do padrão ANSI), para proteger os condutores fase e neutro. O dimensionamento desses relés é vital para manter a instalação segura, e será detalhado mais adiante, quando for explicado o projeto de readequação da rede do Hospital Universitário Lauro Wanderley (HULW).

3 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

As seções a seguir detalham as atividades desenvolvidas ao longo do estágio, divididas em três subgrupos: projetos elétricos (seção 3.1), trabalhos envolvendo luminotécnica (seção 3.2) e atividades de manutenção e recebimento de obras (seção 3.3). Os projetos elétricos do Centro de Educação (subseção 3.1.1) foram realizados nos meses de outubro e novembro, enquanto os outros dois, do Hospital Universitário Lauro Wanderley (subseção 3.1.2) e do Arquivo Central (subseção 3.1.3), foram realizados no mês de dezembro, o terceiro de estágio. Os trabalhos de luminotécnica, com exceção da questão da Sala de Concertos Radegundis Feitosa e da iluminação de natal, foram desenvolvidos no mês de outubro. As atividades de manutenção e de recebimento de obras foram numerosas, e permearam todo o período de estágio. Em grande parte das atividades, o contato com os eletricitas, os técnicos e os engenheiros foi constante, permitindo um maior aprendizado.

3.1 PROJETOS ELÉTRICOS

Durante o estágio foram desenvolvidos, com o auxílio do software AUTOCAD®, alguns esquemas elétricos, referentes aos projetos de expansão da carga do Centro de Educação (CE), de adequação da rede primária do Hospital Universitário Lauro Wanderley (HULW) para entrega à Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH) e de adequação da rede primária para o suprimento do Arquivo Central da Reitoria da UFPB.

3.1.1 INSTALAÇÃO DE NOVOS CIRCUITOS NO CENTRO DE EDUCAÇÃO

O primeiro projeto, relativo ao CE, consistiu na segunda de três etapas de expansão da carga, de três centros: o CCHLA, o CE e o CCSA. A quantidade de aparelhos de ar condicionado, computadores e outros equipamentos elétricos tem crescido bastante nos últimos anos, gerando a necessidade de se instalar novas tomadas de uso específico e de uso geral, na maioria dos blocos que compõem o centro. As

tomadas foram alocadas em novos circuitos, que trouxeram consigo a necessidade de instalar novos quadros, e, em alguns casos, substituir os antigos.

Na Figura 13 ilustra-se uma pequena parte do esquema elétrico do projeto de expansão da capacidade de carga do CE. Nela pode-se observar alguns quadros de distribuição e o geral de força do bloco D, que é composto por sala de aula e ambientes administrativos. Os novos quadros do bloco D foram batizados de QDN, e são todos de sobrepor, enquanto a maioria dos quadros de distribuição antigos, chamados de QD, são embutidos nas paredes. Outro detalhe que diferencia os quadros antigos dos novos é a metade hachurada, presente apenas nos quadros antigos. Em outros blocos, a nomenclatura dos quadros é levemente diferente. Para o bloco C, por exemplo, os quadros novos e antigos são chamados, respectivamente, de QCN e QC. Para as tomadas, desenhadas em verde, não foram especificadas alturas, como geralmente é feito nesse tipo de esquema. Isso se deve ao fato de as alturas e as posições das tomadas variarem conforme as necessidades dos usuários de cada ambiente, algo que acaba sendo decidido na fase de execução. O número de identificação dos circuitos e a potência (em VA) das tomadas estão indicados ao lado das mesmas. As linhas amarelas indicam a existência de eletrodutos e os retângulos azuis indicam a existência de eletrocalhas. As demais linhas (com exceção das vermelhas, que representam as paredes, e das brancas, que servem para indicar as legendas) consistem nos alimentadores dos quadros de distribuição e do quadro geral de força.

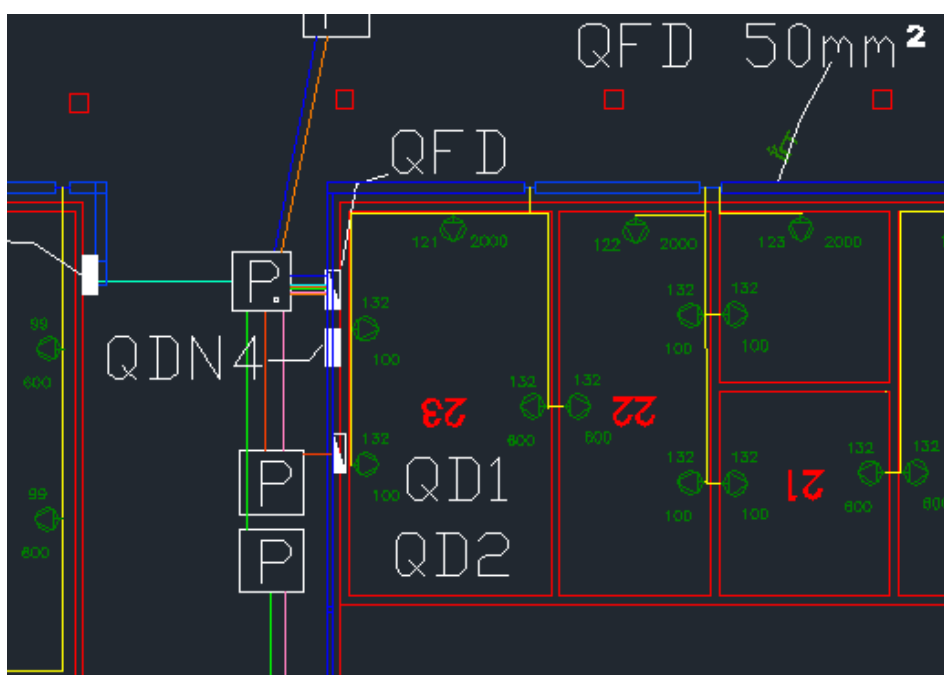


FIGURA 13. PARTE DO ESQUEMA ELÉTRICO DE UM DOS BLOCOS CONTEMPLADOS PELO NOVO PROJETO DO CE.

Ao lado do esquema elétrico dos prédios foram desenhadas tabelas contendo informações acerca dos quadros novos, como a demanda prevista para cada tomada de corrente, as correntes de acionamento dos dispositivos de proteção (disjuntores), as bitolas dos cabos (fase, neutro e terra) e a distribuição das cargas entre as fases A, B e C, da instalação. Como recomendado, as cargas foram distribuídas o mais uniformemente possível, para evitar uma disparidade muito grande entre das bitolas de ambas as fases. Um exemplo é a tabela do quadro QAN2, ilustrada na Figura 14.

Próximos às tabelas dos quadros foram desenhados os seus diagramas unifilares, que indicam a quantidade de fases dos disjuntores de proteção (três para a proteção geral e uma para os disjuntores que protegem cada circuito), a corrente de disparo dos disjuntores, o número de identificação de cada circuito e a bitola dos condutores de fase e neutro. Conforme as normas, o condutor neutro tem uma bitola igual à dos condutores fase (10 mm², para o quadro QAN2). Como a carga se distribui entre vários circuitos terminais, as bitolas dos condutores desses circuitos são menores (4 mm²), conforme indicado no diagrama unifilar do QAN2 (Figura 15).

Esse projeto já estava em andamento quando o estágio começou. Por esse motivo, não coube ao estagiário fazer o dimensionamento dos condutores e condutos, mas, apenas a alocação de tomadas e o desenho do esquema elétrico no AUTOCAD®, cuja simbologia difere um pouco daquela constante na NBR 5444. O esquema elétrico completo incluiu as tabelas e os diagramas unifilares dos novos quadros, indicando os valores de corrente dos disjuntores de cada circuito terminal.

QAN2															
Circuito	Descrição	Potência [w]	Potência [VA]	Fator Potência	Fator Demanda	Demanda [w]	Tensão [V]	Corrente [A]	Fase [mm ²]	Neutro [mm ²]	Terra [mm ²]	Proteção [A]	Fase A [w]	Fase B [w]	Fase C [w]
81	TUE	2000,00	2173,91	0,92	0,90	1956,522	220,00	8,893	4,0	4,0	4,0	25	1956,522	-	-
82	TUE	2000,00	2173,91	0,92	0,90	1956,522	220,00	8,893	4,0	4,0	4,0	25	-	1956,522	-
83	TUE	2000,00	2173,91	0,92	0,90	1956,522	220,00	8,893	4,0	4,0	4,0	25	-	-	1956,522
84	TUE	2000,00	2173,91	0,92	0,90	1956,522	220,00	8,893	4,0	4,0	4,0	25	1956,522	-	-
85	TUE	2000,00	2173,91	0,92	0,90	1956,522	220,00	8,893	4,0	4,0	4,0	25	-	1956,522	-
86	TUE	2000,00	2173,91	0,92	0,90	1956,522	220,00	8,893	4,0	4,0	4,0	25	-	-	1956,522
87	TUG	4700,00	4700,00	1,00	0,60	2820,00	220,00	12,818	4,0	4,0	4,0	25	-	2820	-
TOTAL		16700,00	17743,50		1,00	14559,13	380,00	22,121	10,0	10,0	10,0	50	3913,043	6733,043	3913,043

FIGURA 14. TABELA CONTENDO AS DEMANDAS DE CADA QUADRO, AS BITOLAS DOS CABOS, OS DISJUNTORES DE PROTEÇÃO E A DISTRIBUIÇÃO DAS CARGAS ENTRE AS FASES DOS CIRCUITOS.

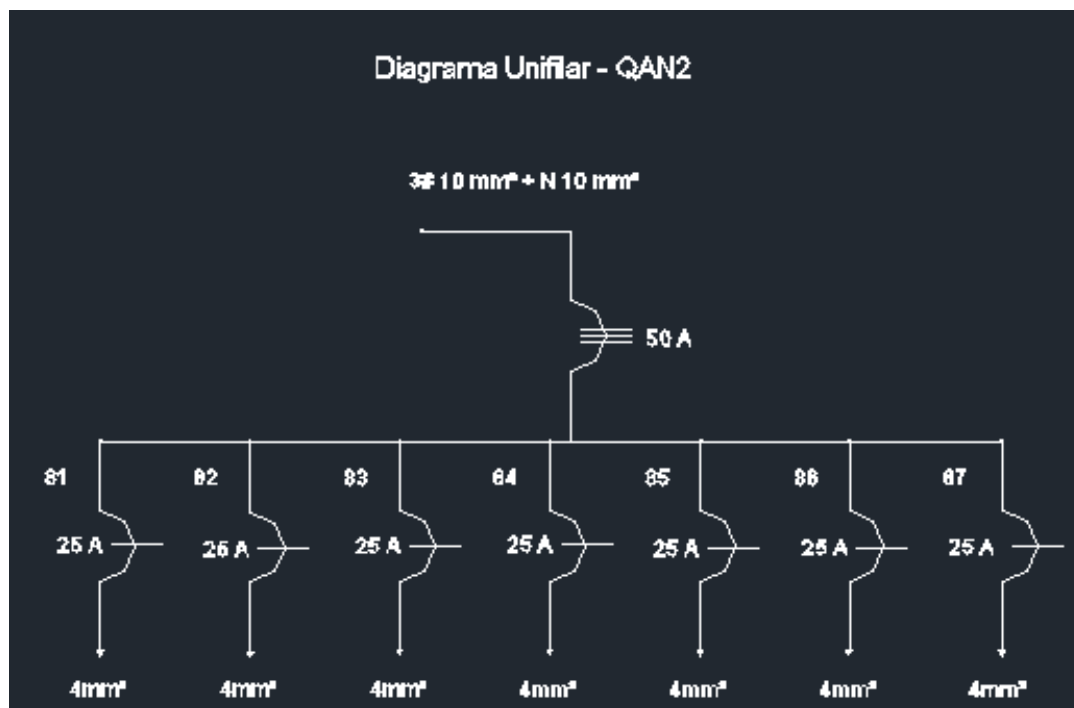


FIGURA 15. DIAGRAMA UNIFILAR DO QUADRO QAN2, INDICANDO OS DISJUNTORES DE PROTEÇÃO E AS SUAS RESPECTIVAS CAPACIDADES DE CORRENTE.

3.1.2 CUBÍCULO DE MEDIÇÃO DO HULW

O projeto de adequação da rede primária do HULW consistiu em projetar um cubículo, ou posto, de medição e separar a sua rede primária da rede da UFPB. A necessidade de separar as redes primárias do HULW e da UFPB surgiu com a criação, em 2012, da Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH), vinculada diretamente ao MEC. Com a adesão do HULW à EBSERH, a conta de energia do hospital deixará de ser responsabilidade da universidade, e a separação das redes tornou-se necessária.

Na Figura 16, ilustra-se uma parte da nova rede primária do HULW. As distâncias entre os postes de duplo T, cujos símbolos se assemelham a gravatas borboleta, estão indicadas acima das linhas cotadas que representam as linhas de média tensão. O espaço reservado para a construção do cubículo de medição também está indicado. Esse cubículo é composto por um posto de medição e um de proteção primária. Os transformadores, por sua vez, já estão alocados em um posto atrás do hospital.

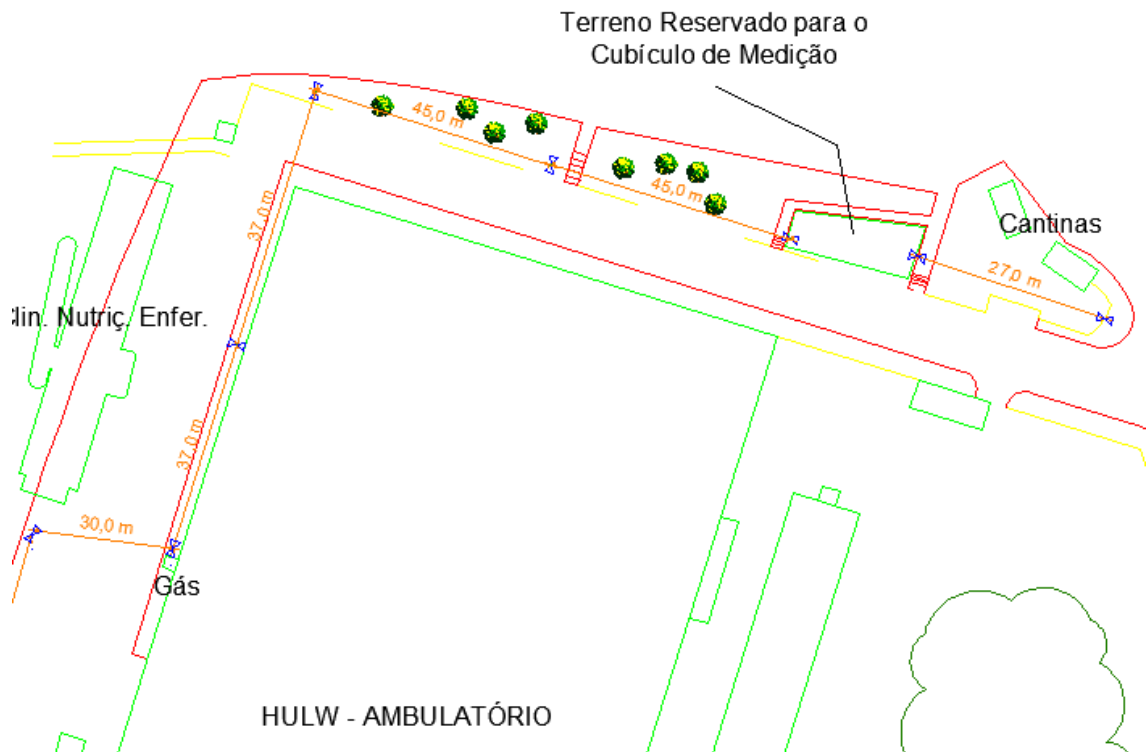


FIGURA 16. PARTE DO ESQUEMA ELÉTRICO DA REDE PRIMÁRIA DO HULW.

Nas Figuras 17, 18 e 19 estão ilustrados, respectivamente, o cubículo de medição próximo à Vila Olímpica, no Centro de Ciências da Saúde (CCS), o posto de segurança e o posto de medição. Os postos fazem parte do cubículo de medição, que foi visitado em novembro, com o objetivo de coletar dados referentes à demanda da universidade, colhidos e armazenados por um módulo de medição CCK (ilustrado na Figura 20), cujas especificações estão elencadas no Apêndice A. O cubículo de medição que será construído na área do HULW é semelhante ao da Vila Olímpica. A única diferença entre eles consiste no dimensionamento dos dispositivos de proteção (especialmente o relé), das bitolas dos cabos e do transformador de corrente usado na medição da potência.

De acordo com a NBR 14039/2003, para determinar a bitola dos condutores da rede primária, é necessário conhecer as tensões nominais da rede, os métodos de instalação dos cabos e a corrente máxima que poderá percorrer a rede de distribuição. Considerando a hipótese de os transformadores do HULW (ao todo, são três de 750 kVA) serem utilizados em sua capacidade máxima, correspondente a 2250 kVA. Nesse caso, a corrente máxima de carga pode ser determinada a partir da seguinte equação (MAMEDE, 2010):

$$I_{max} = \frac{S_{max}}{3V_f} \quad (11)$$

Sendo 13,8 kV a tensão de linha da rede primária, a tensão de fase V_f pode ser encontrada dividindo-se a tensão de linha por $\sqrt{3}$. Então, V_f é aproximadamente igual a 7967,4 V, e a corrente máxima é aproximadamente igual a 94,13 A. Os métodos de instalação da rede primária usados na UFPB, por sua vez, geralmente são o A (três cabos unipolares justapostos ou em trifólio ao ar livre) e o B (três cabos unipolares espaçados ao ar livre). Consultando as tabelas de capacidade de condução de corrente dos condutores primários, para tensões de rede inferiores a 8,7/15 kV, a conclusão é que devem ser usados condutores de cobre com isolamento de XLPE ou EPR e bitola de 16 mm² ou com isolamento de EPR (105) e bitola de 10 mm².

Apesar de os cálculos terem fornecido bitolas de 10 ou 16 mm², optou-se por adotar condutores de fase com bitolas de 50 mm², já disponíveis no almoxarifado. Os condutores neutro e de proteção terão, ambos, bitolas de 25 mm². Nesse caso, também por questões de praticidade, serão utilizados condutores de alumínio com isolamento de EPR, próprios para níveis de tensão de 15/25 kV. Ao todo, os cabos da rede primária somam 335 m de comprimento.



FIGURA 17. CUBÍCULO DE MEDIÇÃO.



FIGURA 18. POSTO DE PROTEÇÃO.



FIGURA 19. POSTO DE MEDIÇÃO.



FIGURA 20. MÓDULO DE MEDIÇÃO CCK.

O cubículo de medição foi projetado conforme as normas nacionais e as normas da concessionária local, a Energisa Paraíba, principalmente a NDU 002. Para dimensionar os equipamentos de proteção (relé) e de medição (a relação de transformação do transformador de corrente), foram consultados os dados coletados pelo módulo CCK, correspondente à demanda do HULW, que atualmente ainda é inferior a 1100 kW. A partir desse dado, foi calculada a corrente nominal

$$I_n = \frac{P_{atual}}{(\sqrt{3}V_L)(0,92)} \quad (12)$$

A partir da corrente nominal (aproximadamente 50,082 A) foi calculada a corrente de partida do relé:

$$I_p = 1,25xI_n \quad (13)$$

A corrente de partida (62,602 A), por sua vez, foi usada para calcular os pontos ANSI, que correspondem aos valores máximos de corrente suportados pelo transformador por um período de tempo específico, sem se danificar. A curva de acionamento do relé para as funções de proteção de fase e neutro deve sempre permanecer abaixo do ponto ANSI. No caso de uma falta fase-terra, sendo o transformador triângulo-estrela com neutro solidamente aterrado, o ponto ANSI, dado

por I_{nansi} , também deve ser calculado. Para um transformador com impedância percentual de 4%, obtém-se

$$750 \text{ kVA } (Z = 4\%) \rightarrow I_{ansi \ 750} = \frac{100}{Z\%} \times I_n = 1252,1 \text{ A, para } 2 \text{ s} \quad (14)$$

$$I_{nansi \ 750} = 0,58 \times I_{ansi} = 726,189 \text{ A}$$

O passo seguinte foi calcular a corrente de magnetização de um transformador de 750 kVA, e depois somá-la à corrente nominal de um segundo transformador, para obter a corrente de magnetização do sistema. Como a potência atualmente demandada pelo HULW ainda é baixa, apenas dois transformadores permanecerão ativados. A corrente de magnetização foi calculada multiplicando a corrente nominal do transformador por 8, uma prática comum quando da elaboração de projetos elétricos:

$$750 \text{ kVA,} \quad I_m = 8x \frac{750}{13,8 \times 1,73} = 251,32 \text{ A} \quad (15)$$

A corrente de magnetização do sistema é:

$$I_m = 251,32 + 50,082 = 301,402 \text{ A em } 0,1\text{s} \quad (16)$$

Logo, as correntes de disparo de fase e de neutro do relé são:

$$I_{instf} = 1,25 \times I_m = 376,7525 \text{ A} \quad (17)$$

$$I_{instn} = 0,1 \times I_{instf} = 37,67525 \text{ A}$$

Para concluir os cálculos de dimensionamento do relé e do transformador de corrente, é preciso que se conheça a corrente de curto-circuito máxima no ponto de entrega, valor fornecido pela concessionária local. Esse último cálculo não foi feito antes do término do estágio. Portanto, o coordenograma, contendo as curvas dos dispositivos de proteção, também não foi concluído.

O comprimento dos cabos necessários para o ramal de entrada, o esquema de aterramento, a proteção contra descargas atmosféricas, as dimensões do cubículo de medição, entre outros detalhes, foram elaborados de acordo com as normas vigentes. Os condutores dos ramais de entrada subterrâneos serão feitos de cobre e terão as mesmas bitolas que os condutores da rede primária (50 mm² de fase e 25 mm² de neutro e de proteção). O memorial descritivo do projeto, sem imagens, pode ser encontrado no Anexo I.

3.1.3 ADEQUAÇÃO DA REDE PRIMÁRIA DA REITORIA

O terceiro projeto consistiu em adequar a rede primária da universidade para alimentar o recém construído prédio do Arquivo Central, pertencente à Reitoria. Um esquema elétrico foi elaborado, indicando a localização dos novos postes (todos do tipo duplo T), a direção do seu esforço e a localização dos transformadores, além do tipo de cabo usado em cada trecho. Uma parte desse esquema está ilustrada na Figura 21.

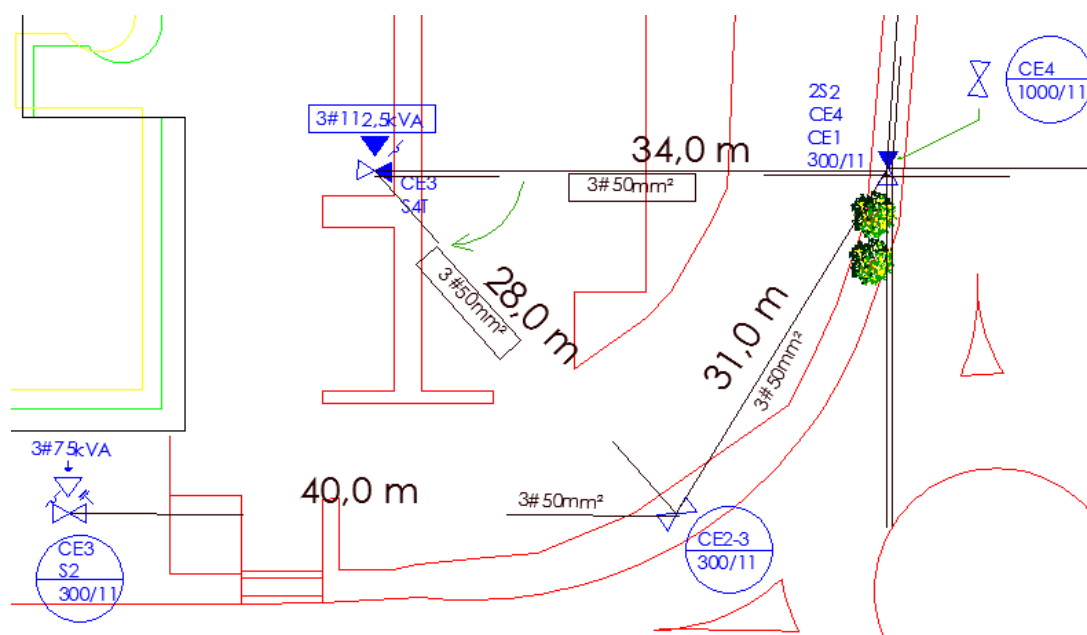


FIGURA 21. PARTE DO ESQUEMA ELÉTRICO DA REDE PRIMÁRIA USADA PARA ALIMENTAR O ARQUIVO CENTRAL.

Na Figura 21, os postes estão desenhados com o formato de uma gravata borboleta. Os antigos estão desenhados com uma metade hachurada e os novos estão totalmente em branco. Os cabos escolhidos para realizar essa rede são unipolares de alumínio, com bitola de 50 mm². Um dos postes será substituído, para suportar um esforço maior. De 300 daN, a face B passará a suportar 1000 daN. O novo poste terá 11 m de altura. Um transformador trifásico de 75 kVA também foi instalado acima de um dos novos postes. O antigo, de 112,5 kVA, será mantido. À época de sua instalação, ele foi previsto apenas para alimentar as antigas instalações da reitoria.

3.2 LUMINOTÉCNICA

Nas duas primeiras semanas de estágio foram desenvolvidas basicamente duas atividades. A primeira consistiu em identificar e mapear os pontos de iluminação

pública do Campus I, classificados em luminárias, refletores e postes ornamentais de 10 m (ou 12 m), de 6 m e de 18 m. Para tanto, foi necessário editar uma planta da universidade, obtida junto ao Departamento de Obras da Prefeitura Universitária. A partir dos dados colhidos, foi elaborado, em Microsoft Access, um banco de dados dos pontos de iluminação pública da universidade e um mapa indicando a sua localização. Uma parte desse mapa, referente aos primeiros blocos do Centro de Tecnologia (CT) e parte da calçada do Centro de Energias Alternativas e Renováveis (CEAR), está ilustrada na Figura 22.






A metodologia usada para identificar os pontos de luz no mapa de iluminação pública foi a seguinte:

1. Os pontos de luz são alocados no mapa conforme o código de cores da Tabela 1;
2. Cada ponto de luz recebeu um nome único, composto por uma ou duas letras identificando o tipo de ponto, o centro ou setor da universidade no qual o ponto está localizado e um número;
3. Os nomes dos pontos de luz foram inseridos em uma arquivo Microsoft Access. Nele, pode ser escrito o histórico de cada ponto, para um futuro acompanhamento.

Um exemplo dessa nomenclatura é:

PO CT 2
Poste Ornamental de 6 m Centro de Tecnologia Número

Tabela 1. Código de cores usado para identificar os pontos de luz.

Cor	Tipo de Ponto
	Luminária
	Poste Ornamental de 6 m
	Poste Ornamental de 10/12 m
	Poste Ornamental de 18 m
	Refletor
Demais cores	Postes especiais

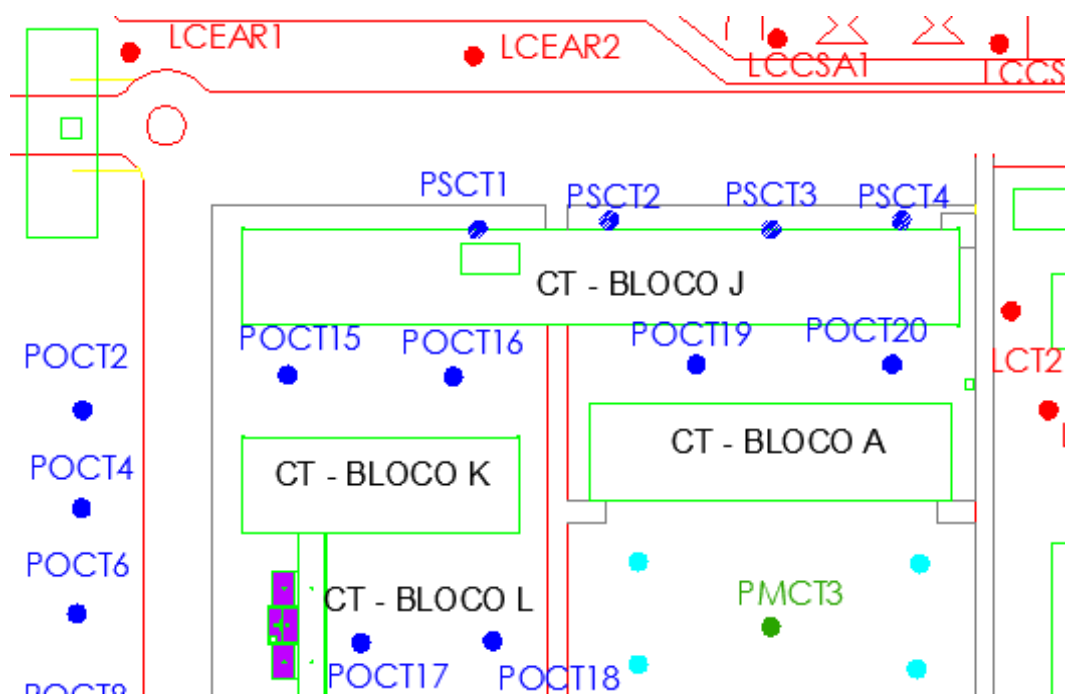


FIGURA 22. PARTE DA PLANTA DA UNIVERSIDADE ATUALIZADA COM OS PONTOS DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA.

A segunda tarefa consistiu em ler os manuais e estudar o funcionamento de dois dispositivos, um luxímetro MLM 1011 e um termômetro infravermelho FLIR i7, adquiridos pela Secção de Eletricidade. Esses dois equipamentos foram aplicados, entre outras coisas, em atividades de manutenção e verificação das características luminosas de ambientes.

O luxímetro digital MLM 1011, ilustrado na Figura 23, é capaz de quantificar, em lux, a intensidade da luz. A chave imediatamente abaixo do visor LCD é chamada de RANGE e serve para mudar as faixas de medição. A menor faixa vai de zero a dois mil lux (valor exibido x1), enquanto a maior faixa se estende de zero a 100.000 lux (valor exibido x100). A segunda chave, chamada ON/OFF/HOLD serve para ligar, desligar e “congelar” o dispositivo. O dispositivo opera na faixa de temperatura entre -10 e 40°C. Para usar o luxímetro é necessário remover a tampa e manter certa distância, para evitar o sombreamento do fotodiodo. Para faixa valores acima de 10.000 lux, o erro da medição é de aproximadamente 5%. Se o valor for inferior a 10.000 lux, o erro é de aproximadamente 4%.

O termômetro infravermelho FLIR i7 (Figura 24) possui um visor LCD colorido de alta definição, composto por 19.600 pixels. O visor é atualizado com uma frequência de 9 Hz. A faixa do espectro coberta pelo dispositivo se situa entre 7,5 e 13 μ m de

comprimento de onda. Os botões superiores direito servem para navegar pelo menu, juntamente com os quatro botões centrais. O menu do termômetro digital é composto por quatro submenus. O primeiro, chamado *Medição*, oferece cinco possibilidades de medição: por ponto, pela identificação das temperaturas máxima e mínima em uma área do visor e pela separação de regiões isotérmicas. O segundo submenu, chamado *Paleta de Cores*, permite a escolha da escala de cores de exibição do visor. O terceiro submenu, chamado *Medir Objeto*, permite ao usuário escolher a emissividade do objeto cuja temperatura se deseja medir. Isso serve para aumentar a precisão da medição. Por meio do quarto submenu, chamado *Definições*, é possível modificar, por exemplo, a data e o idioma apresentados no visor.



FIGURA 23. LUXÍMETRO MINIPA.



FIGURA 24. TERMÔMETRO INFRAVERMELHO FLIR I7.

Outra atividade relacionada à luminotécnica consistiu na substituição das lâmpadas halógenas que iluminam o palco da Sala de Concertos Radegundis Feitosa (CCTA), ilustrado na Figura 25, por luminárias LED, o que exigiu uma grande pesquisa, a fim de conhecer os produtos disponíveis no mercado, os tipos de luminárias adequadas à iluminação cênica e as possibilidades de controle da luz emitida (temperatura de cor e intensidade, por exemplo). As lâmpadas halógenas estavam sendo trocadas com frequência, enquanto as primeiras lâmpadas, que foram instaladas quando a construção foi finalizada, duraram cerca de oito meses. Nossas pesquisas indicaram que a união de vários fatores causava a queima precoce das lâmpadas. Os vidros frontais dos refletores foram retirados, permitindo que a umidade no interior aumentasse; as vibrações provocadas pelos instrumentos musicais são danosas a esse tipo de lâmpada; as novas lâmpadas, compradas segundo o critério do menor preço, são de marcas desconhecidas, que muitas vezes não seguem os padrões de testes IEC.

Depois de pesquisar nos sites de fabricantes e distribuidores, e entrar em contato, por e-mail e telefone com alguns deles, luminárias LED adequadas ao caso da sala de concertos foram encontradas na página do fabricante GOLDEN. Porém, no início de dezembro, ficou decidido que o projeto da nova iluminação do palco da sala de concertos deveria ser feito por uma empresa contratada, uma vez que se trata de iluminação cênica, e que os responsáveis pela sala manifestaram o interesse de incrementar a iluminação com alguns efeitos de cor.



FIGURA 25. PALCO DA SALA DE CONCERTOS RADEGUNDIS FEITOSA (CCTA).

Ao longo da pesquisa também ficou decidido que parte da iluminação de natal da universidade seria feita com mangueiras LED (ver a Figura 26). A ideia é reduzir o impacto da iluminação de natal na conta de energia da universidade, além de acumular experiência com a tecnologia LED, que provavelmente será incorporada à iluminação pública e de interiores da universidade, no futuro.

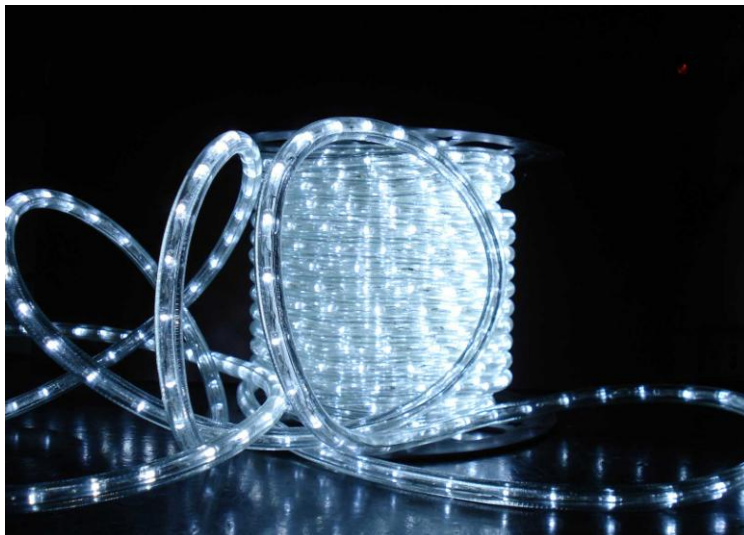


FIGURA 26. MANGUEIRA LED.

3.3 MANUTENÇÃO E RECEBIMENTO DE OBRAS

Durante o estágio foram frequentes as atividades de manutenção e recebimento de obras em que a presença de engenheiros eletricitistas era necessária. Entre as atividades de manutenção, destacam-se o caso da Sala de Concertos Radegundis Feitosa, detalhada no item anterior, o caso do Departamento de Educação Física, em que uma sobrecarga danificou os condutores de vários blocos, paralisando as aulas, a visita ao prédio do INSS, no centro de João Pessoa, para averiguar a necessidade de se instalar novos aparelhos de ar-condicionado na sala de máquinas da estação de retransmissão da TV UFPB, situada naquele prédio. Os quadros de distribuição também foram vistoriados a pedido do engenheiro do órgão. Além das visitas supracitadas, uma outra visita importante foi uma feita ao Centro de Tecnologia (CT) da UFPB, com o objetivo de identificar pontos cegos, tirar medidas das praças escuras e pensar em como a iluminação pública local poderia ser melhorada.

Muitas outras atividades de manutenção foram realizadas no período de estágio. Estas, no entanto, consistiriam em pequenas trocas, compras de material e orientação dos eletricitistas. Por isso, elas não serão explicadas em detalhes neste relatório.

4 CONCLUSÃO

Neste relatório foram reportadas as atividades desenvolvidas ao longo dos quase três meses de estágio na Prefeitura Universitária da UFPB, pelo aluno Rafael Moura Duarte. Elas foram subdivididas em categorias, conforme a sua natureza. As atividades desenvolvidas abrangeram diversos tópicos do campo de sistemas elétricos, como luminotécnica, instalações de baixa tensão e de média tensão, gestão de demanda e materiais elétricos, além de atividades administrativas comuns aos engenheiros da administração pública, permitindo ao aluno observar na prática as aplicações do conhecimento adquirido em sala de aula. O fato de nem todos esses tópicos terem sido estudados em sala, uma vez que o estagiário optou por estudar as disciplinas da ênfase de eletrônica, representou a maior dificuldade encontrada no estágio, e também a maior oportunidade de aprendizado.

Os projetos aqui referidos não chegaram a ser executados ao longo do tempo de estágio. Eles servirão de projetos básicos nos procedimentos licitatórios, para demonstrar a exequibilidade das obras e serviços de engenharia. Os projetos executivos serão elaborados e executados pelo vencedor da licitação, nos próximos meses.

BIBLIOGRAFIA

ABNT. **NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2004.

ABNT. **NBR 14039 - Instalações Elétricas de Média Tensão de 1,0 kV a 36,2 kV**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. [S.l.]: ABNT. 2005.

ABNT. **NBR 5101 - Iluminação Pública**. [S.l.]: Associação Brasileira de Normas Técnicas. 1990.

MAMEDE FILHO, João. *Instalações Elétricas Industriais*. Ed.8. LTC, 2010.

CREDER, Hélio. *Instalações Elétricas*. Ed.15. LTC, 2007.

KAGAN, Nelson. *Introdução aos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica*. Ed.1. Edgard Blucher, 2010.

GOMES DE LIMA, Moisés. *Apostila de Construção de Redes de Distribuição*. IFCE, Campus Cedro, 2011.

APÊNDICE A – MÓDULO CCK

O módulo CCK 6700, desenvolvido pela CCK Automação, é usado para medir energia elétrica junto ao posto de medição da subestação de média tensão. A memória de massa do módulo CCK é capaz de armazenar 35 dias de informações, coletadas a cada 5 minutos. Além disso, as seguintes características técnicas estão elencadas na página da CCK Automação:

- 2 entradas seriais no padrão ABNT CODI para conexão dos medidores utilizados pelas concessionárias de energia em consumidores cativos;
- 8 entradas de pulsos que podem ser utilizadas para receber pulsos proporcionais ao consumo de energia elétrica, vazão, pressão, temperatura, etc;
- 8 relés incorporados a unidade, com possibilidade de expansão para 128, que podem ser utilizados para o controle de demanda, controle de fator de potência, programação horária e acionamentos manuais;
- Características dos contatos dos relés do CCK 6700:
CA: 250 VAC / 1,5 A
CC: 150 VDC / 1 A
- Teclado e display que permitem a programação (partida do equipamento) e visualização local de parâmetros;
- Real time clock alimentado por bateria;
- 32 campos de memória de massa com 35 dias em médias integradas de 5 minutos;
- 1 saída serial RS 485 para comunicação com o microcomputador (PORTA DE SUPERVISÃO) com isolamento de até 2KV;
- 1 saída serial RS 485 para comunicação com os módulos de acionamento CCK 512 e CCK 850 (PORTA DE CONTROLE) com isolamento de até 2KV;
- 1 saída serial RS 485 para comunicação com instrumentos de medição MODBUS RTU (PORTA DE MEDIÇÃO) e medidores utilizados em consumidores livres de energia com isolamento de até 2KV;
- Retenção de dados por 10 dias em caso de falha de energia;
- Fornecido em gabinete industrial com grau de proteção IP 55;
- Temperatura de operação: 0° à 50°C;
- Alimentação de 90Vca à 240Vca com seleção automática de tensão ou 125Vcc;
- Consumo: 25VA.

ANEXO I – MEMORIAL DESCRITIVO HULW

MEMORIAL TÉCNICO

PROJETO DE REDE DE DISTRIBUIÇÃO PRIMÁRIA URBANA (RDU), POSTO DE MEDIÇÃO EM MT PARA O HULW

Elaborado por:

MARCÍLIA VIEIRA NÓBREGA
ENGENHEIRO ELETRICISTA
CREA

THENISON VIANA SOUZA
ENGENHEIRO ELETRICISTA
CREA

JOÃO PESSOA – PB

JANEIRO/2013

1. Objetivo:

O presente documento tem por objetivo especificar as características técnicas do projeto de implantação de rede de distribuição urbana (RDU) de média tensão (MT) e cubículo de medição do Hospital Universitário Lauro Wanderley da UFPB, em João Pessoa – PB, o qual futuramente estará sob a responsabilidade da EBSEH.

Todos os critérios utilizados estão devidamente adequados às recomendações técnicas das normas de instalações elétricas de baixa e média tensão da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas (NBR 5410, NBR 5419, NBR 5413, NBR 14039, NBR 13534 e suas referências), bem como às normas da concessionária local, Energisa Paraíba.

Este documento deve ser utilizado como referência para a execução da obra.

2. Circuito Primário (em 13,8 kV):

A rede de primária, de média tensão, é composta por cabeamento de alumínio, com condutores fase em alumínio isolados em polietileno (EPR-90°C) para 15/25kV e condutor mensageiro (neutro) nu em liga de alumínio, numa extensão total de 0,335 km, disposta dentro da área do HULW, três transformadores em uma subestação abrigada, sistema de multi aterramento para neutro, para raios, e chaves fusíveis. O cabeamento será dimensionado para alimentar os três transformadores, enquanto a proteção será especificada para um cenário com apenas dois transformadores. A bitola dos cabos fase será de 50 mm², o neutro de 25 mm² e o terra de 25 mm².

Os condutores do ramal de entrada (0,104 km) subterrâneo devem ser compostos de cobre. Os cabos devem ser unipolares e isolados. Além dos condutores, o ramal de entrada subterrâneo é composto por duas caixas de passagem, sendo uma de entrada e outra de saída (no cubículo), conforme as normas da concessionária local. A bitola dos cabos fase será de 50 mm², o neutro de 25 mm² e o terra de 25 mm². A conexão entre os cabos de cobre do ramal de entrada e os cabos de alumínio da rede primária deve ser realizada com materiais e tecnologias adequados.

3. Transformadores de distribuição:

A rede de distribuição primária (MT) alimentará duas subestações abrigadas, cujos transformadores são de 750 kVA. A terceira subestação, também de 750 kVA, se encontra desativada, uma vez que a demanda do HULW ainda não ultrapassa 900 kVA.

4. O Posto

O posto será construído em alvenaria, com paredes externas de 15 cm, composta por dois cubículos separados entre si, sendo o primeiro cubículo da medição (TC's e TP's) e o segundo de proteção geral, contendo um disjuntor (com relé) de média tensão, para proteção, e chave faca tripolar, que permita o seccionamento do barramento. As medidas estão especificadas no desenho 1 em anexo. Devem ser observadas as medidas das aberturas, grades internas, portas e pinturas.

A ventilação e iluminação naturais do posto serão proporcionadas através de elemento vazado e protegidos por telas em arame galvanizado, malha 5 mm em armação cantoneira, desenho 4 em anexo. A grade de proteção do disjuntor e do cubículo será em tela de 10 mm.

5. Os Barramentos

Os barramentos que interligam os equipamentos serão feitos com vergalhão de cobre eletrolítico, diâmetro de 3/8", apoiado por isoladores, com conexões feitas por meio de conectores tipo borne concêntrico a pressão, apropriados a cada caso. Os barramentos receberão tratamento de limpeza superficial e serão pintados nas cores Vermelha, Branca e Marrom, respectivamente nas fases A, B e C, conforme a NBR 14039.

6. Sistema de iluminação e acessórios

A cabine de medição será dotada de um sistema de iluminação artificial composta por 2 (duas) luminária 100W, comandada por interruptor. A Baixa tensão para alimentar o sistema de iluminação será proveniente do Transformador de Potencial instalado para alimentar o Relé de Proteção.

Junto ao piso, próximo aos punhos de acionamento das chaves seccionadoras serão colocados tapetes de borracha com isolamento mínimo de 25 kV, medindo 50x50 cm.

Junto aos punhos de manobra das chaves serão instaladas placas de aviso com os dizeres: "NÃO MANOBRAR ESTÁ CHAVE SOB CARGA".

7. Aterramento

Todas as partes metálicas não energizadas serão ligadas ao sistema geral de terra, ao cabo de cobre 25 mm² e 9 (nove) hastes de terra tipo cobreada de

5/8" X 3000mm, à uma distância de 3 (três) metros, os quais fornecerão um resistência inferior a 5Ω .

8. Proteção contra Sobrecorrente

Serão instalados fusíveis de 12 kV – 100A na saída do ramal de entrada e na alimentação dos transformadores 4,5 e 6. Dos demais transformadores serão equipados com chaves fusíveis 6K, 10K, 15K e 20K – 100A, conforme desenho 2 em anexo.

9. Proteção contra Sobretenção

Serão instalados para-raios de 10 kV, Z_nO , encapsulados em material polimérico, nos locais indicados pelo projeto, desenho 3 em anexo.

João Pessoa, 23 de Janeiro de 2013

MARCÍLIA VIEIRA NÓBREGA
ENGENHEIRO ELETRICISTA
CREA

THENISON VIANA SOUZA
ENGENHEIRO ELETRICISTA
CREA