



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

EVERTON DE OLIVEIRA SARMENTO

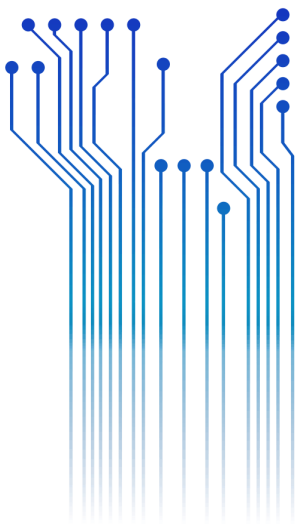


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
PREFEITURA UNIVERSITÁRIA - UFCG



Departamento de
Engenharia Elétrica



Campina Grande
2015

EVERTON DE OLIVEIRA SARMENTO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
PREFEITURA UNIVERSITÁRIA – UFCG

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eficiência Energética

Orientador:

Professor Ubirajara Rocha Meira, M. Sc.

Campina Grande
2015

EVERTON DE OLIVEIRA SARMENTO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
PREFEITURA UNIVERSITÁRIA - UFCG

*Relatório de Estágio Supervisionado submetido
à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica
da Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Eficiência Energética

Aprovado em / /

Professor Leimar de Oliveira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

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

Dedico este trabalho à minha família, meus professores, meus amigos e a todos que de alguma forma conseguiram contribuir para minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da inércia, que me fez necessitar de discernimento para evoluir em momentos de estagnação e me proveu forças para continuar a crescer mesmo já estando em ascendência.

Agradeço majoritariamente à minha mãe, Fernanda Maria, por ter realizado o impossível em todos os momentos para me proporcionar uma excelente educação e por ter me apoiado em momentos que nem eu acreditava em mim mesmo.

Agradeço muito ao meu tio, Vicente de Paula, por ter sido um pai para mim nessa estadia em Campina Grande e por todos os ensinamentos e lições que me foram passados.

Agradeço muito à minha querida namorada, Renata Aragão, por ter estado comigo sempre dando suporte nessa reta final do curso. A você minha gratidão e meu amor.

Agradeço aos mestres dessa jornada, em especial à: Ubirajara Meira, por ter me orientado e aceitado de imediato realizar este trabalho; Leimar Oliveira e Edmar Candeia por terem sido mestres, amigos e cúmplices em vários momentos de graduação; Alexandre Cunha, José Gutemberg e Wamberto Queiroz, por terem sido fonte de inspiração, motivação e esperança. Para todos esses, devo os meus parabéns por serem reais formadores de caráter e por reinventar a arte que é lecionar.

Agradeço muito aos engenheiros Camila Guedes, Jonas Agápito, Mário Araújo Filho e João Helder por terem me auxiliado tanto no decorrer deste estágio e por terem me ensinado muito da experiência de trabalho que os mesmos possuíam. Obrigado pela paciência.

Agradeço também aos funcionários do departamento, Damásio Fernandes, Adail Ferreira e Tchaikowsky Oliveira, que principalmente nesta reta final auxiliaram imensamente em todas as questões burocráticas da faculdade.

Por fim agradeço imensamente aos meus queridos amigos com quem tive o imenso prazer de compartilhar esta saga, vivenciando momentos inesquecíveis e superando as mais difíceis barreiras. Essa luta é nossa!

“Nil Satis Nisi Optimum.”
-Nada além do melhor é bom o bastante.

Everton F.C.

RESUMO

Este trabalho consiste no relatório de estágio do estudante de engenharia elétrica Everton de Oliveira Sarmiento na Prefeitura Universitária da Universidade Federal de Campina Grande. Este foi concebido com o propósito de reduzir gastos da universidade com energia elétrica, verificando ao final a diminuição da energia consumida. Foram utilizados o regulamento técnico do PROCEL EPP, as normas NBR 8995 e a NBR 5382 como bases para modificação da iluminação na edificação escolhida. Os *softwares* utilizados foram DIALux® e AutoCAD® para simulação das condições de iluminação. Nos dias com comportamento de carga similar foi poupado 39,62% de energia e obteve-se etiqueta nível A para os sistemas de iluminação do bloco. O trabalho descrito é importante para a verificação de conceitos de luminotécnica e aplicação prática de métodos de eficiência energética.

Palavras-chave: Relatório de Estágio, Prefeitura Universitária, Eficiência Energética, PROCEL EPP, NBR 8995, NBR 5382, DIALux®.

ABSTRACT

This paper consists in the internship report of the electrical engineering student Everton de Oliveira Sarmiento in the Federal University of Campina Grande Campus Administration. This was idealized aiming to reduce the university expenses with electrical energy, verifying the final consumed energy attenuation. There were used the technical regulation of PROCEL EPP, the normative references NBR 8995 and NBR 5382 as basis to modify the lightning project in the chosen building. The used software were DIALux® and AutoCAD® to simulate the lightning conditions. In the days with a similar load behavior 39.62% of energy was saved and the tag received was classified as A to the building's lightning system. The described paper is important to the verification of concepts of lightning techniques and to put in practice the application of energy efficiency methods.

Keywords: Internship Report, Campus Administration, Energy Efficiency, PROCEL EPP, NBR 8995, NBR 5382, DIALux®.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Prefeitura Universitária.....	16
Figura 2 - Guia Básico de Iluminação	19
Figura 3 - Logo EPP	21
Figura 4 - Selo PROCEL EPP.....	21
Figura 5 - Layout DIALux®	30
Figura 6 - Layout AutoCAD®.....	30
Figura 7 - SEL 735	32
Figura 8 – Figura da Luz Artificial Original	35
Figura 9 – Figura do Circuito Dia Experimental	38
Figura 10 – Figura do Circuito Noite Experimental	38
Figura 11 –Curva de Consumo Energético.....	40
Figura 12 - Curva de Potência Consumida	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Equivalente Numérico da Ventilação Natural	24
Tabela 2 – Classificação da Envoltória	24
Tabela 3 - Classificação da Iluminação	26
Tabela 4– Classificação Geral Etiqueta.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAA	Nome de um edifício da UFCG referente à central de aulas
<i>Cd</i>	Candela: Unidade de Intensidade Luminosa no SI
ECM	<i>Energy Conservation Measures</i>
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPP	Eficiência energética nos Prédios Públicos
ESCO	<i>Energy Savings Company</i>
<i>lm</i>	Lúmen: Unidade de Fluxo Luminoso no SI
<i>lux</i>	Unidade de Iluminância no SI
MME	Ministério de Minas e Energia
m^2	Metro ao quadrado: unidade de área
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PU	Prefeitura Universitária
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais e de Serviço Público
SEL-735	Analisador de Rede
SI	Sistema Internacional de Unidades
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
VAV	<i>Variable Air Volume</i>
VRF	<i>Variable Refrigerant Flow</i>
W	Watts: unidade de potência

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área iluminada
AC	Área útil dos ambientes condicionados
ANC	Área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada
APT	Área útil dos ambientes com permanência transitória
AU	Área útil total
$COND$	Classificação parcial do condicionamento de ar
E	Valor da Iluminância
\overline{E}_m	Iluminância Mantida
ENV	Classificação parcial da envoltória
Eq_{NumCA}	Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar que varia entre
Eq_{NumDPI}	Equivalente numérico do sistema de iluminação
Eq_{NumENV}	Equivalente numérico da envoltória
Eq_{NumV}	Equivalente numérico dos ambientes não condicionados ou ventilados naturalmente
ILU	Classificação parcial da iluminação
UGR	Índice de Ofuscamento Unificado
Φ	Fluxo luminoso

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Abstract	viii
Lista de Ilustrações.....	ix
Lista de Tabelas.....	x
Lista de Abreviaturas e Siglas	xi
Lista de Símbolos	xii
Sumário	xiii
1 Introdução.....	14
1.1 Motivações do Estágio	14
1.2 Objetivos do Estágio	15
1.3 Prefeitura Universitária da UFCG.....	15
2 Fundamentação Teórica.....	17
2.1 Conceitos de Luminotécnica.....	17
2.2 Descrição do PROCEL	20
2.3 Processo de Etiquetagem	22
2.3.1 Classificação da Envoltória	23
2.3.2 Classificação da Iluminação	24
2.3.3 Classificação do Condicionamento de Ar.....	27
2.3.4 Classificação Geral.....	28
2.4 Descrição Superficial do DIALux® e AutoCAD®.....	29
2.4.1 DIALux®	29
2.4.2 AutoCAD®.....	30
2.5 Analisador de Rede.....	31
3 Atividades Realizadas	33
3.1 Estudo do PROCEL	33
3.2 Avaliação das Cargas e Demandas de Blocos da UFCG	34
3.3 Aplicação do PROCEL à realidade da UFCG	36
3.4 Acompanhamento e Implementação do PROCEL no Bloco	37
3.5 Avaliação das Cargas e Demandas após Aplicação	39
3.6 Proposta PROCEL para Projetos Futuros	41
4 Considerações Finais.....	42
Referências	43
APÊNDICE A – Método das Áreas	45
APÊNDICE B – Método das Atividades.....	47

1 INTRODUÇÃO

O estágio supervisionado cujas atividades são descritas neste relatório, teve duração de 200 horas e foi realizado na Prefeitura Universitária (PU) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) junto ao setor de Engenharia, durante o período de 01 de junho de 2015 até 24 de julho de 2015, sob a supervisão dos engenheiros eletricitas Jonas Agápito, Camila Guedes e João Helder.

O estágio supervisionado tem como objetivo o cumprimento das exigências da disciplina integrante da grade curricular, Estágio Curricular, do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. Essa disciplina é indispensável para a formação profissional, já que consolida os conhecimentos adquiridos durante o curso além de ser obrigatória para a obtenção do diploma de Engenheiro Eletricista.

Nesse estágio foram realizadas atividades referentes à aquisição de dados relacionados ao desempenho energético do prédio CAA, projeto luminotécnico e elétrico de salas de aula, implementação de melhorias baseadas no Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e no manual de Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)[1], além da avaliação do nível de eficiência atual.

1.1 MOTIVAÇÕES DO ESTÁGIO

Devido à baixa hidraulicidade, o uso das térmicas com sua capacidade total e obrigando à implementação das bandeiras tarifárias, o constante aumento do custo de energia elétrica vem tornando onerosa a operação de prédios públicos da UFCG. Imersa nesta conjuntura, a Prefeitura Universitária considerou interessante a análise do dispêndio energético das edificações, de forma a torná-las mais eficientes, diminuindo, portanto, o custo com as mesmas.

Em paralelo a isso, o PROCEL está lançando uma nova etiqueta, agora relacionada a prédios públicos, para o programa EPP (Eficiência energética nos Prédios Públicos). A ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) será uma forma de

avaliação dessas edificações, modelo ao qual deve ser almejado o nível A, desta forma fornecendo rumo aos órgãos que desejem tornar suas construções mais eficientes.

Dessa maneira viabilizou-se o estágio, para tornar prático o que é analisado por empresas do gênero ESCO (*Energy Savings Company*), cuja tarefa é trazer medidas de conservação de energia, ECM (*Energy Conservation Measures*), para a empresa contratante.

1.2 OBJETIVOS DO ESTÁGIO

O estágio supervisionado na Prefeitura Universitária teve por objetivos principais:

- Estudo da viabilidade da adequação do prédio CAA às normas do PROCEL EPP, programa implementado pela ELETROBRAS;
- Adequação do edifício a soluções informadas no manual supracitado [1] e outras fontes como os artigos [2] e [3];
- Estudo do corte de gastos com energia elétrica além de simples mudanças analisadas em conjunto com a equipe de engenheiros;
- Verificação dos resultados mediante uso do Analisador de Rede, SEL-735, constatando a eficácia dos métodos implementados.

1.3 PREFEITURA UNIVERSITÁRIA DA UFCG

A Prefeitura Universitária, antes subprefeitura, passou a ter esse *status* após o desmembramento da UFPB pela Lei 10.419/2002 e criação da UFCG. Ela pertence à estrutura da Reitoria da UFCG e tem suas atribuições definidas pela resolução 06/2005 do Colegiado Pleno do Conselho Universitário [4].

As competências da Prefeitura Universitária estão dispostas no artigo 26 da Resolução 06/2005 do Colegiado Pleno do Conselho Universitário da UFCG e são as seguintes [4]:

I - colaborar com a Secretaria de Planejamento e Orçamento, no planejamento e desenvolvimento físico dos campi da Universidade;

II - elaborar estudos e projetos de edificações e infraestruturas nos campi ou fora deles quando do interesse da Universidade;

III - solicitar a contratação, fiscalizar, executar e controlar obras e serviços de engenharia;

VI - manter e conservar bens móveis e imóveis da universidade;

V - gerenciar o setor de transportes;

VI - planejar, fiscalizar, controlar e operar os serviços públicos de água, energia e comunicações;

VII - determinar o setor de exercício dos servidores lotados na Secretaria;

VIII - zelar pela segurança da comunidade acadêmica, no âmbito dos campi, bem como pelo patrimônio da Universidade;

IX - gerir os créditos provisionados e os recursos repassados, que se destinem à execução de suas atividades.

A missão da Prefeitura Universitária da UFCG é promover ações de melhoria das condições ambientais de infraestrutura do Campus, implementando ações de planejamento, conservação, segurança, logística de transporte e telefonia [4].

Uma fotografia é representada na Figura 1:

Figura 1 - Prefeitura Universitária



Fonte: disponível em <www.ufcg.edu.br>, acessado em: 20/04/2015.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fim de embasar o que foi realizado durante o período do estágio, alguns itens são ressaltados no decorrer deste tópico. Esses são a explanação de conceitos acerca de luminotécnica, descrição do PROCEL, comentários sobre os *softwares* utilizados para o desenvolvimento do projeto, além de uma visão geral sobre o analisador de rede utilizado para medições.

2.1 CONCEITOS DE LUMINOTÉCNICA

Alguns conceitos básicos provenientes de estudo em sala de aula acerca de luminotécnica são expostos em [5] e em [6]. Esses são dispostos a seguir:

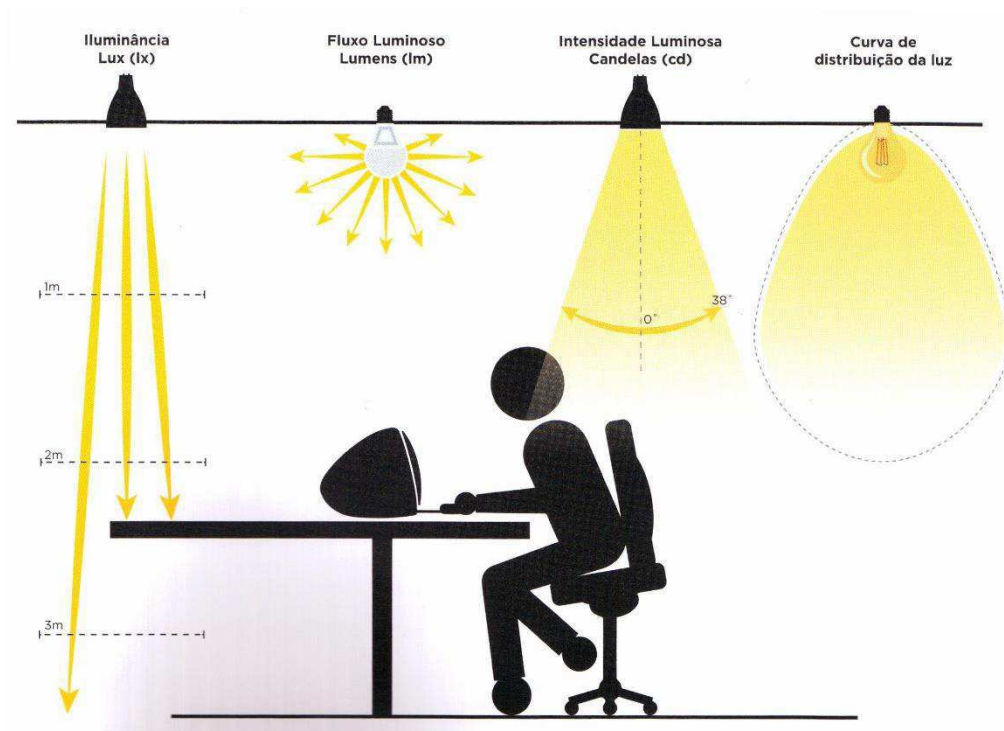
- Luz: são ondas eletromagnéticas cujas frequências estão situadas na faixa que pode ser captada pelo olho humano;
- Intensidade Luminosa (I): dada uma determinada direção, corresponde à medida de percepção da potência emitida por uma fonte luminosa. É a grandeza física básica do sistema internacional de unidades (SI) para a luminotécnica, sendo dada em candela [*Cd*];
- Fluxo Luminoso (Φ): quantidade de luz produzida pela fonte luminosa, artificial ou natural. É dada em lúmen [*Lm*], que corresponde à intensidade luminosa puntiforme e invariável de 1 *Cd* emitida para todas as direções;
- Iluminância (E): é o fluxo luminoso perpendicularmente incidente por unidade de área iluminada. Pode ser entendido como a densidade superficial de fluxo luminoso. A unidade é o lux [*lux*], correspondente à 1 lúmen por metro quadrado. A equação (1) descreve a relação entre a iluminância (*E*), o fluxo luminoso (Φ) a área da superfície (*A*);

$$E = \frac{\Phi}{A}. \quad (1)$$

- Luminância: é uma medida de auxílio ao reconhecimento da magnitude do ofuscamento, relacionada à reflexão da luz que incide em uma superfície. A unidade da luminância é [Cd/m^2];
- Temperatura de Cor: é a aparência que uma fonte luminosa tem para um receptor. Quanto mais altas as temperaturas mais próximo da cor vermelha se encontra a cor, logo menor a frequência no espectro luminoso. Quanto menores as temperaturas, mais próximo do violeta a cor está, logo maior é a frequência no espectro luminoso;
- Índice de Reprodução de Cor (IRC): considerando um receptor visual ideal (saudável e capaz de enxergar nitidamente as cores) é uma indicação do quão a fonte luminosa torna precisa a distinção das cores. É um número que varia entre 0 e 100, sendo 0 um valor em que a fonte não torna possível a diferenciação de cores e 100 onde a mesma dá plenas condições de identificação;
- Eficiência Luminosa: é a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma lâmpada e a potência que a mesma consome. Dada uma lâmpada este é um fator que indica se é viável a utilização desta lâmpada ou não. É dada em [Lm/W];
- Curva de Distribuição Luminosa: é uma curva polar no qual se considera a lâmpada como sendo puntiforme e localizada no centro do diagrama. A intensidade luminosa é representada em várias direções por vetores que saem do ponto central do diagrama.

Na Figura 2 representa-se um diagrama que evidencia alguns conceitos abordados neste tópico.

Figura 2 - Guia Básico de Iluminação



Fonte: DRLUX, Guia Básico de Iluminação. Disponível em: <<http://www.drlux.com.br/blog/guia-basico-de-iluminacao/>>. Acessado em: 22/07/2015

Tomando como fundamento a norma de iluminação em locais de trabalho [7], seguem relatadas algumas definições referentes à luminotécnica.

- Área da tarefa: É a região em que se ocorrerá o trabalho que necessita da iluminação em questão. No caso do que foi visto no exercício do estágio, foram consideradas áreas da tarefa: as cadeiras e as mesas de estudo, o quadro negro e a área de circulação do professor;
- Entorno imediato: É a região no entorno da área da tarefa que possui no mínimo 0,5 m de distância das delimitações desta área;
- Iluminância mantida (\overline{E}_m): É uma indicação da iluminância média mínima permitida na região em questão. Vale salientar que o valor da iluminância média deve estar próximo deste, visto que o projeto se trata da eficiência energética, portanto valores superiores a este devem ser repensados sempre que não infrinjam a norma [7];
- Plano de trabalho: altura estabelecida para determinar onde vai ser realizado o trabalho. Desta forma sendo a altura de referência de iluminação do ambiente;

- Índice de ofuscamento unificado (*UGR*): Definição adotada para o nível de desconforto por ofuscamento.

2.2 DESCRIÇÃO DO PROCEL

É um programa governamental, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobras, sendo instituído em 30 de dezembro de 1985.

O objetivo deste programa, de acordo com [8], é promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, a fim de eliminar os desperdícios e reduzir os custos. Este programa se destina a várias vertentes, todas com o foco da conservação de energia. Estas são:

- PROCEL Avaliação – Programa que verifica os resultados das ações de eficiência energética realizados pelo PROCEL. Engloba o resultado de todas as vertentes mencionadas;
- PROCEL Edifica – Programa que trata da “Eficiência Energética em Edificações” age em parceria com universidades conscientizando e criando propostas para que ocorram melhorias na esfera da construção civil;
- PROCEL Educação – Programa vinculado à disseminação da informação e da formação da cidadania, conscientizando estudantes e o público em geral para os benefícios acerca da conservação de energia;
- PROCEL GEM – Vertente que trata especificamente da “Gestão Energética Municipal”. Atua como colaborador do administrador público municipal, na gestão e uso eficiente de energia elétrica, nos centros consumidores pertencentes às prefeituras do país. Assim, identifica oportunidades de economia e geração de energia, que reduzam desperdícios, elevando ganhos, obtendo, conseqüentemente, maiores recursos para serem utilizados em setores considerados prioritários para a comunidade;
- PROCEL Indústria – Se trata do programa de eficiência energética em escala industrial;
- PROCEL Info – Centro brasileiro de informação em eficiência energética;
- PROCEL Marketing – Aliado ao PROCEL Educação trabalha com a conscientização e informação dos cidadãos e ainda trata da imagem do programa perante à sociedade;

- PROCEL EPP – Se trata da “Eficiência Energética nos Prédios Públicos”, onde regulamentações são propostas para os órgãos públicos que desejem seguir este programa. Apesar da semelhança com o PROCEL Edifica, vale salientar que não são o mesmo programa, evidenciando a aplicabilidade do PROCEL EPP apenas para edificações públicas que é o escopo deste estágio. O logo do programa é mostrado na Figura 3 e o selo, cuja explicação será dada nos capítulos posteriores, na Figura 4;

Figura 3 - Logo EPP



Fonte: Procel, Procel EPP. Disponível em:

<<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID5C0D828A5E894B4AA0280C96CCED1760PTBRIE.htm>>. Acessado em: 23/07/2015.

Figura 4 - Selo PROCEL EPP



Fonte: Procel, Procel EPP. Disponível em:

<<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID5C0D828A5E894B4AA0280C96CCED1760PTBRIE.htm>>. Acessado em: 23/07/2015.

- PROCEL Reluz – Trata da eficiência energética na iluminação pública. Tem como principal objetivo promover o desenvolvimento de sistemas eficientes de iluminação pública e sinalização de semáforos, bem como a valorização noturna

dos espaços urbanos, contribuindo para melhorar as condições de segurança e qualidade de vida nas cidades brasileiras;

- PROCEL Sanear – Esfera relacionada à eficiência energética no saneamento ambiental. Promove ações que visem o uso eficiente de energia elétrica e água em sistemas de saneamento ambiental, incluindo os consumidores, segundo uma visão integrada de utilização desses recursos. Também incentiva o uso eficiente dos recursos hídricos, como estratégia de prevenção à escassez de água destinada à geração hidroelétrica;
- PROCEL Selo – Trata da eficiência energética em equipamentos. Possivelmente seja a vertente que tenha maior alcance à sociedade pelo tempo em que o mesmo é empregado e pelo fato de que a maioria dos produtos comercializados já fazem parte deste programa.

2.3 PROCESSO DE ETIQUETAGEM

Como pode ser averiguado na figura 4, existe uma etiqueta atrelada ao desempenho energético que o prédio público possui. Essa está relacionada à três grandes áreas, que são os sistemas individuais:

- Envoltória: está relacionado ao tipo de isolamento da construção;
- Iluminação: sistema atrelado à forma como a iluminação do edifício é dada;
- Condicionamento do ar: sistema relacionado ao conforto dos usuários da edificação.

A etiqueta pode ser parcial ou completa, dependendo de quais níveis forem atingidos e também do pedido do órgão que está requisitando a etiqueta. Para que se tenha uma etiqueta parcial, é necessário que a avaliação da envoltória esteja inclusa em todas as três possibilidades: parcial somente com envoltória, parcial com envoltória e iluminação, e parcial com envoltória e condicionamento de ar. A etiqueta total leva em consideração os três sistemas.

2.3.1 CLASSIFICAÇÃO DA ENVOLTÓRIA

Tratando-se da envoltória, alguns pré-requisitos devem ser seguidos, caso não sejam, a classificação neste subtópico se torna inferior, podendo até mesmo atingir a nota mínima.

Os pré-requisitos são:

- O nível da transmitância térmica da cobertura e das paredes exteriores, levando em consideração a zona bioclimática onde a edificação estará localizada;
- As cores e a absorvância das superfícies, visando a não-absorção de calor. É a razão entre radiação solar absorvida e radiação solar incidida numa superfície. Quanto mais escura for a cor maior a absorvância da mesma, logo a cor atua diretamente no processo de absorção de calor de uma construção;
- O sistema, caso possua iluminação zenital, deve ter fator solar adequado para receber uma boa classificação. Além disto, o tamanho da clarabóia deve ser limitado para que a edificação não troque tanto calor com o ambiente.

O cálculo da classificação parcial da envoltória é dado seguindo a equação (2).

$$ENV = \left\{ \left(Eq_{NumENV} \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} 5 + \frac{ANC}{AU} Eq_{NumV} \right) \right\}; \quad (2)$$

Onde ENV é a classificação parcial da envoltória, que varia de 1 a 5; Eq_{NumENV} é o equivalente numérico da envoltória que varia entre 1 e 5; AC é a área útil dos ambientes condicionados [m^2]; AU é a área útil total [m^2]; APT é a área útil dos ambientes com permanência transitória [m^2]; ANC é a área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada [m^2]; Eq_{NumV} é o equivalente numérico dos ambientes não condicionados ou ventilados naturalmente, variando entre 1 e 5.

O valor de Eq_{NumV} é função da parcela do tempo comprovada em que um local é ventilado, então, fornecendo conforto. Seu valor pode ser encontrado ao analisar-se a Tabela 1.

Tabela 1 - Equivalente Numérico da Ventilação Natural

Eq_{NumV}	Porcentagem do Tempo Ventilado
5	$\geq 80\%$ a 100%
4	$\geq 60\%$ a $< 80\%$
3	$\geq 40\%$ a $< 60\%$
2	$\geq 20\%$ a $< 40\%$
1	$< 20\%$

Fonte: [1]

O valor de Eq_{NumENV} é encontrado a partir da Tabela 2, que trata dos pré-requisitos:

Tabela 2 – Classificação da Envoltória

Classificação Final	Eq_{NumENV}	Transmitância Térmica da Cobertura e Paredes Exteriores	Cores e Absortância de Superfícies	Iluminação Zenital
A	5	Presente	Presente	Presente
B	4	Presente	Presente	-
C	3	Presente	-	-
D	2	Presente	-	-
E	1	-	-	-

Fonte: [1]

Tratando-se de “Transmitância Térmica da Cobertura e Paredes Exteriores”, a diferença entre a rigorosidade do nível A para o B em relação à transmitância é que para ambientes condicionados artificialmente a cobertura deve ter transmitância de no máximo $1 W/m^2K$ para o nível A e de $1,5 W/m^2K$ para o B. Já entre o nível C e o D não existe distinção de ambiente condicionado ou não dentro da zona bioclimática 8, onde as duas transmitâncias máximas correspondem a $2 W/m^2K$.

Em termos de “Cores e Absortância de Superfícies” não existem diferenças entre os níveis A e B, apenas se os mesmos preenchem o requisito de que a razão não ultrapasse o nível máximo de 0,4 para as zonas bioclimáticas de 2 a 8.

2.3.2 CLASSIFICAÇÃO DA ILUMINAÇÃO

Em relação ao sistema de iluminação alguns pré-requisitos devem ser seguidos também, caso não sejam, a classificação neste subtópico se torna inferior.

Os pré-requisitos são:

- Os circuitos de iluminação devem possuir divisão dentro de um ambiente caso o mesmo seja grande demais. Portanto, quando se desejar iluminar uma área pequena de um ambiente, não é necessário que se clareie todo o local, somente aquela região;
- Deve existir a contribuição da luz natural para iluminação diurna do ambiente. São indicadas que as posições das lâmpadas dimerizáveis ou dos circuitos acionados por fotocélulas sejam as mais próximas das janelas, dessa forma recebendo máxima influência solar possível;
- Desligamento automático do sistema de iluminação por uso de *timers*, microcontroladores ou computadores que gerenciem o funcionamento do edifício.

O cálculo da classificação parcial da iluminação é dado seguindo a equação (3).

$$ILU = (Eq_{NumDPI}); \quad (3)$$

Onde ILU é a classificação parcial da iluminação, que varia de 1 a 5; Eq_{NumDPI} é o equivalente numérico do sistema de iluminação, variando entre 1 e 5.

O valor de Eq_{NumDPI} é encontrado a partir de um dos dois métodos a seguir:

- Método das Áreas: são avaliados de forma conjunta os ambientes do edifício. Seu passo-a-passo é descrito no Apêndice A;
- Método das Atividades: as áreas são divididas e então analisadas de forma separada. Seu passo-a-passo é descrito no Apêndice B.

O método das áreas é aplicado quando a edificação possua no máximo três atividades principais ou quando uma das atividades ocupe mais de 30% do edifício. Já o método das atividades é avaliado quando o primeiro não puder ser utilizado.

Após a execução de um dos métodos verifica-se se o nível encontrado está de acordo com a Tabela 3, que trata dos pré-requisitos. Caso o nível resultante do método selecionado seja superior ao da tabela, o mesmo é reduzido ao nível dela.

Tabela 3 - Classificação da Iluminação

Classificação Final	$E_{q_{NumDPI}}$	Divisão dos Circuitos de Iluminação	Contribuição da Luz Natural	Desligamento Automático do Sistema de Iluminação
A	5	Presente	Presente	Presente
B	4	Presente	Presente	-
C	3	Presente	-	-
D	2	-	-	-
E	1	-	-	-

Fonte: [1]

No tópico de “Divisão dos Circuitos de Iluminação” vale pontuar que cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto deve possuir pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do local.

Além disso, para situações em que o ambiente tiver área inferior a 1000 m², o local pode ser dividido em no máximo 250 m² por circuito de iluminação independente. Já no caso do ambiente ter área superior a 1000 m², o local pode ser dividido em no máximo 1000 m² por circuito de iluminação independente.

No tópico de “Desligamento Automático do Sistema de Iluminação” informa-se que se caso o ambiente possuir área inferior a 250m², não existe a necessidade de se haver tal medida. Caso exista a necessidade, três alternativas são informadas em [1] como válidas para serem utilizadas:

- Uso de um sistema automático com desligamento da iluminação pré-determinado, por exemplo de 22:00 h às 08:00 h dos dias da semana. Deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500m²;
- Uso de um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos os ocupantes do recinto. Sendo esta alternativa bastante viável para locais de rápida permanência;
- Um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.

2.3.3 CLASSIFICAÇÃO DO CONDICIONAMENTO DE AR

Em relação ao sistema de condicionamento de ar, como nos outros tópicos, alguns pré-requisitos devem ser seguidos, e caso não sejam, a classificação neste subtópico se torna inferior, podendo até mesmo a atingir a nota mínima.

Os pré-requisitos são:

- O sistema de condicionamento de ar deve possuir isolamento térmico adequado para a tubulação dos fluidos;
- O sistema deve atender aos indicadores mínimos de eficiência energética.

Caso estes pré-requisitos não sejam seguidos, o nível encontrado do Eq_{NumCA} deve ser reduzido em uma unidade (de A para B, C para D, etc.).

O valor do Eq_{NumCA} é encontrado utilizando-se as indicações do INMETRO acerca dos aparelhos utilizados nas salas de aula. É então realizada uma média ponderada das avaliações onde o peso é a potência de cada aparelho em relação à soma do total da sala.

O cálculo da classificação parcial do condicionamento de ar é dado seguindo a equação (4).

$$COND = \left\{ \left(Eq_{NumCA} \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} 5 + \frac{ANC}{AU} Eq_{NumV} \right) \right\}; \quad (4)$$

Onde $COND$ é a classificação parcial do condicionamento de ar, que varia de 1 a 5; Eq_{NumCA} é o equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar que varia entre 1 e 5; AC é a área útil dos ambientes condicionados [m^2]; AU é a área útil total [m^2]; APT é a área útil dos ambientes com permanência transitória [m^2]; ANC é a área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada [m^2]; Eq_{NumV} é o equivalente numérico dos ambientes não condicionados ou ventilados naturalmente, variando entre 1 e 5.

Na cartilha do PROCEL EPP é mencionado o valor que tem o uso dos aparelhos individuais (como o split) para pequenas instalações e o uso dos gerais (VRF) para médias e grandes instalações.

Variable Refrigerant Flow (VRF): Mais nova tecnologia empregada no mercado de refrigeração, onde existe uma unidade condensadora do lado de fora da edificação e múltiplas vaporizadoras levando cada módulo instalado para dentro do ambiente

desejado. Esse nome é dado, pois cada vaporizador recebe uma quantidade de gás refrigerador variável de acordo com o requerimento do uso do ambiente a ser climatizado. As economias são superiores se comparado a outras tecnologias e pelo fato de não precisar de dutos enormes para ser levado o gás, desta forma tornando esta tecnologia superior à VAV.

Variable Air Volume (VAV): São aparelhos que mudam o fluxo de ar quente e frio que chegam por dois dutos diferentes, dessa forma misturando os dois tipos de ar em proporções adequadas para a massa de calor presente na sala. São mais caros, porém consomem menos energia que tecnologias antigas, logo com o tempo o retorno compensa o desembolso inicial. Possuem um aspecto interessante que é a diversidade da carga, se adaptam à temperatura desejada e à massa de calor presente no ambiente assim como os sistemas VRF.

2.3.4 CLASSIFICAÇÃO GERAL

Alguns pré-requisitos tem de ser seguidos para obtenção da classificação geral também. Para que uma edificação seja classificada por A ou B, os circuitos elétricos devem ser separados por finalidade dos mesmos, por exemplo, somente um para iluminação, um para o condicionamento de ar, e um para uso de eletrônicos e outros fins. Esta regra foi idealizada para que se possa medir as influências de cada subsistema em separado, portanto uma forma de permanecer com a classificação A ou B é possuir um equipamento instalado que possa realizar a medição individual de cada subsistema.

Quando se tem água quente na edificação, mais regras são inclusas nos pré-requisitos, porém como este não é o caso da UFCG, não faz sentido mencionar nesta fundamentação teórica.

Ainda de acordo com [1], para efetuar o cálculo da classificação geral do projeto a equação (5) é utilizada.

$$PT = 0,3 \cdot ENV + 0,3 \cdot ILU + 0,4 \cdot COND + b_0^1; \quad (5)$$

Onde PT é a pontuação geral da edificação que varia entre 1 e 5; ENV é a classificação parcial da envoltória, que varia de 1 a 5; ILU é a classificação parcial da iluminação, que varia de 1 a 5; $COND$ é a classificação parcial do condicionamento de

ar, que varia de 1 a 5; b_0^1 é o bônus pela implementação de pontos adicionais no projeto, variando entre 0 e 1.

O bônus simbolizado por b_0^1 é alcançado quando se utiliza sistemas ou fontes renováveis de energia, para aquecimento da água utilizada como sendo superior a 70% do total. É alcançado também ao utilizar-se fontes renováveis de energia para geração de energia elétrica a partir do uso de painéis fotovoltaicos ou com a instalação de aerogeradores para captação de energia eólica. Sistemas de cogeração também são bonificados da mesma forma.

O resultado da pontuação geral se encontra na Tabela 4, e então se obtém a classificação da edificação, podendo ser esta E (para uma classificação menos energeticamente eficiente) até A (para uma classificação mais energeticamente eficiente).

Tabela 4– Classificação Geral Etiqueta

Classificação Final	PT
A	$\geq 4,5$ a 5
B	$\geq 3,5$ a $< 4,5$
C	$\geq 2,5$ a $< 3,5$
D	$\geq 1,5$ a $< 2,5$
E	$< 1,5$

Fonte: [1]

2.4 DESCRIÇÃO SUPERFICIAL DO DIALUX® E AUTOCAD®

Estes foram os *softwares* utilizados durante o período do estágio, o primeiro para simulações que envolvem o estudo luminotécnico em um ambiente, e o segundo para gerar a base do primeiro, fornecendo as plantas baixas para constituição do ambiente tridimensional.

2.4.1 DIALUX®

Este programa simula condições de iluminação diversas, incluindo:

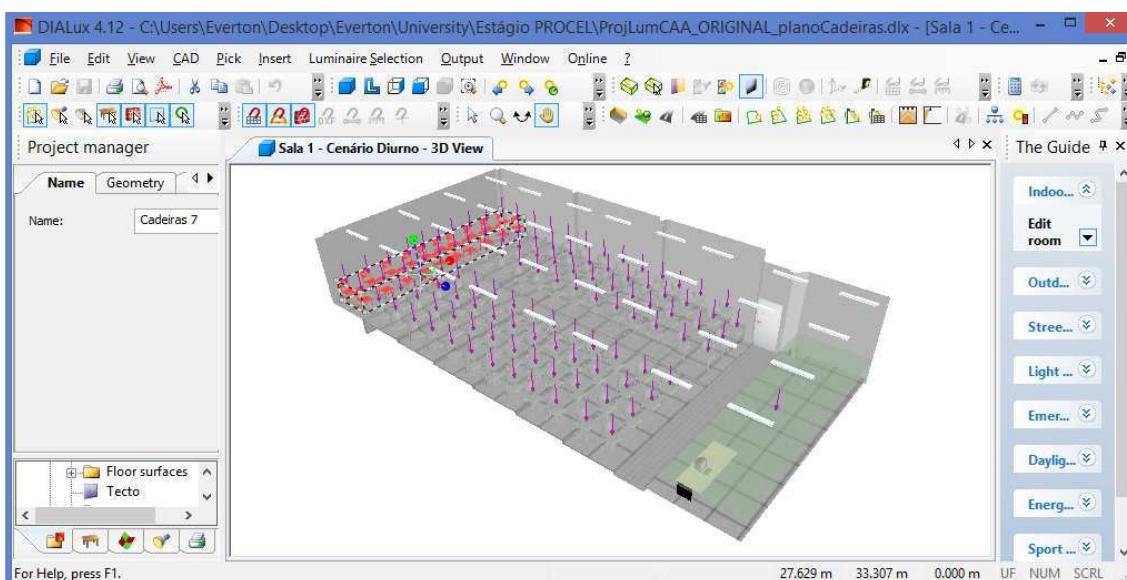
- uso somente de luz artificial a partir de um *database* de luminárias e lâmpadas;

- uso somente de luz artificial a partir da indicação do tipo de céu presente no dia, da localização da construção e da posição da mesma (se voltada para o leste, para o sul, etc.);
- utilização das duas formas de iluminação, tanto artificial quanto a iluminação natural.

Após incorporar um arquivo de extensão .dwg (arquivo gerado no AutoCAD®), geralmente uma planta baixa, se determina a altura do ambiente e logo após o plano de trabalho.

O *layout* do DIALux® é apresentado na Figura 5 com um exemplo que simula a iluminação dentro das salas do CAA.

Figura 5 - Layout DIALux®



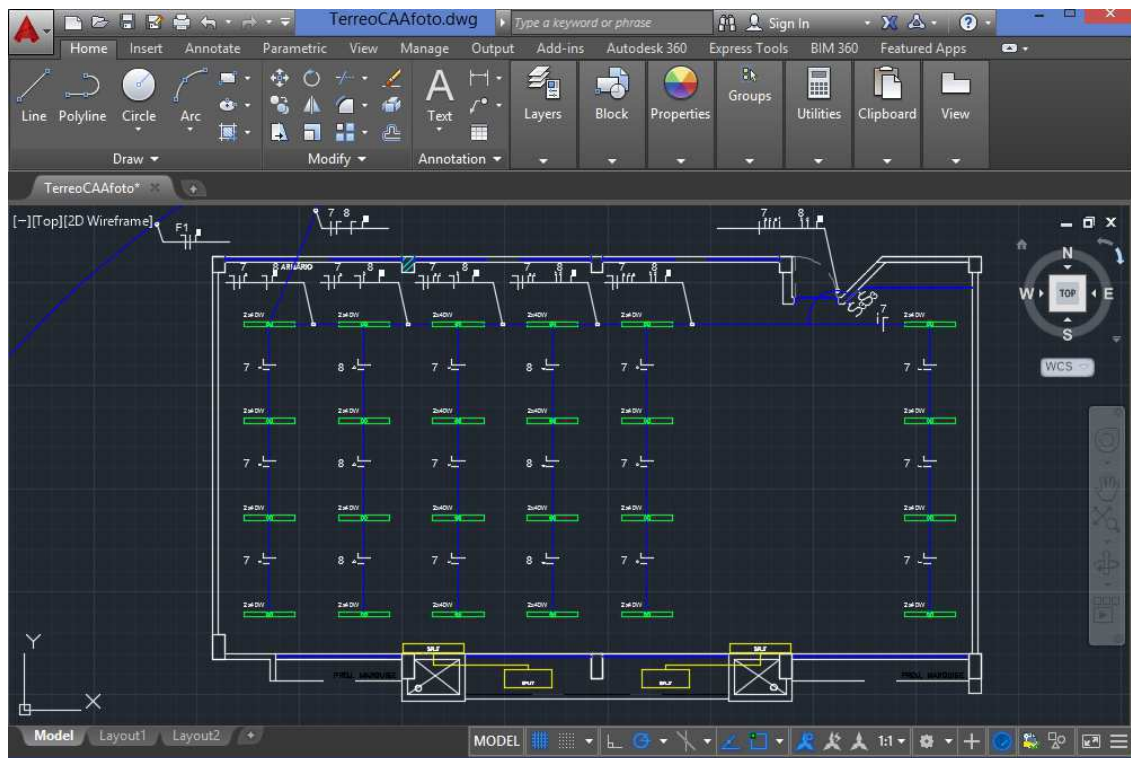
Fonte: Autor.

2.4.2 AUTOCAD®

Trata-se de um *software* de auxílio ao desenho computacional, trazendo agilidade e precisão ao usuário que desejar traçar desenhos bi ou tridimensionais. Foi utilizado neste estágio principalmente para que seus arquivos fossem importados pelo DIALux®, além do fato deles já terem sido previamente desenvolvidos pela equipe de engenharia e de arquitetura da PU.

É apresentado na figura 6 o layout de um arquivo gerado no AutoCAD®.

Figura 6 - Layout AutoCAD®



Fonte: Autor.

A Figura 6, em especial, é a representação de um dos projetos elétricos que se concebeu para usar como base no projeto final do DIALux®.

2.5 ANALISADOR DE REDE

O analisador utilizado foi o SEL-735. Esta é uma ferramenta trifásica completa para a detecção de avarias, que mede praticamente todos os parâmetros de sistemas de energia: tensão, corrente, frequência, potência, consumo de energia, desequilíbrio e oscilações, harmônicos e inter-harmônicos.

Possui também a função de registro: armazena em memória de massa até 192 grandezas configuráveis por períodos de até 280 dias (considerando intervalos de 10 minutos). Esta função é bastante interessante para a análise de cargas durante um grande período de tempo.

É apresentado na Figura 7 uma fotografia do analisador de rede utilizado durante o período do estágio.

Figura 7 - SEL 735



Fonte: SEL INC, SEL 735. Disponível em: <<http://www.selinc.com.br/produtos/SEL-735.aspx>>. Acessado em: 30/07/2015.

3 ATIVIDADES REALIZADAS

Durante o período de estágio, o estagiário ficou responsável por algumas incumbências, todas girando em torno da tarefa principal, que foi a proposta de adequação do prédio CAA localizado na UFCG. Essas foram:

- Estudo do PROCEL;
- Avaliação das cargas e demandas de blocos da UFCG;
- Aplicação do PROCEL à realidade da UFCG;
- Acompanhamento e implementação do PROCEL no bloco;
- Avaliação das cargas e demandas após aplicação;
- Proposta PROCEL para projetos futuros.

3.1 ESTUDO DO PROCEL

Com os elevados custos da energia elétrica no Brasil, decorrentes do período de seca prolongado e, conseqüentemente, do sistema de bandeiras tarifárias implantado no país, a análise de alternativas que evitam o desperdício energético se faz necessária. Desse modo, com o intuito de contribuir para a redução dos gastos públicos com energia, a PU da UFCG iniciou um estudo sobre a viabilidade da aplicação das normas do PROCEL-EPP.

Esse programa fornece guias de conduta que auxiliam na implementação de projetos novos ou modernização de antigos (*Retrofit*). Um desses guias é o Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais e de Serviço Público (RTQ-C), que fornece diretrizes para construção de uma edificação energeticamente eficiente e indica os critérios de avaliação para o processo de etiquetagem. Toda a etapa de avaliação empregada nesse trabalho foi fundamentada no RTQ-C, pois este será o mesmo método exercido no momento da aquisição da etiqueta.

Na primeira semana de trabalho foi pedido que o estagiário analisasse o que poderia ser realizado para que a PU pudesse cortar gastos com o consumo de energia utilizando verba mínima. Então após estudos acerca do que foi exposto na fundamentação teórica, chegou-se às conclusões de que:

- A base traçada pelo RTQ-C corroborava com trabalhos acadêmicos realizados em outros locais com característica similar à de Campina Grande, como descrito em [9] e em [10];
- De acordo com [10], foram tabeladas algumas medidas de conservação de energia, relacionando quais demandariam mais recursos, como dinheiro e tempo. Em estágio de construção as atreladas ao condicionamento de ar tem maior custo, seguidas da envoltória e logo após as medidas em relação à iluminação. Quando tratando de *Retrofit* a que possui maior custo é a da envoltória, seguida pelas de condicionamento de ar e novamente por último as medidas em relação à iluminação. Portanto, de imediato viu-se a necessidade de medir o comportamento das grandezas elétricas inerentes ao bloco CAA e futuramente analisar a necessidade de aplicação das mudanças nos outros dois sistemas;
- Aplicariam-se as mudanças somente a um único pavimento do bloco CAA, pois dessa forma checaria-se o quadro de distribuição daquele único andar, e então replicaria-se os resultados aos demais andares;
- Verificaria-se as curvas de demanda da carga elétrica antes e depois das propostas terem sido executadas;
- Verificaria-se a evolução no nível da etiqueta, possibilitando a realização de requisição de uma auditoria futura para aplicação da ENCE do PROCEL-EPP.

3.2 AVALIAÇÃO DAS CARGAS E DEMANDAS DE BLOCOS DA UF CG

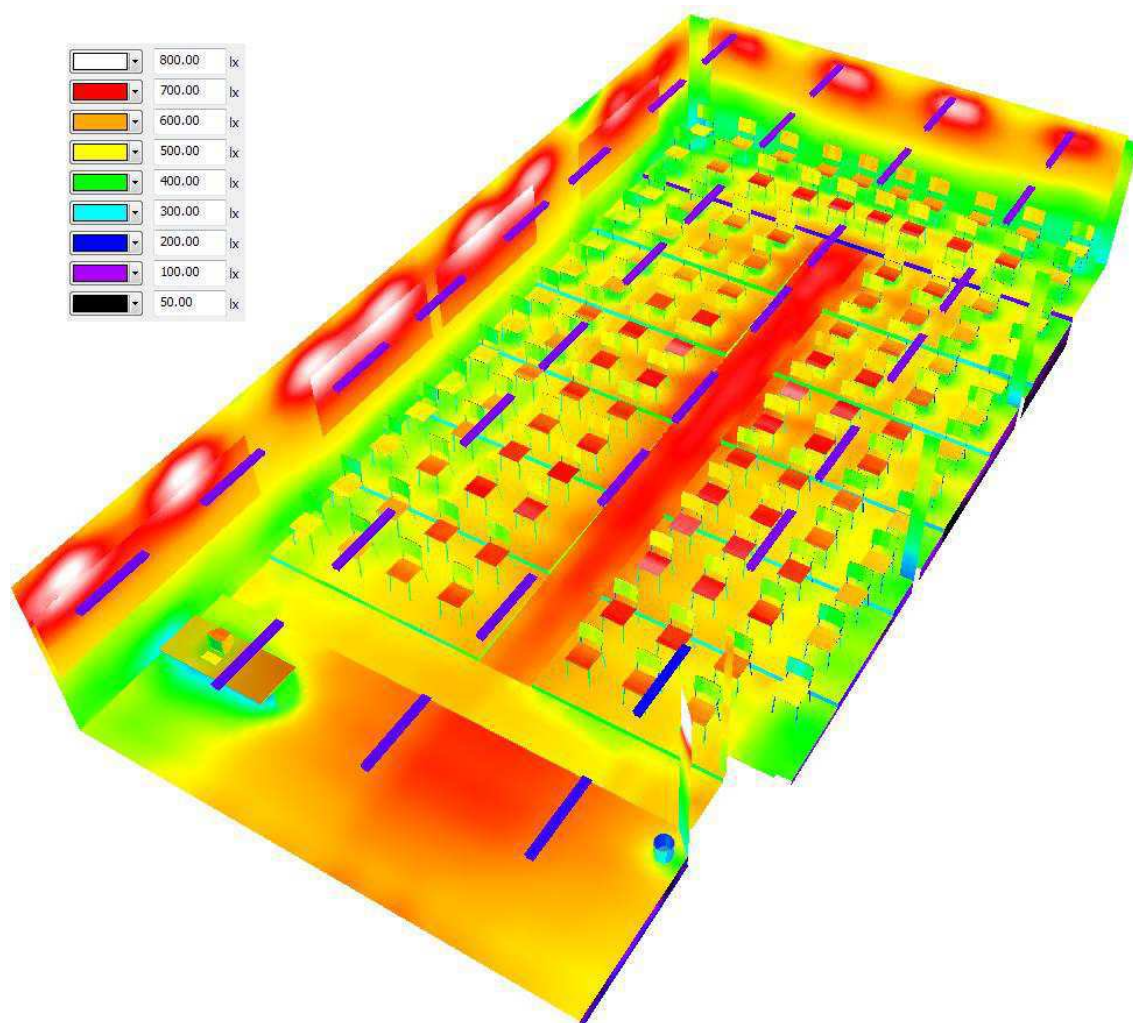
Após todos os estudos realizados na primeira semana, começou-se a utilizar o analisador de rede SEL-735 a fim de praticar o que seria executado nas semanas posteriores. É com o analisador de rede que o estagiário pôde aferir a curva de carga do bloco CAA. A situação em que o bloco se encontrava nesta semana encontra-se no decorrer deste tópico.

A sala do pavimento selecionado era composta por 8 fileiras com 4 luminárias cada. As luminárias eram do tipo sobreposta, em chapa de aço tratada e pintada em epóxi branco sem aletas contra ofuscamento, compostas por 2 lâmpadas do tipo T10 com potência elétrica de 40 W. Desse modo, ao serem acionadas as 64 lâmpadas, a potência

utilizada é de 2560 W por sala. Nos banheiros e na área comum a potência instalada da iluminação é de 1440 W.

Inicialmente, de modo a realizar um estudo luminotécnico nas salas de aula selecionadas, foram realizadas medições e simulações da iluminância média. Para tanto, todas as persianas foram fechadas e as lâmpadas acesas. Na Figura 8 ilustra-se a simulação no período noturno que gerou iluminância média de 680 lux, quando as medições resultaram em 684,67 lux. Para o período diurno, os dados foram: 851 lux simulados e 887,06 lux medidos.

Figura 8 – Figura da Luz Artificial Original



Fonte: Autor.

De acordo com [7], os valores de iluminância média para escolas devem estar em torno de 300 lux para períodos diurnos e 500 lux para períodos noturnos na área da tarefa. Além disso, nos entornos imediatos da tarefa os valores devem ser próximos a 200 lux

para períodos diurnos e 300 lux para períodos noturnos. Portanto, pode-se inferir que os valores medido e simulado dessa configuração são muito superiores ao prescrito na norma.

3.3 APLICAÇÃO DO PROCEL À REALIDADE DA UFCG

Sabendo da zona bioclimática de Campina Grande (que é a 8) e dos materiais utilizados na construção do bloco CAA, inferiu-se que a etiqueta da envoltória seria de nível A. Algumas melhorias poderiam ser realizadas, como a utilização de uma dupla camada de tijolo com revestimento térmico, porém todas elas custariam muito caro e não ajudariam a progredir no nível da etiqueta, apenas a performance de isolamento da troca de calor com o ambiente externo.

Os aparelhos de refrigeração das salas eram individuais e de nível A em eficiência energética relatado pelo INMETRO. Caso o sistema de condicionamento de ar tivesse isolamento térmico adequado para a tubulação dos fluídos a classificação parcial dele seria nível A. Caso contrário seria de nível B ainda existindo necessidade da troca da tubulação para a evolução de nível, demandando recursos adicionais.

Vale salientar que para um edifício grande, seria interessante a utilização de um refrigerador central com tecnologia VRF ou VAV ao invés dos individuais. Porém, novamente, essas seriam mudanças que demandariam um grande volume de investimentos, podendo ser concebidas em projetos futuros.

Como o bloco CAA não possui diferenciação entre os circuitos diurnos e os noturnos, o nível obtido no processo de etiquetagem seria C, pois as salas além de possuírem circuitos separados para a iluminação, eram menores do que 250 m².

Após a avaliação da semana inicial e a essa série de fatores, chegou-se à conclusão que deveriam ser tomadas medidas de conservação de energia unicamente na esfera da iluminação, em especial adaptando os circuitos para serem sensíveis à luz natural, então permitindo que a mesma seja aproveitada, agindo em conjunto com a luz artificial.

3.4 ACOMPANHAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DO PROCEL NO BLOCO

Foi concebida uma possibilidade experimental a fim de verificar a viabilidade da aplicação das mudanças cabíveis às salas do pavimento selecionado. Este modelo pretendia gerar conforto visual aos estudantes, em conformidade com [7], atender aos pré-requisitos da etiqueta nível A em iluminação e ter custo zero para aplicação das mudanças, uma vez que para que fossem liberados recursos para um órgão federal, uma licitação deveria ocorrer.

Por tratar-se de um ambiente de sala de aula e pelo fato do período letivo estar em vigência na instituição, a coleta de dados deveria ocorrer de forma mais rápida possível. Além disso, dada a limitação financeira para implementação das medidas, optou-se pela permanência de alguns grupos de luminárias em circuitos da disposição original. Esta atitude evita o dispêndio de recursos com reformas, substituição das lâmpadas por dimerizáveis, fiação adicional e contactores que seria realizado em um projeto ideal. Além disso, as mudanças a serem realizadas no projeto original eram simples e demandariam pouco tempo.

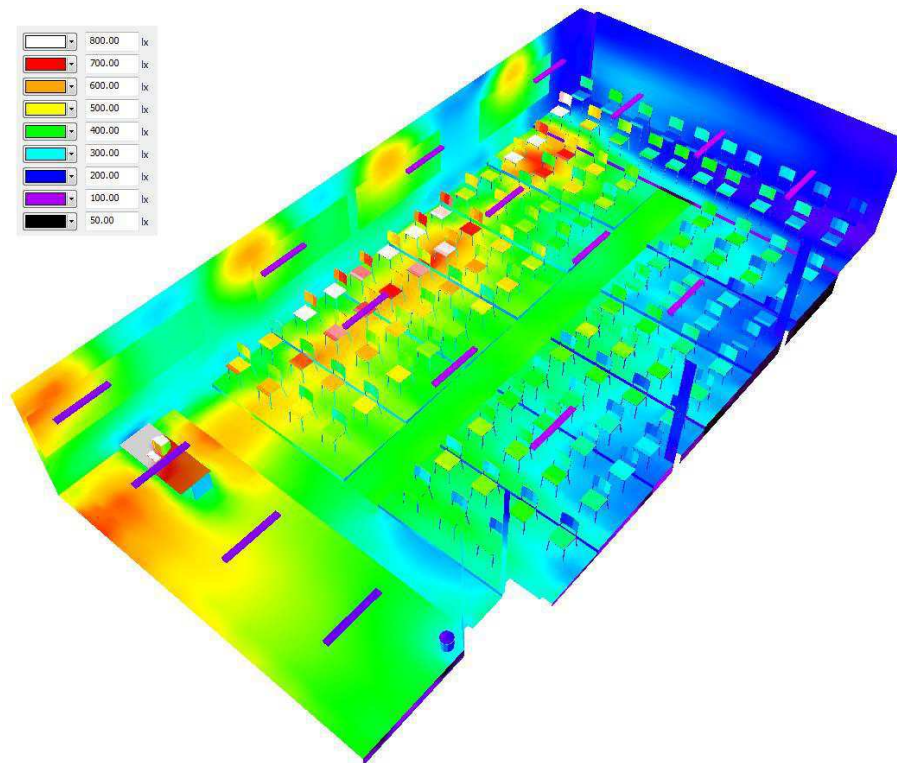
É importante levar em consideração o fator do tempo, pois o período trabalhado em uma sala de aula a inviabiliza para seu uso principal. Logo, o quanto mais rápidas fossem as mudanças, mais fácil seria de se adaptar à realidade rotineira das salas de aula.

Assim, dois projetos foram desenvolvidos para acomodarem-se aos padrões de etiquetagem, à viabilidade econômica, à questão do tempo e ao fator da reutilização do material já existente. Um projeto para utilização noturna dos ambientes e outro para uso diurno, sendo permutados mediante acionamento de fotocélulas.

O maior problema encontrado neles é que os mesmos não possuem uniformidade de iluminância adequada para norma, estando um pouco abaixo do indicado, devido à interação entre a luz natural e a luz artificial ser discrepante no decorrer do dia.

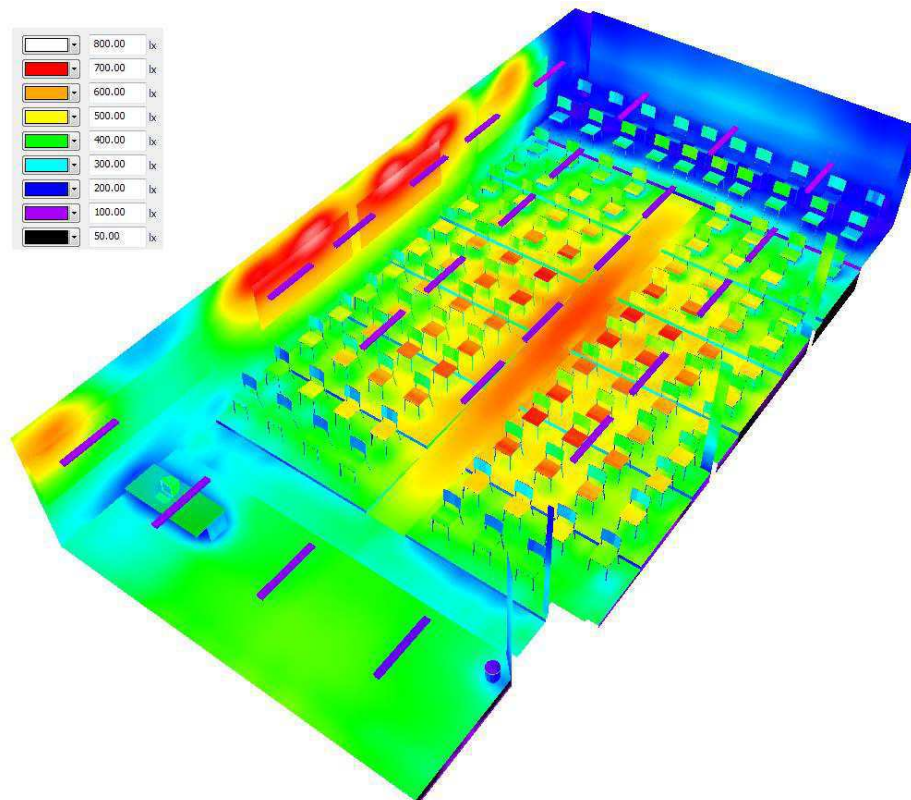
Nas Figura 9 e Figura 10 é ilustrado como foi concebido o projeto para os diferentes turnos.

Figura 9 – Figura do Circuito Dia Experimental



Fonte: Autor.

Figura 10 – Figura do Circuito Noite Experimental



Fonte: Autor.

Os estudos luminotécnicos realizados pela manhã foram executados sob as mesmas condições que o proposto. Esses apontaram para 548 lux simulados e 532,64 lux medidos durante o dia, e para 494 lux simulados e 523,98 lux medidos durante a noite. Avalia-se então que apesar da uniformidade de iluminância não estar próxima aos valores recomendados em norma, as iluminâncias médias foram satisfatórias, principalmente a simulação do circuito da noite.

As medições com o luxímetro foram realizadas seguindo as recomendações de [11]. Esta norma trata da verificação de iluminância em interiores e seu método de aplicação possui erro máximo de 10% considerando um luxímetro bem calibrado. Visto que existem erros quanto à predição de iluminação natural inerentes ao programa *DIALux*, foi tomado um erro limite de 15% para valores diários, referente à contribuição de erros do luxímetro e do programa. Para todos os dados, os erros entre medição e simulação estiveram dentro da margem aceita, averiguando-se portanto a consistência entre os valores.

A sala em questão se encaixa no perfil da norma que trata de ambientes com “campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras”, exigindo então a aquisição de 8 pontos centrais, 2 em cada lateral e 2 em diagonais opostas. Visto que a disposição das luminárias em alguns casos não é simétrica, foram coletados 16 pontos centrais, 4 pontos em cada lateral e 1 ponto em cada diagonal.

Assim, os dados coletados foram processados e após os devidos cálculos informados na norma, apresentados na forma da iluminância média.

3.5 AVALIAÇÃO DAS CARGAS E DEMANDAS APÓS APLICAÇÃO

A coleta de dados foi realizada de duas formas nesse projeto: através da utilização do luxímetro, como dito anteriormente, e utilizando o analisador de rede SEL-735, para análise do consumo de energia elétrica no pavimento térreo do prédio do CAA.

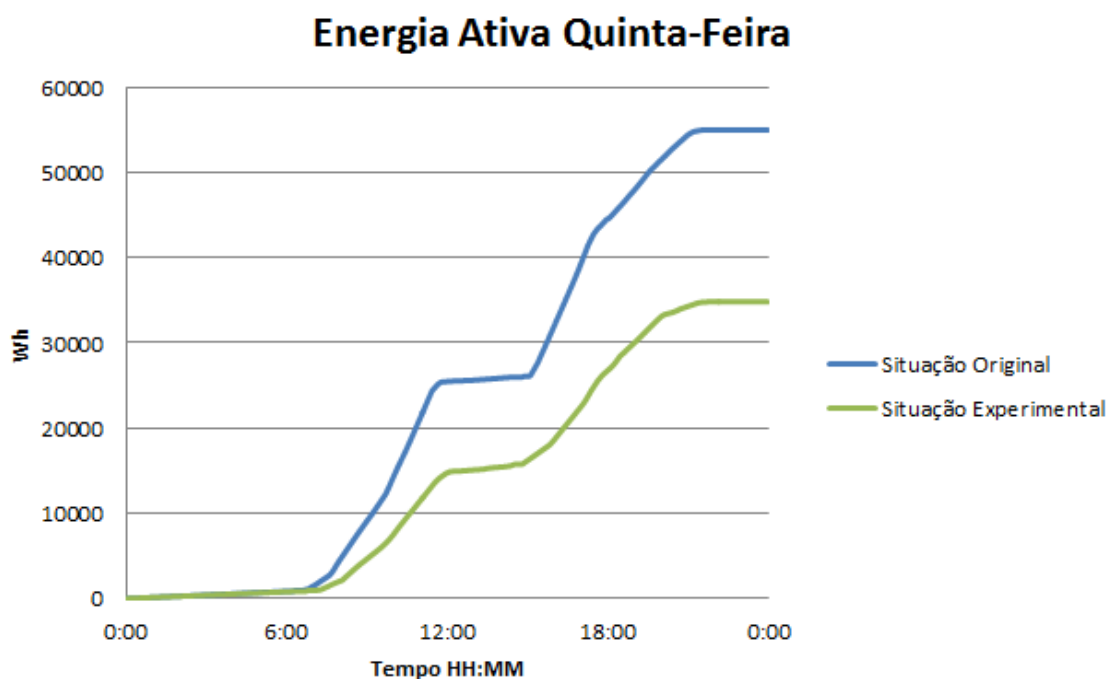
No tocante da análise energética, foi utilizado o analisador de rede conectado diretamente ao quadro geral do pavimento térreo, especificamente à jusante do disjuntor destinado à iluminação do mesmo andar. Portanto, as quatro salas de aula, os dois banheiros e a área comum desse pavimento estão inclusos na medição, apesar das mudanças terem sido realizadas somente nas salas.

Optou-se pela aferição de um único andar para, a partir dessa amostra, replicar os resultados para os outros três pavimentos, visto que as condições de iluminação natural são as mesmas. Dessa forma o volume de modificações é reduzido em 75%, assim como o tempo e os recursos gastos no processo de adaptação das salas de aula.

O analisador de rede foi utilizado durante os dias úteis a partir de 13/04 de 2015 até 08/05 do mesmo ano. Foram avaliadas as condições original e experimental durante duas semanas cada, para evitar que determinados dias atípicos sem aula pudessem prejudicar a coleta de dados.

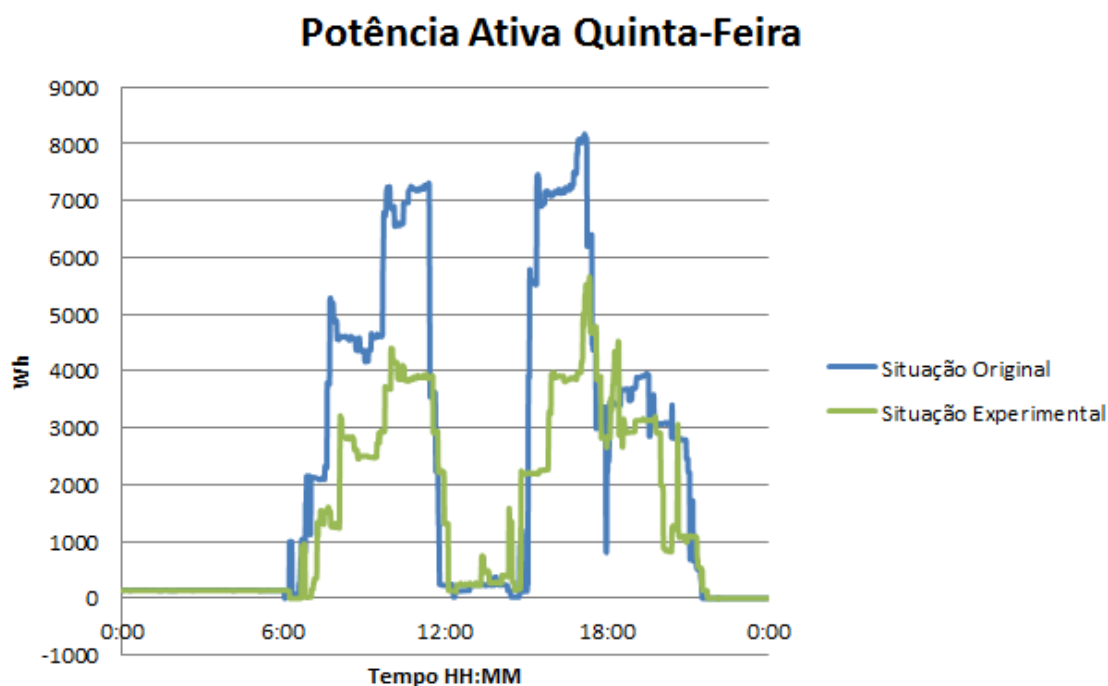
É apresentado nas Figura 11 e Figura 12 as curvas de energia e de potência, respectivamente, consumidas em um dos dias da semana com mesmo perfil (duas quintas-feiras no período letivo normal).

Figura 11 –Curva de Consumo Energético



Fonte: Autor.

Figura 12 - Curva de Potência Consumida



Fonte: Autor.

3.6 PROPOSTA PROCEL PARA PROJETOS FUTUROS

Este tópico traz uma mudança no escopo do que foi realizado, alternando do que era antes uma proposta *Retrofit* para a construção de prédios novos com a proposta indicada.

Como alertado no decorrer deste relatório, as lâmpadas dimerizáveis seriam de extrema importância para melhorar-se a uniformidade da iluminância no ambiente, então devendo ser inclusas em projetos futuros. Deveria também ocorrer a alteração das posições das lâmpadas remanescentes, visto que para agilizar o processo de modificação do projeto e reduzir custos optou-se por não se quebrar nenhuma estrutura.

Em se tratando do sistema da envoltória, para novas edificações, deveria-se repensar acerca da dupla camada de tijolos com o isolamento térmico ainda na fase de construção. Já avaliando o sistema de condicionamento de ar, em vista do tamanho das construções, as abordagens VRF e VAV são extremamente indicadas mesmo considerando o fato da nota da etiqueta obtida nesses pontos já ser considerada máxima com os aparelhos de ar-condicionado individuais.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do projeto experimental, a economia de recursos é factível, além de necessária para o reinvestimento na obra e realização de futuras modificações. O projeto experimental obteria nota máxima para a etiqueta do PROCEL-EPP, enquanto o atual receberia uma avaliação mediana caso a inspeção do órgão fosse realizada.

Portanto, com os estudos apresentados, verificou-se a viabilidade financeira e energética em tornar-se mais eficiente o prédio público em questão. Visto que somente a etapa da iluminação foi realizada, a contenção de gastos seria muito maior caso o sistema da envoltória e do condicionamento de ar fosse repensado, o que poderá ser viável em estudos futuros.

Considerando apenas a economia de energia durante duas semanas cujos comportamentos resultaram curvas de carga semelhantes, foi economizado 104,55 kWh que representa 39,62% dos gastos com iluminação desse pavimento. De acordo com a tarifa vigente no período, o valor do kWh era de R\$ 0,42520 para aquele determinado tipo de consumidor, o que representaria R\$ 44,45 de economia por semana e por pavimento. Caso a curva de carga se repetisse durante o mês inteiro e para todos os quatro pavimentos, no final do mês seria economizado R\$ 711,20. Valor este que superaria o custo inicial do projeto, este sendo composto pelo gasto com fotocélulas e pequena fiação.

Em se tratando do estágio, este foi importante para a formação acadêmica do estagiário, pois contribuiu substancialmente para o desenvolvimento do caráter prático do aluno, que por meio da realização de atividades e do acompanhamento de uma excelente equipe de engenharia pôde se envolver em uma área dinâmica do curso, além de auxiliar no desenvolvimento da universidade em que estudou.

Pode-se relatar algumas das contribuições técnicas do estágio para o aluno. Estas foram: experiência de trabalho com uma equipe de profissionais heterogênea, incluindo engenheiros eletricitas, engenheiros civis, arquitetos e técnicos em eletrotécnica; experiência de situações do cotidiano de um ambiente de trabalho, com problemas e cobranças para soluções imediatas.

Dessa forma, neste estágio o aluno teve a oportunidade de colocar em prática grande parte do conteúdo adquirido ao longo do curso. Disciplinas como Sistemas Elétricos, Instalações Elétricas, Gerenciamento de Energia Elétrica, Técnicas de Medição e Expressão Gráfica, principalmente, mostraram-se de grande valia para a conclusão do estágio.

REFERÊNCIAS

- [1] Manual para aplicação do RTQ-C. Disponível em:
http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual-rtqc_V4.pdf Acesso em 01/04/2015;
- [2] Energy conservation measures in an institutional building in sub-tropical climate in Australia. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261910001121> Acesso em 30/03/2015;
- [3] Análise técnica e econômica de um sistema de ar condicionado com fluxo refrigerante variável. Disponível em:
<http://propi.ifto.edu.br/ocs/index.php/connepi/vii/paper/viewFile/4703/2467> Acesso em 30/03/2015;
- [4] *Prefeitura Universitária – UFCG*. Disponível em:
<http://www.prefeitura.ufcg.edu.br/index.php/sobre> Acesso em 16/04/2015;
- [5] ALMEIDA, Genoilton C.. "Notas de Aula de Instalações Elétricas - Cap. 2 Luminotécnica", Universidade Federal de Campina Grande, 2014;
- [6] Eletrobras, Dicionário de eletricidade. Disponível em:
<http://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMIS560528BFPTBRIE.htm>, Acessado em 18/04/2015;
- [7] ABNT. (2013). NBR 8995 - Iluminação de ambientes de trabalho p.1. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT;
- [8] PROCEL, Apresentação do programa. Disponível em:
<<https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj6veve7MXJAhUKDJAKHRUvAP4QFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.cdes.gov.br%2Fdocumento%2F1340428%2Fprocel-programa->

nacional-de-conservacao-de-energia-eletrica-

.html&usg=AFQjCNFIgB_e_RYFnXNeBrxSiHr3D6VLxw>. Acesso em: 20/04/2015;

[9] *Carneiro, M. C.; Arouca, L. B. P.; Costa, T. da C.; Almeida, A. G. S.* "Análise técnica e econômica de um sistema de ar condicionado com fluxo de refrigerante variável". UFBA, Bahia, 2012;

[10] *Rahman, M.M.; Rasul, M.G.; Khan, M.M.K.* "Energy conservation measures in an institutional building in sub-tropical climate in Australia". Queensland University, Queensland, 2009;

[11] ABNT. (1985). NBR 5382 - Verificação de iluminância de interiores. Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT.

APÊNDICE A – MÉTODO DAS ÁREAS

As etapas a serem seguidas para aplicação do método das áreas se encontra a seguir.

A.1 Identificar a principal atividade do edifício e a densidade de potência de iluminação limite ($DPI_L - w/m^2$) para cada nível de eficiência de acordo com a tabela a seguir.

Função da edificação	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m^2 (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m^2 (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m^2 (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m^2 (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,8	16,5	18,4
Bombeiros	7,8	8,7	9,9	11,0
Centro de Convenções	11,8	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Venda e Locação de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de esportes	8,4	9,7	10,9	12,2
Garagem – Ed. Garagem	2,7	3,1	3,5	3,9
Ginásio	10,8	12,4	14,0	15,7
Hospedagem, Dormitório	8,8	7,8	8,8	9,8
Hospital	13,0	15,0	16,9	18,9
Hotel	10,8	12,4	14,0	15,7
Igreja/Templo	11,3	13,0	14,7	16,4
Restaurante	9,8	11,0	12,5	13,9
Restaurante: Bar/Lazer	10,7	12,3	13,9	15,5
Restaurante: Fast-food	9,7	11,2	12,6	14,1
Museu	11,4	13,1	14,8	16,5
Oficina	12,9	14,8	16,8	18,7
Penitenciária	10,4	12,0	13,5	15,1
Posto de Saúde/Clinica	9,4	10,8	12,2	13,6
Posto Policial	10,3	11,8	13,4	14,9
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4
Teatro	15,0	17,3	19,5	21,8
Transportes	8,3	9,5	10,8	12,0
Tribunal	11,3	13,0	14,7	16,4

Fonte: [1]

Vários locais devem ser excluídos da densidade de potência instalada por serem complementares à iluminação geral, porém em vista do que pode ser utilizado na UFCG é interessante citar alguns desses:

- Iluminação contida ou parte integrante de equipamentos ou instrumentos, desde que instalada pelo próprio fabricante, como lâmpadas de refrigeradores, geladeiras, etc.;
- Iluminação especificamente projetada para uso exclusivo em procedimentos médicos ou dentários e iluminação contida em equipamentos médicos ou dentários;
- Iluminação totalmente voltada ao crescimento de plantas ou sua manutenção;
- Iluminação em ambientes especificamente projetados para uso de deficientes visuais;
- Sinais indicando saída e luzes de emergência; iluminação à venda ou sistemas de iluminação para demonstração com propósitos educacionais;
- Iluminação de circulação externa;
- Iluminação de tarefa ligada diretamente em tomadas, como luminária de mesa.

A.2 Multiplicar a área iluminada pela DPI_L , para encontrar a potência limite do edifício.

A.3 Quando o edifício for caracterizado por até três áreas principais determina-se a densidade de potência de iluminação limite (DPI_L) para cada atividade e a área iluminada para cada uma. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites para cada atividade do edifício.

A.4 Comparar a potência total instalada no edifício e a potência limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação.

A.5 Após determinar o nível de eficiência alcançado pelo edifício deve-se verificar o atendimento dos pré-requisitos em todos os ambientes de acordo com tabela 3.

A.6 Se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o Eq_{NumDPI} deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação.

APÊNDICE B – MÉTODO DAS ATIVIDADES

As etapas a serem seguidas para aplicação do método das atividades se encontra a seguir.

B.1 Identificar as atividades do edifício e a densidade de potência de iluminação limite ($DPI_L - w/m^2$) para cada nível de eficiência de acordo com as tabelas abaixo;

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI _L Nível A (W/m ²)	DPI _L Nível B (W/m ²)	DPI _L Nível C (W/m ²)	DPI _L Nível D (W/m ²)
	K	RCR				
Armazém, Atacado						
Material pequeno/leve	0,80	6	10,20	12,24	14,28	16,32
Material médio/volumoso	1,20	4	5,00	6,00	7,0	8,00
Átiro - por metro de altura						
até 12,20 m de altura	-	-	0,30 ¹	0,36 ²	0,42 ²	0,48 ²
acima de 12,20 m de altura	-	-	0,20 ²	0,24 ²	0,28 ²	0,32 ²
Auditórios e Anfiteatros						
Auditório	0,80	6	8,50	10,20	11,90	13,60
Centro de Convenções	1,20	4	8,80	10,56	12,32	14,08
Cinema	1,20	4	5,00	6,00	7,00	8,00
Teatro	0,60	8	26,20	31,44	36,68	41,92
Banco/Escritório - Área de atividades bancárias	0,80	6	14,90	17,88	20,86	23,84
Banheiros	0,60	8	5,00	6,00	7,00	8,00
Biblioteca						
Área de arquivamento	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Área de leitura	1,20	4	10,00	12,00	14,00	16,00
Área de estantes	1,20	4	18,40	22,08	25,76	29,44
Casa de Máquinas	0,80	6	6,00	7,20	8,40	9,60
Centro de Convenções - Espaço de exposições	1,20	6	15,60	18,72	21,84	24,96
Circulação	<2,4m largura		7,10	8,52	9,94	11,36
Comércio						
Área de vendas	0,80	6	18,10	21,72	25,34	28,96
Pátio de área comercial	1,20	4	11,80	14,16	16,52	18,88
Provador	0,60	8	10,20	12,24	14,28	16,32
Cozinhas	0,80	6	10,70	12,84	14,98	17,12
Depósitos	0,80	6	5,00	6,00	7,0	8,00
Dormitórios – Alojamentos	0,60	8	4,10	4,92	5,74	6,56
Escadas	0,60	10	7,40	8,88	10,36	11,84
Escritório	0,60	8	11,90	14,28	16,66	19,04
Escritório – Planta livre	1,20	4	10,50	12,60	14,70	16,80
Garagem	1,20	4	2,00	2,40	2,80	3,20

¹ Por metro de altura.

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI _L Nível A (W/m ²)	DPI _L Nível B (W/m ²)	DPI _L Nível C (W/m ²)	DPI _L Nível D (W/m ²)
	K	RCR				
Ginásio/Academia						
Área de Ginástica	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Arquibancada	1,20	4	7,50	9,00	10,50	13,00
Esportes de ringue	1,20	4	28,80	34,56	40,32	46,08
Quadra de esportes – classe 4 ²	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Quadra de esportes – classe 3 ³	1,20	4	12,90	15,48	18,06	20,64
Quadra de esportes – classe 2 ⁴	1,20	4	20,70	24,84	28,98	33,12
Quadra de esportes – classe 1 ⁵	1,20	4	32,40	38,88	45,36	51,84
Hall de Entrada- Vestíbulo						
Cinemas	1,20	4	8,00	9,60	11,20	12,80
Hotel	1,20	4	8,00	9,60	11,20	12,80
Salas de Espetáculos	0,80	6	8,00	9,60	11,20	12,80
Hospital						
Circulação	<2,4m largura		9,60	11,52	13,44	15,36
Emergência	0,80	6	24,30	29,16	34,02	38,88
Enfermaria	0,80	6	9,50	11,4	13,3	15,2
Exames/Tratamento	0,60	8	17,90	21,48	25,06	28,64
Farmácia	0,80	6	12,30	14,76	17,22	19,68
Fisioterapia	0,80	6	9,80	11,76	13,72	15,68
Sala de espera, estar	0,80	6	11,50	13,80	16,10	18,40
Radiologia	0,80	6	14,20	17,04	19,88	22,72
Recuperação	0,80	6	12,40	14,88	17,36	19,84
Sala de Enfermeiros	0,80	6	9,40	11,28	13,16	15,04
Sala de Operação	0,80	6	20,30	24,36	28,42	32,48
Quarto de pacientes	0,80	6	6,70	8,04	9,38	10,72
Suprimentos médicos	0,80	6	13,70	16,44	19,18	21,92
Igreja, templo						
Assentos	1,20	4	16,50	19,8	23,10	26,40
Altar, Coro	1,20	4	16,50	19,8	23,10	26,40
Sala de comunhão - nave	1,20	4	6,90	8,28	9,66	11,04
Laboratórios para Salas de Aula						
Médico/Ind./Pesq.	0,80	6	10,20	12,24	14,28	16,32
	0,80	6	19,50	23,40	27,30	31,20
Lavanderia						
	1,20	4	6,50	7,80	9,10	10,40
Museu						
Restauração	0,80	6	11,00	13,20	15,40	17,60
Sala de exibição	0,80	6	11,30	13,56	15,82	18,08

² Para competições em estádios e ginásios de grande capacidade, acima de 5.000 espectadores.

³ Para competições em estádios e ginásios com capacidade para menos de 5.000 espectadores.

⁴ Para estádios e ginásios de jogos classificatórios, considerando a presença de espectadores.

⁵ Para quadras de jogos sociais e de recreação apenas, não considera a presença de espectadores.

Fonte: [1].

B.2 Multiplicar a área iluminada de cada atividade pela DPI_L, para encontrar a potência limite para cada atividade em cada nível classificatório. A potência limite do edifício será a soma das potências limites das atividades;

B.3 Calcular a potência instalada no edifício e compará-la com a potência limite da edificação, identificando o equivalente do sistema de iluminação;

B.4 Atentar para os ambientes que não atendam aos pré-requisitos. O equivalente será a ponderação das equivalências individuais já ajustadas, onde os pesos são as potências individuais;

É interessante notar que a ordem das etapas nesse procedimento deve ser seguida. Em especial o item 4 tem uma particularidade: a avaliação dos pré-requisitos é feita somente após o cálculo da demanda do edifício por completo. Isso traz mudanças práticas na hora de pontuar a edificação no seguinte caso: todos os ambientes trazem pré-requisitos pelo menos correspondentes ao nível da edificação por completo, porém existe uma diferença muito grande na eficiência de ambientes quando tratados separadamente, sendo alguns de nível inferior ao da edificação. Com esse método esse tipo de caso não seria punido, pois a edificação por completo é eficiente e preenche os pré-requisitos.

Caso um ambiente seja ineficiente e possua os pré-requisitos da edificação ele ainda pode elevar a nota se os outros ambientes forem eficientes e não tiverem os pré-requisitos.