

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**LUÍS HENRIQUE ALENCAR DOS SANTOS**

**OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM  
SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO NA UTFPR - CÂMPUS PATO  
BRANCO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2013**

LUÍS HENRIQUE ALENCAR DOS SANTOS

**OPORTUNIDADES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE  
ILUMINAÇÃO NA UTFPR – CÂMPUS PATO BRANCO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Elétrica da Coordenação de Engenharia Elétrica–COELT – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> M. Sc. Filomena Barbosa Rodrigues Mendes.

Coorientador: Prof<sup>o</sup> M. Sc. César Augusto Portolann.

PATO BRANCO

2013

## TERMO DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado “**Oportunidades de eficiência energética em sistemas de iluminação na UTFPR – Câmpus Pato Branco**”, foi considerado **APROVADO** de acordo com a ata de defesa nº**023** de **2013**.

Fizeram parte da Banca os Professores

FILOMENA BARBOSA RODRIGUES MENDES (ORIENTADOR)

CESAR AUGUSTO PORTOLANN

HERVÊ STANGLER IRION

JULIANO DE PELEGRINI LOPES

## DEDICATÓRIA

À meus pais Adelson e Maria Lucia Alencar dos Santos, pelo apoio e incentivo em todos os momentos de minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me guiado e iluminado todos esses anos.

Agradeço, especialmente, a minha família por todo o apoio prestado antes, durante e em todos os momentos de minha vida. Devo primeiramente a eles todas as conquistas e realizações que obtive e irei adquirir no decorrer de minha vida.

Agradeço a professora orientadora M. Sc. Filomena Barbosa Rodrigues Mendes pelo suporte, apoio e incentivo em todo o trabalho.

Agradeço ao professor coorientador M. Sc. César Augusto Portolann pelo apoio e companheirismo prestados em todo o trabalho, principalmente nos momentos de dificuldade.

Agradeço também aos meus amigos, pelo convívio e amizade conquistados durante a graduação.

Agradeço a todos que direta e indiretamente colaboraram para realização deste trabalho.

*“Os únicos limites das nossas realizações de amanhã são as nossas dúvidas e hesitações de hoje.”*

Franklin Roosevelt

*“Se você quer os certos, esteja preparado para os erros.”*

Carl Yastrzemski

## RESUMO

SANTOS, Luís Henrique A. dos. Oportunidade de Eficiência Energética em Sistemas de Iluminação na UTFPR – Câmpus Pato Branco. 2013. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia Elétrica da Coordenação de Engenharia - COELT, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

Este trabalho apresenta os diferentes programas de eficiência energética com ênfase no gerenciamento pelo lado da demanda, ressaltando as oportunidades de conservação de energia nos sistemas de iluminação dos consumidores. Estudos mostram que o custo de eletricidade destinado à iluminação representa em até 50% do consumo total dos consumidores, sendo assim, é relevante um estudo do consumo de iluminação na fatura global de eletricidade do consumidor, relacionando a importância dos projetos de iluminação e dos sistemas de comando e gestão, que possibilitam a redução na fatura de energia. Com o levantamento de dados, cálculos luminotécnicos e simulações serão analisados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Pato Branco as condições luminotécnicas das salas de aula da universidade e avaliar as oportunidades de conservação de energia nos sistemas de iluminação.

**Palavras-chave:** Programas de eficiência energética, gerenciamento pelo lado da demanda, sistemas de iluminação.

## ABSTRACT

SANTOS, Luís Henrique A. dos. Opportunity for Energy Efficiency in Lighting Systems in UTFPR - Câmpus Pato Branco. 2013. 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia Elétrica da Coordenação de Engenharia - COELT, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

This work presents the different energy efficiency programs with emphasis on demand-side management, highlighting the opportunities for energy conservation in lighting systems for consumers highlighting. Studies show that the cost of electricity for the lighting represents up to 50% of total consumption of consumers, so it is relevant to a study of the use of lighting in the global electricity cost of the consumer, relating the importance of lighting project and systems command and management, enabling a reduction in the energy cost. With the survey data, lighting project and simulations will be analyzed in the Federal Technological University of Paraná - Câmpus Pato Branco the lighting project conditions of the classrooms of the university and evaluate opportunities for energy conservation in lighting systems.

**Keywords:** Energy efficiency programs, demand side management, lighting systems.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas de uma Auditoria Energética .....	19
Figura 2- Usos finais de energia em cada setor consumidor .....	20
Figura 3 – Sala de aula M004 .....	33
Figura 4 – Sala de aula O205.....	33
Figura 5 – Sala de aula N115.....	34
Figura 6 – Sala de aula S106.....	34
Figura 7 – Posições onde foram realizadas as medições .....	35
Figura 8 - Tomografia simples e Gride de Iluminância para a sala H009.....	53
Figura 9 - Tomografia simples e Gride de Iluminância I005.....	53
Figura 10 - Tomografia simples e Gride de Iluminância J002 .....	54
Figura 11 - Tomografia simples e Gride de Iluminância O001. ....	54
Figura 12 - Tomografia simples e Gride de Iluminância N115.....	55
Figura 13 - Tomografia simples e Gride de Iluminância M005. ....	55
Figura 14 - Tomografia simples e Gride de Iluminância L105.....	56
Figura 15 - Tomografia simples e Gride de Iluminância S102.....	56
Figura 16 - Tomografia simples e Gride de Iluminância P205.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Uso da Iluminação no Brasil.....	21
Tabela 2 – Valores de iluminância para determinados tipos de ambiente .....	28
Tabela 3 – Fator de depreciação do serviço da luminária .....	28
Tabela 4 – Índice de recinto x Fator de utilização .....	29
Tabela 5 – Dados coletados na sala de aula H009 .....	36
Tabela 6 - Dados coletados na sala de aula H006.....	36
Tabela 7 - Dados coletados na sala de aula I005 .....	37
Tabela 8 - Dados coletados na sala de aula I008 .....	38
Tabela 9 - Dados coletados na sala de aula J006.....	39
Tabela 10- Dados coletados na sala de aula J002.....	40
Tabela 11 - Dados coletados na sala de aula O205.....	41
Tabela 12 - Dados coletados na sala de aula O001 .....	42
Tabela 13 - Dados coletados na sala de aula N106.....	43
Tabela 14 - Dados coletados na sala de aula N115.....	44
Tabela 15 - Dados coletados na sala de aula M004 .....	45
Tabela 16- Dados coletados na sala de aula M005 .....	45
Tabela 17- Dados coletados na sala de aula L104 .....	46
Tabela 18- Dados coletados na sala de aula L105 .....	47
Tabela 19 - Dados coletados na sala de aula S102 .....	48
Tabela 20- Dados coletados na sala de aula S106 .....	49
Tabela 21- Dados coletados na sala de aula P005 .....	50
Tabela 22 - Dados coletados na sala de aula P205.....	51
Tabela 23 – Dados levantados, calculados e simulados das salas de aulas. ....	59
Tabela 24 - Número de luminárias a serem retiradas x KW/mês economizados .....	62

## LISTA DE SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica.
GLD	Gerenciamento pelo Lado da Demanda.
MME	Ministério de Minas e Energia.
NBR	Norma Brasileira.
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem.
PEE	Programa de Eficiência Energética das Concessionárias de Distribuição de Energia Elétrica.
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica.
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>15</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	16
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO .....	16
<b>3. DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>17</b>
3.1 ESTADO DA ARTE .....	17
3.1.1 Eficiência Energética .....	17
3.1.2 Programas de Eficiência Energética .....	18
3.1.3 Diagnóstico de Eficiência Energética .....	18
3.1.4 Potencial de Redução do Consumo em Sistemas de Iluminação .....	20
3.1.5 Fatores de influência na qualidade da iluminação .....	23
3.1.5.1 Nível de Iluminância Adequada .....	23
3.1.5.2 Reprodução de Cores .....	23
3.1.5.3 Temperatura de Cor .....	24
3.1.5.4 Proporção harmoniosa entre luminárias .....	24
3.1.5.5 Limitação de Ofuscamento .....	24
3.1.5.6 Efeitos de Luz e Sombra .....	24
3.1.5.7 Iluminação direta e indireta .....	25
3.1.5.8 Equipamentos auxiliares em iluminação .....	25
3.1.5.9 Efeito da temperatura de operação .....	25
3.2 MODELOS DE AVALIAÇÃO DE ILUMINAÇÃO .....	26
3.3 MÉTODO DOS LUMENS .....	26
3.3.1 Valores de Iluminância segundo a NBR 5413 .....	27
3.3.2 Fator de depreciação .....	28
3.3.3 Fator de utilização .....	29
3.3.4 Número de luminárias .....	30

3.4	PROGRAMAS PARA CÁLCULO LUMINOTÉCNICO .....	30
3.4.1	Lumisoft.....	31
3.5	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E SOLUÇÃO PROPOSTA .....	31
<b>4.</b>	<b>APLICAÇÃO DA METODOLOGIA - ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>31</b>
4.1	MEMORIAL DE CÁLCULO LUMINOTÉCNICO DOS AMBIENTES .....	34
4.1.1	Bloco H.....	35
4.1.2	Bloco I .....	37
4.1.3	Bloco J .....	39
4.1.4	Bloco O .....	41
4.1.5	Bloco N.....	43
4.1.6	Bloco M .....	44
4.1.7	Bloco L .....	46
4.1.8	Bloco S.....	48
4.1.9	Bloco P.....	50
4.2	SIMULAÇÕES NO LUMISOFT .....	52
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>57</b>
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>62</b>
<b>7.</b>	<b>TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Uma modalidade de energia que vem ocupando um lugar de destaque na matriz energética brasileira é a energia elétrica, que é o tipo de energia mais consumido no Brasil. Assim, a energia elétrica torna-se cada vez mais indispensável ao progresso econômico, tanto para as necessidades como para os desejos dos consumidores desse tipo de energia, possibilitando, uma enorme variedade de serviços que conseqüentemente, causam um aumento desenfreado, do consumo de energia (ALVAREZ, 1998).

As alternativas que visam o uso racional e eficiente de energia elétrica começaram a surgir após a crise mundial do petróleo da década de 1970 e no Brasil, destacou-se após o racionamento de energia ocorrido em 2001, que atingiu os estados das regiões Sudeste e Nordeste, evidenciando as falhas do modelo utilizado na década de 90 (BARROS, 2005).

Nos últimos anos, as concessionárias de energia elétrica, os governos, organizações não governamentais e empresas de serviços energéticos em vários países, incluindo o Brasil, vêm utilizando-se de programas de gerenciamento pelo lado da demanda (GLD), na procura de soluções para os diversos problemas operacionais e de planejamento. Uma das ações pelo lado da demanda que vem destacando-se é a intervenção nas unidades consumidoras, através de ações que modificam a curva de carga, ou seja, ações que atuam diretamente na demanda. As análises do estudo de GLD, também, permitem uma visão pormenorizada de cada segmento de mercado, no sentido de identificar oportunidades e orientar os consumidores com planejamentos de administração de cargas e medidas conservacionistas.

O GLD, ou em inglês, *Demand Side Management*, foi criado com o objetivo de convencer os planejadores da oferta que a demanda não deve ser vista como imutável e o consumidor, como “quilowatt-hora”, conforme era visto pelos engenheiros das companhias. Assim, o paradigma GLD se apresenta como uma ferramenta única de marketing, tendo como ótica a otimização da interface oferta-demanda (GELLINGS e SMITH, 1988).

Os benefícios dos programas de GLD são interessantes para os consumidores e, principalmente, para as concessionárias de energia, as quais

podem obter alguns benefícios com a implantação desses programas, como por exemplo, protelar o investimento na infraestrutura do sistema, diminuir o custo da energia, reduzir os riscos de investimentos, aumentar a flexibilidade de operação, cumprir as restrições regulatórias, aumentar o fator de potência, diminuir o impacto ambiental e como consequência, melhorar a imagem perante a sociedade. Para o consumidor que participa de programas de GLD, além de diminuir o consumo de energia, também, beneficia-se do aumento da confiabilidade e da qualidade do sistema (GELLINGS e SMITH, 1988).

Nesse sentido, este trabalho se propõe a contribuir na identificação de oportunidades de potenciais de eficiência energética, evidenciando os diferentes modelos de conservação de energia utilizados nos sistemas de iluminação na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – Câmpus Pato Branco. Inicialmente, será apresentada uma fundamentação teórica relacionando a análise do problema. Em seguida, será apresentada a metodologia utilizada para a identificação de oportunidades de eficiência energética em sistemas de iluminação nos diversos setores consumidores de energia elétrica da UTFPR e, por fim, a apresentação dos resultados adquiridos durante a realização do trabalho.

## 2. JUSTIFICATIVA

Em termos de suprimento energético, a eletricidade tornou-se uma das formas mais versáteis e convenientes de energia, tornando-se indispensável e um ponto estratégico para o desenvolvimento socioeconômico de muitos países e regiões. Os avanços tecnológicos na otimização da eficiência energética, na geração, transmissão e nos usos finais da energia elétrica faz com que ela chegue a lugares de difícil acesso do planeta, transformando, assim, regiões pouco desenvolvidas em grandes centros urbanos.

Apesar desses avanços tecnológicos, cerca de um terço da população mundial ainda não tem eletricidade em casa e uma considerável parcela é atendida precariamente. No Brasil, para combater esse tipo de problema, o Ministério de Minas e Energia (MME) juntamente com a Eletrobrás estão investindo em programas de universalização do acesso a energia elétrica, como o programa de governo Luz para Todos, que já instalou energia elétrica para 13,9 milhões de brasileiros. Esse aumento na demanda crescente faz com que o país necessite de novos pontos de geração de energia elétrica eficientes, sendo uma delas, o combate ao desperdício de energia.

O combate ao desperdício é considerado uma fonte virtual de energia elétrica limpa, pois a energia economizada pode ser utilizada para outros fins, principalmente, na iluminação que faz parte da instalação elétrica global e não é considerado relevante em alguns projetos de instalação elétrica. Mas um projeto luminotécnico bem feito pode contribuir aos ganhos financeiros, sociais, ambientais e no setor comercial e industrial, um aumento na produtividade, conseqüentemente, uma diminuição dos custos de produção, um aumento nos lucros e um aumento na competitividade de mercado, fortalecendo a economia de forma geral (FILHO e PRADO, 2007).

Assim, é de fundamental importância para o governo e para as empresas envolvidas o conhecimento dos recursos energéticos disponíveis, das tecnologias utilizadas na região e da necessidade energética de cada consumidor. Contudo, é necessário uma redução na assimetria das informações e o acesso a dados confiáveis e atualizados. Para isto, o presente trabalho faz uma identificação dos potenciais de eficiência energética, tornando possível o uso dessas informações,



apresentando diversas ações que visam o uso racional da energia elétrica nos sistemas de iluminação.

## 2.1 OBJETIVO GERAL

Explorar oportunidades de eficiência energética em sistemas de iluminação na UTFPR – Câmpus Pato Branco.

## 2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para alcançar o objetivo geral de identificar oportunidades de potenciais de conservação de energia em sistemas de iluminação, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- a) Identificar potenciais de conservação em sistemas de iluminação na UTFPR – Câmpus Pato Branco;
- b) Levantar dados técnicos de instalações de iluminação, bem como algumas características de cada ambiente analisado, evidenciando a viabilidade de ações de alterações dos sistemas agregando tecnologia e equipamentos eficientes, de modo a reduzir o uso da energia e manter os níveis de iluminância de acordo com as NBR 5410, 5413 e 5461;
- c) Análise dos dados levantados, levando em consideração a demanda máxima, a demanda mínima, o fator de carga, os custos da iluminação para a universidade e os investimentos feitos para reduzir o impacto na fatura de energia elétrica;

### 3. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso depende dos estudos realizados em diversas subáreas da engenharia elétrica tais como instalações elétricas, análise de circuitos elétricos, conservação de energia, instrumentos e medidas elétricas.

#### 3.1 ESTADO DA ARTE

##### 3.1.1 Eficiência Energética

O conceito de eficiência energética e conservação de energia faz com que o pensamento se volte para o incentivo à economia de algo que está em escassez. Na economia moderna, esse controle é feito, principalmente, nas leis de mercado, onde variações entre a oferta e a procura refletem nas mudanças de preços, conseqüentemente, regularizando o mercado. Isto se evidencia com a crise do petróleo nos anos de 1973-74 e 1981. Esse fato foi o precursor para as novas políticas energéticas e os diversos estudos sobre eficiência energética no mundo (REIS, FADIGAS e CARVALHO, 2005).

O uso eficiente de energia está totalmente relacionado a procura de estratégias ou políticas que reduzam o uso da energia dando ênfase aos principais objetivos, ou seja, sem diminuir a produção de bens e serviços, o conforto e o bem estar da sociedade, levando em consideração questões ambientais. Com isso, a utilização racional de energia tem buscado incrementar, através da redução de custos, a eficiência energética e produtividade energética sob a visão de uso final, considerando auditorias energéticas como ferramenta para o planejamento (RIBEIRO, 2002).

### 3.1.2 Programas de Eficiência Energética

O pioneiro dos programas de eficiência no Brasil foi o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) que teve início em 1985 e caracterizou-se pela publicação e distribuição de manuais relacionados a conservação de energia elétrica nos diferentes setores consumidores, além de implementar iniciativas de estímulo ao desenvolvimento tecnológico e adequação a legislação. Em união ao PROCEL, surgiu o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) visando auxiliar os consumidores sobre os tipos de produtos que estarão comprando, dando assim, a oportunidade de avaliar, otimizar o consumo de energia dos equipamentos elétricos e economizar nos custos com energia.

Para aumentar a contribuição dos programas de eficiência energética no Brasil, é preciso ampliar a abrangência das estratégias vigentes que apresentaram bons resultados e elaborar estratégias que garantam a continuidade dos programas de eficiência energética, tornando-os opções confiáveis as alternativas de ampliação da oferta de energia no planejamento da expansão do setor energético brasileiro (MME, 2008).

Em junho de 2002, o Governo Federal criou, através da Eletrobrás, o PROCEL RELUZ visando promover o desenvolvimento de projetos eficientes de iluminação pública, bem como a valorização noturna de espaços públicos urbanos, conseqüentemente, reduzindo o consumo de energia elétrica, melhorando as condições de segurança pública e a qualidade de vida nas cidades brasileiras.

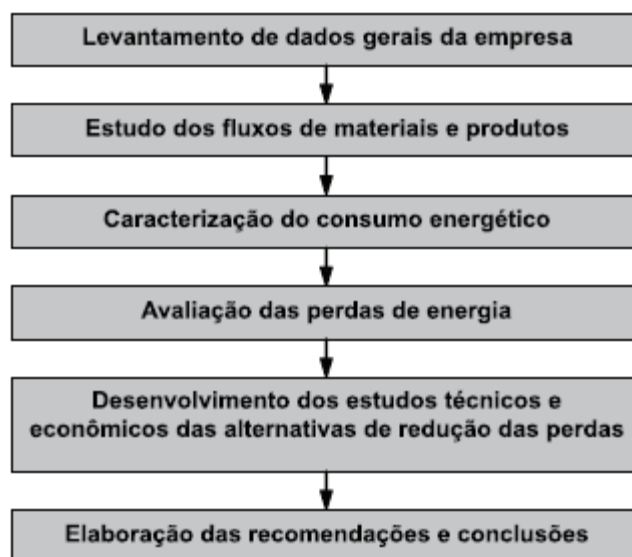
### 3.1.3 Diagnóstico de Eficiência Energética

Com a crise do petróleo, houve um aumento nas discussões relacionadas a utilização de fontes renováveis, assim, utilizou-se conceitos das diversas áreas da engenharia, da economia e da administração para promover a eficiência energética dos diferentes sistemas energéticos. Devido a diversidade e a complexidade desses sistemas, varias técnicas e métodos são utilizados para definir objetivos, ações para melhorar o desempenho energético e reduzir perdas no sistema. Sendo, a partir desse pensamento que surgiu o termo auditoria energética (NOGUEIRA, 2006).

A auditoria é realizada em todos os setores consumidores, tanto em indústrias e como no comércio, afim de gerenciar o consumo de energia e a implantação de programas de uso racional de energia para reduzir os custos. No setor residencial, geralmente, programas de GLD são patrocinados pelas concessionárias. (NOGUEIRA, 2006).

A Figura 1, mostra as etapas de uma auditoria energética, sendo necessário conhecer e diagnosticar a realidade do consumidor, para estabelecer prioridades, implantar projetos de redução de perdas e acompanhar resultados, sendo um processo contínuo.

A primeira etapa é o levantamento de dados gerais da empresa, obtendo a razão social, nome fantasia, tipo de atividade, número de funcionários e mais algumas informações necessárias. Em seguida, é feito um estudo dos fluxos energéticos na empresa analisando as diversas transformações intermediárias e as perdas relacionadas as diferentes etapas do processo e, a partir, dos dados levantados são desenvolvidos estudos técnicos e econômicos das alternativas possíveis de redução das perdas e a elaboração das ações recomendadas.



**Figura 1 – Etapas de uma Auditoria Energética**  
Fonte: NOGUEIRA (2006).

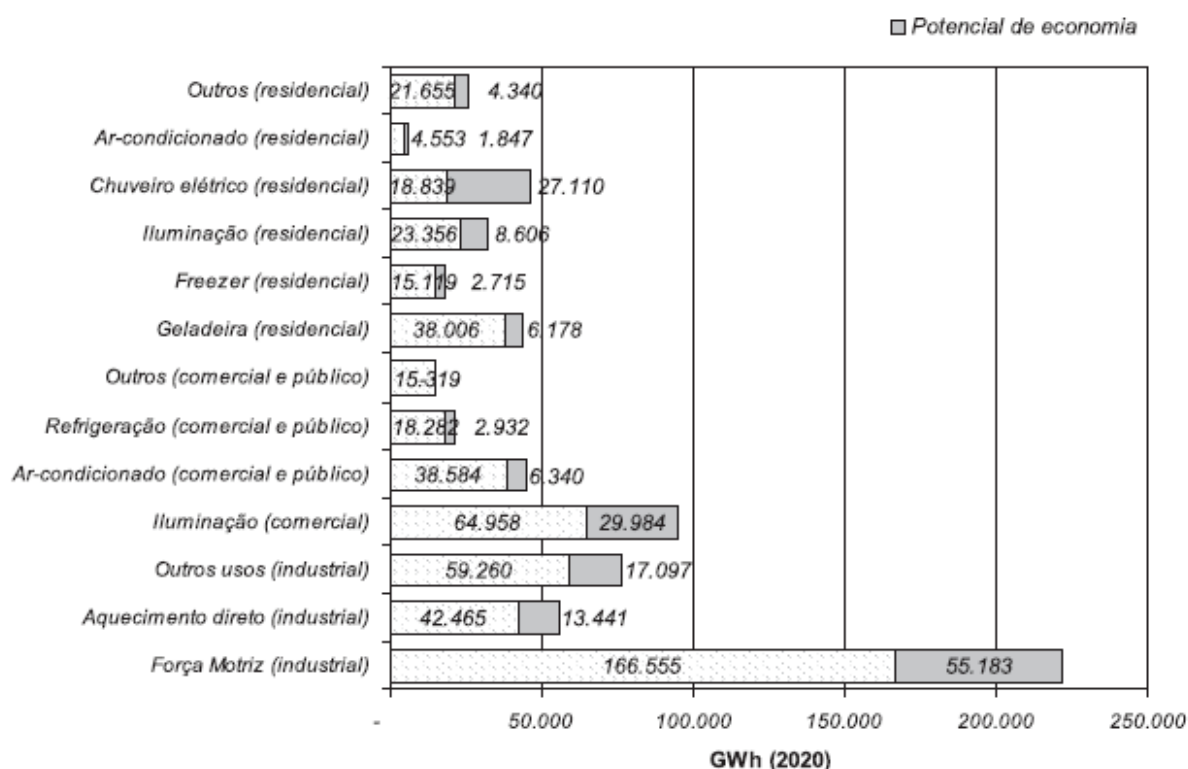
A auditoria, basicamente, consiste no levantamento de dados que mapeiam pelo menos os principais equipamentos consumidores, os quais são passíveis de melhorias em relação ao uso. Sendo assim, com as contas de energia elétrica em mãos, deve-se analisar as instalações elétricas e os fluxos de energia do

sistema. Em seguida, com auxílio de alguns aparelhos, necessários para a coleta de dados no campo, analisa-se a instalação para fazer medições.

### 3.1.4 Potencial de Redução do Consumo em Sistemas de Iluminação

A análise das instalações de iluminação é essencial nos estudos de GLD, pois, além de facilitar a redução do consumo, também corresponde ao segmento com maior participação do consumo total de instalações comerciais e de serviços (FILHO, 2007).

A Figura 2, mostra um estudo feito pelo Fundo Mundial da Natureza, na Agenda Elétrica Sustentável 2020, levando em consideração os diferentes usos finais de energia em cada setor consumidor e o potencial de economia de cada aparelho se utilizado em modo *stand by*, levando-se em consideração a potência de cada aparelho e o número horas de uso anual.



**Figura 2- Usos finais de energia em cada setor consumidor**  
**FONTE: WWF (2006).**

No Brasil existem 15 milhões de pontos de iluminação pública, na qual equivale a 4,5% da demanda nacional e a 3,0% do consumo total da energia elétrica

do país, ou seja, equivale a uma demanda de 2,2GW e um consumo de 9,7 bilhões de kWh/ano (MME, 2005).

De acordo com a Tabela 1 que mostra o uso da iluminação no Brasil, pode-se perceber que os principais usos da iluminação correspondem a aproximadamente 25% do consumo da eletricidade no setor residencial, 42% no setor comercial, 50% no setor público e aproximadamente 2% no setor industrial, totalizando 359.564,0 GWh/a gastos com iluminação (MME, 2005).

**Tabela 1 – Uso da Iluminação no Brasil**

Setores	Energia Total (GWh/a)	Coefficiente de Destinação	Distrib. da Energia Final (GWh/a)	Distrib. De Energia Útil (GWh/a)	Potencial de Economia de Energia (GWh/a)
Setor Energético	12.818,0	0,068	871,6	213,5	135,3
Setor Residencial	78.577,0	0,240	18.858,5	1.697,3	8.990,7
Setor Comercial	50.082,0	0,418	20.949,8	5.028,0	2.992,8
Setor Público	30.092,0	0,497	14.961,7	3.740,4	2.493,6
Setor Agropecuário	14.895,0	0,037	551,1	49,6	262,7
Setor Transportes	1.039,0	0,000	0,0	0,0	0,0
Setor Industrial	172.061,0	0,021	3.594,4	873,6	540,6
<b>TOTAL</b>	<b>359.564,0</b>	<b>0,166</b>	<b>59.787,1</b>	<b>11.602,40</b>	<b>15.415,70</b>

Fonte: Adaptado de MME(2005).

Existe uma grande quantidade de ações que promovem o aumento da eficiência e conseqüentemente a redução do consumo, de um sistema de iluminação, sendo que as principais são:

- Emprego da tecnologia de iluminação mais adequada às atividades desenvolvidas;
- Máximo aproveitamento possível da iluminação natural;
- Segmentação dos acionamentos do sistema de iluminação;
- Uso de detectores de presença;
- Uso de equipamentos gerenciadores de energia (por exemplo, o dimmer);
- Implementação de um programa de manutenção efetivo;
- Educação dos usuários.

O emprego de uma tecnologia de iluminação adequada às atividades desenvolvidas é essencial para a eficiência e a eficácia do sistema. Instalações de iluminação mal projetadas podem reduzir o desempenho e prejudicar a saúde dos usuários, além de desperdiçar energia elétrica. Em instalações antigas, é comum observar sistemas com níveis de iluminância acima dos valores da norma, indicando um superdimensionamento do sistema original ou a necessidade de substituição direta da tecnologia original por outra mais moderna (ALVAREZ, 1998).

O potencial de redução de custos ou de conservação de uma tecnologia, pode ser determinado a partir da potência instalada atual em luminárias operantes, e das potências instaladas previstas para as diversas alternativas sob análise, através de (1) (ALVAREZ, 1998):

$$PR = 100 \left[ 1 - \frac{P_i}{P_{atual}} \right] (\%) \quad (1)$$

Onde:

PR - Potencial de redução devido à mudança de tecnologia de iluminação;

P<sub>i</sub> - Potência instalada do sistema projetado a partir da tecnologia;

P<sub>atual</sub> - Potência instalada em luminárias operantes do sistema de iluminação atual;

P<sub>i</sub> / P<sub>atual</sub> - Deve ser o menor valor encontrado entre as diferentes tecnologias de iluminação propostas.

Um método de cálculo preciso do potencial de redução do consumo proporcionado por essas medidas é complexo de ser efetuado devido a uma série de fatores que interferem na eficácia das medidas, como por exemplo, a disposição e preocupação dos usuários em desligar as luminárias próximas a janelas e os níveis de iluminamento proporcionados, diariamente, pela luz natural. Dessa forma, cálculos precisos do potencial de redução do consumo proporcionados pela utilização de detectores de presença são realizados em ambientes onde se conheça de antemão os horários de ociosidade das luminárias (ALVAREZ, 1998).

A educação dos usuários também pode proporcionar reduções do consumo de energia elétrica através da adoção de hábitos racionais de uso. Neste sentido, devem ser realizados programas de redução de consumo ou de conservação de energia elétrica dentro da instalação, através de cartazes publicitários, palestras e programas educativos que conscientizem e engajem os

usuários no combate ao desperdício de energia elétrica, podendo e devendo ser estendidos aos demais setores energéticos, como por exemplo o uso correto da água e à reciclagem de lixo (ALVAREZ, 1998).

### 3.1.5 Fatores de influência na qualidade da iluminação

#### 3.1.5.1 Nível de Iluminância Adequada

Em um projeto luminotécnico quanto maior a necessidade visual da atividade realizada em um determinado ambiente, mais elevado deverá ser o valor da iluminância média sobre o plano de trabalho, sendo a iluminância média, a quantidade de fluxo luminoso das fontes de luz que incidem sobre uma superfície situada a uma certa distância. Além disso, deve-se considerar que o fluxo luminoso da lâmpada diminui, ao passar do tempo, devido ao desgaste e ao acúmulo de poeira na luminária, conseqüentemente resultando em uma diminuição da iluminância. Por isso, utilizamos um fator de depreciação no cálculo do número de luminárias, com isso, ao elevar o número de luminárias previstas evita-se que, com o desgaste, o nível de iluminância alcance valores menores que o mínimo recomendado (FIORINI, 2006).

#### 3.1.5.2 Reprodução de Cores

As cores dos objetos são determinadas pela reflexão de parte do espectro de luz que incide sobre ele, assim, uma boa reprodução de cores é relacionado a qualidade da luz incidente. Sendo que, quanto maior a reprodução das cores de uma lâmpada, mais natural torna-se a cor aos olhos humanos. Dentre as lâmpadas encontradas atualmente no mercado com máxima reprodução de cores temos características de alto consumo de energia, baixa eficiência luminosa e uma grande dissipação de calor (FIORINI, 2006).



### 3.1.5.3 Temperatura de Cor

A distribuição das luminárias em um ambiente é um dos requisitos necessários para o conforto visual. Com a correta distribuição de lâmpadas e a correta temperatura de cor da fonte de luz pode-se provocar diferentes sensações, como por exemplo, de aconchego (OSRAM, 2010).

### 3.1.5.4 Proporção harmoniosa entre luminárias

A utilização de luminárias em diferentes planos faz com que haja uma fadiga visual, devido ao trabalho de acomodação da vista, ao passar por mudanças bruscas de sensação de claridade. Para evitar essa fadiga, é necessário que as luminárias de piso, parede e teto se harmonizem numa proporção de 1: 2: 3, e que, no caso de uma mesa de trabalho, a luminância desta não seja inferior a 1/3 do objeto observado (OSRAM, 2010).

### 3.1.5.5 Limitação de Ofuscamento

O fenômeno produzido pelo excesso de luminância de uma fonte de luz é chamado ofuscamento. Oferecendo um desconforto visual quando permanece em um ambiente iluminado durante um intervalo de tempo.

O ofuscamento pode ser de forma direta, através do uso de luz direcionada diretamente ao campo visual. E, de forma reflexiva, através da reflexão da luz no plano de trabalho, direcionando-a para o campo visual (OSRAM, 2010).

### 3.1.5.6 Efeitos de Luz e Sombra

Um cuidado que deve-se tomar é o direcionamento do foco da luminária, evitando que se crie sombras perturbadoras e, também, a total ausência de sombra levando a perda de textura e do formato dos objetos (OSRAM, 2010).

### 3.1.5.7 Iluminação direta e indireta

No projeto luminotécnico quanto maior a distância entre a fonte e o objeto iluminado, menor será a intensidade da iluminação e maior será a área atingida pela luz, assim podemos diferenciar a iluminação em vários tipos, sendo alguns deles, a direta e indireta.

A iluminação é designada como direta quando o fluxo luminoso incide diretamente no plano de trabalho. Como exemplo podemos citar os spots, luminárias de mesa, abajures, entre outros.

No caso da iluminação indireta, a luz ilumina o ambiente como um todo, não há um foco direto, é uma luz de ambientação (OSRAM, 2010).

### 3.1.5.8 Equipamentos auxiliares em iluminação

Dentre os diversos equipamentos utilizados em projetos de iluminação, temos atualmente no mercado:

- Luminária: abriga a lâmpada e direciona a luz;
- Reator: equipamento auxiliar ligado entre a rede e as lâmpadas de descarga, cuja função é estabilizar a corrente através da mesma;
- *Starter*: elemento bimetálico cuja função é pré-aquecer os eletrodos das lâmpadas fluorescentes e fornecer em conjunto com o reator eletromagnético convencional, um pulso de tensão necessário para o acendimento da mesma;
- Dimmer: tem por função variar a intensidade da luz de acordo com a necessidade.

### 3.1.5.9 Efeito da temperatura de operação

Um importante ponto que deve ser levado em conta e muitas vezes não é considerado relevante na escolha da lâmpada a ser utilizada é a condição térmica de operação para os diferentes ambientes de trabalho, pois a potência indicada na lâmpada é para ambientes a 25°C e isto causa uma implicação direta no fluxo luminoso e na redução da vida útil das lâmpadas (PADILLA, 2010).

Uma solução para reduzir este efeito é a utilização de lâmpadas fluorescentes com amálgama, tendo assim a possibilidade destas lâmpadas trabalharem com uma maior variação de temperatura com fluxo constante e menor perda luminosa, sendo possível operar com 90% do fluxo luminoso nominal em temperaturas entre 5°C a 70°C (PADILLA, 2010).

### 3.2 MODELOS DE AVALIAÇÃO DE ILUMINAÇÃO

Um projeto luminotécnico tem como objetivo relacionar o melhor sistema de iluminação para uma determinada aplicação, dando importância às necessidades visuais e o bem estar humano sendo necessário relacionar diversas variáveis, por isso é necessário desenvolver algumas etapas para estabelecer uma sequência lógica de cálculos. Esta metodologia supõe as seguintes etapas (OSRAM, 2010):

- a) Levantamento das atividades que serão desenvolvidas no ambiente, as dimensões físicas do local e os materiais utilizados no ambiente;
- b) Relacionar os objetivos da iluminação no local e dos efeitos que se pretendem alcançar em função das atividades a serem desenvolvidas no local;
- c) Análise dos fatores que influenciam na qualidade da Iluminação;
- d) Escolha das lâmpadas e luminárias para os determinados objetivos;
- e) Cálculo da iluminação em geral;
- f) Distribuição das lâmpadas;
- g) Definição dos pontos de iluminação.

### 3.3 MÉTODO DOS LUMENS

Para o cálculo do iluminamento dos diferentes ambientes de trabalho podemos utilizar diversos métodos, o mais utilizado para o cálculo de iluminação de interiores é o método dos lumens que baseia-se na determinação do fluxo luminoso (lúmens) necessário para a obtenção de um iluminamento médio desejado no plano

útil de trabalho. Esse método, resumidamente, consiste em determinar o fluxo luminoso através de (2) (FILHO, 1989).

$$\psi_t = \frac{E \times S}{F_u \times F_{dl}} \quad (2)$$

Onde:

$\psi_t$  – Fluxo total que será emitido pelas lâmpadas em lumens;

$E$  – Iluminamento médio requerido pelo ambiente a ser iluminado em lux;

$S$  – Área do recinto, em m<sup>2</sup>;

$F_u$  – Fator de utilização do recinto;

$F_{dl}$  - Fator de depreciação do serviço da luminária.

### 3.3.1 Valores de Iluminância segundo a NBR 5413

A densidade de fluxo luminoso que incide sobre uma superfície é chamado de iluminância, por isso cada tipo de ambiente com uma determinada atividade que é desenvolvida no mesmo tem um valor específico de acordo com a NBR 5413 sobre iluminância de interiores. Na Tabela 2, podemos encontrar alguns valores de iluminância para os diferentes tipos de ambiente e de atividades realizadas nesses ambientes. Além disso, podemos verificar que são indicados três valores de iluminância para cada tipo de ambiente ou atividade, sendo o valor mais alto destinado a situações onde a atividade realizada nesse ambiente se apresenta com refletâncias e contrastes bastante baixos, sendo difícil corrigir os erros e o trabalho visual é crítico. Os valores mais baixos são utilizados em ambientes com refletâncias ou contrastes relativamente altos. A velocidade e a precisão não são importantes e a atividade é executada ocasionalmente. Se não ocorrer nenhum dos casos descritos anteriormente, utilizar o valor médio (ABNT, 1992).

**Tabela 2 – Valores de iluminância para determinados tipos de ambiente**

Ambiente	Iluminância (Lux)		
Salas de aula	200	300	500
Quadros negros	300	500	750
Salas de trabalhos manuais	200	300	750
Sala de reuniões	150	200	300
Salas de educação física	100	150	200
Artes culinárias	150	200	300

Fonte: ABNT (1992).

### 3.3.2 Fator de depreciação

O fator de depreciação é a relação entre o fluxo luminoso emitido por uma luminária no fim do período considerado para iniciar o processo de manutenção e o fluxo emitido no início de sua operação. Na Tabela 3, apresentamos alguns aparelhos e seus respectivos fatores de depreciação do serviço da luminária (FILHO, 1989).

**Tabela 3 – Fator de depreciação do serviço da luminária**

Tipo de Aparelho	Fdl
Aparelhos para embutir lâmpadas incandescentes	0,85
Aparelhos para embutir lâmpadas refletoras	
Calha Aberta e chanfrada	0,80
Refletor industrial para lâmpadas incandescentes	
Luminária comercial	0,75
Luminária ampla utilizada em linhas contínuas	
Refletor parabólico para duas lâmpadas incandescentes	0,70
Aparelho para lâmpada incandescente para iluminação indireta	
Luminária industrial tipo Miller	
Refletor com difusor plástico	0,60
Luminária para lâmpada fluorescente para iluminação indireta	

Fonte: Alterado de FILHO (1989).

### 3.3.3 Fator de utilização

O fator de utilização do recinto é a relação entre o fluxo luminoso que chega ao plano de trabalho e o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas, sendo a dimensão do ambiente, o tipo de luminária utilizado e as cores utilizadas no ambiente as variáveis que influenciam diretamente no fator de utilização.

Na Tabela 4, temos os fatores de utilização para algumas luminárias típicas de aplicação em recintos comerciais e industriais. A utilização dessa tabela, implica na determinação do índice de recinto K e das refletâncias médias  $\rho_{te}$  do teto,  $\rho_{pa}$  das paredes e  $\rho_{pi}$  do piso, que dependem das tonalidades das superfícies iluminadas (FILHO, 1989).

#### a) Teto

- Branco: 70%=0,70;
- Claro: 50%=0,50;
- Escuro: 30%=0,30.

#### b) Paredes

- Claras: 50%=0,50;
- Escuras: 30%=0,30.

#### c) Piso

- Escuro: 10%=0,10.

**Tabela 4 – Índice de recinto x Fator de utilização**

Tipo de Luminária	Cores	Refletâncias (%)							
	Teto	70		50		70	50	30	
	Parede	50	30	50	30	10	10	30	10
	Piso	10							
	Índice do Recinto (K)	Fator de utilização							
TMS 426 2 lâmpadas de 40 W	0,8	0,43	0,36	0,3	0,38	0,32	0,27	0,28	0,24
	1	0,5	0,42	0,36	0,44	0,38	0,33	0,33	0,29
	1,25	0,56	0,49	0,43	0,49	0,43	0,38	0,38	0,34
	1,5	0,61	0,54	0,48	0,54	0,48	0,43	0,42	0,38
	2	0,68	0,61	0,56	0,6	0,55	0,5	0,48	0,45

Fonte: Alterado de FILHO (1989).

A refletância média representa as reflexões médias das superfícies do ambiente da instalação, sendo dada por (3).

$$K = \frac{A \times B}{H_{lp} \times (A + B)} \quad (3)$$

Sendo:

K – Índice de recinto;

A – Comprimento do recinto, em metros;

B – Largura do recinto, em metros;

$H_{lp}$  – Altura da fonte de luz sobre o plano de trabalho, em metros.

### 3.3.4 Número de luminárias

O número de luminárias é um fator importante que depende diretamente do tipo de luminária que será utilizado, sendo dado por (4).

$$N_{lu} = \frac{\psi_t}{N_{la} \times \psi_l} \quad (4)$$

Onde:

$N_{lu}$  – Número de luminárias;

$\psi_t$  – Fluxo luminoso total em lumens;

$N_{la}$  – Número de lâmpadas por luminária;

$\psi_l$  – Fluxo luminoso emitido por uma lâmpada, em lumens.

## 3.4 PROGRAMAS PARA CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

Diversos projetistas, atualmente, utilizam-se de softwares para o cálculo luminotécnico, sendo que a maioria utilizam-se dos métodos conhecidos como o método dos lumens, método do ponto por ponto e o método das cavidades zonais para determinar o número de luminárias a serem instaladas no ambiente. A maioria desses softwares apresenta, também, um diagrama de distribuição das iluminâncias nos diferentes pontos de luz distribuídos pelo ambiente, a curva de distribuição e o fator de utilização para os diferentes tipos de luminárias disponíveis no mercado (FIORINI, 2006).

### 3.4.1 Lumisoft

O Lumisoft é um prático software gratuito desenvolvido pela Lumicenter para estudos luminotécnicos. Sendo baseado no cálculo luminotécnico pelo método dos lumens e no método ponto a ponto. Oferecendo recursos inovadores que automatizam o processo de dimensionamento de sistemas de iluminação. Projetado para realizar operações dinâmicas e eficientes, o Lumisoft possibilita a aplicação de diferentes tipos de luminárias em um mesmo ambiente e o desenvolvimento de projetos mais sofisticados (LUMICENTER, 2010).

## 3.5 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E SOLUÇÃO PROPOSTA

A quantidade de energia elétrica desperdiçada diariamente no Brasil é bastante significativa, em contra partida a tendência de crescimento da demanda de energia elétrica é ainda maior, principalmente com a expectativa das novas construções relacionadas à Copa do Mundo em 2014, as Olimpíadas de 2016 e as políticas de incentivo do governo para uma melhor distribuição de renda. Isso faz com que a população tenha um maior acesso aos confortos das novas tecnologias. Além disso, temos a crescente urbanização e a expansão dos diversos setores de serviço.

Sendo assim, este trabalho de conclusão de curso tem o intuito de analisar diferentes sistemas de iluminação e identificar potenciais de eficiência energética para cargas nos diferentes tipos de salas de aula da UTFPR – Câmpus Pato Branco. Sendo avaliados os diversos tipos de lâmpadas existentes nos ambientes, desde o nível de iluminância até o impacto dessas cargas nas contas de energia elétrica, além de sua viabilidade em programas de economia de energia.

## 4. APLICAÇÃO DA METODOLOGIA - ESTUDO DE CASO

Para ser possível determinar e analisar os diferentes tipos de sistemas de iluminação é importante determinar a metodologia que será utilizada para coletar as



variáveis necessárias para o desenvolvimento do trabalho. Dentre os diferentes tipos de ambientes iluminados existentes, escolheu-se as salas de aula da UTFPR – Câmpus Pato Branco, pois é um ambiente utilizado em três turnos e a iluminação é um fator extremamente importante, principalmente, nas aulas do período noturno, por isso, as medições foram realizadas no período noturno por ser considerado o pior caso.

Para o desenvolvimento do trabalho selecionou-se duas salas de aula por bloco da universidade para serem realizadas as análises dos sistemas de iluminação, fazendo-se os cálculos luminotécnicos, analisando as variáveis que influenciam na iluminação do ambiente e as medições da quantidade de lux utilizando o luxímetro, sendo as seguintes salas de aula analisadas:

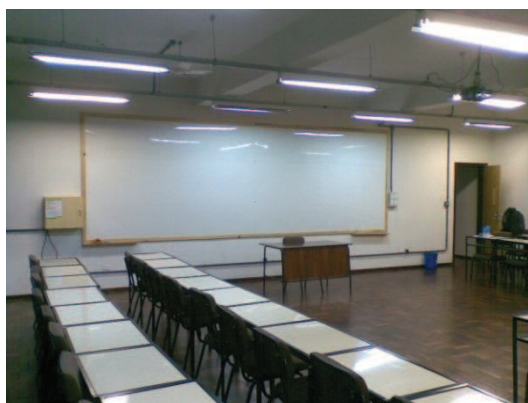
- Bloco H
  - Sala H009;
  - Sala H006.
- Bloco I
  - Sala I001;
  - Sala I005.
- Bloco J
  - Sala J006;
  - Sala J002.
- Bloco L
  - Sala L104;
  - Sala L105.
- Bloco M
  - Sala M004;
  - Sala M005.
- Bloco N
  - Sala N106;
  - Sala N115.
- Bloco O
  - Sala O001;
  - Sala O205.
  -

- Bloco P
  - Sala P005;
  - Sala P205.
- Bloco S
  - Sala S102;
  - Sala S106.

Na UTFPR – Câmpus Pato Branco tem-se diferentes ambientes de salas de aula sendo cada uma com suas características, a seguir, temos algumas figuras para demonstrar esses ambientes.



**Figura 3 – Sala de aula M004**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 4 – Sala de aula O205**  
Fonte: Autoria própria.



**Figura 5 – Sala de aula N115**  
**Fonte: Autoria própria.**

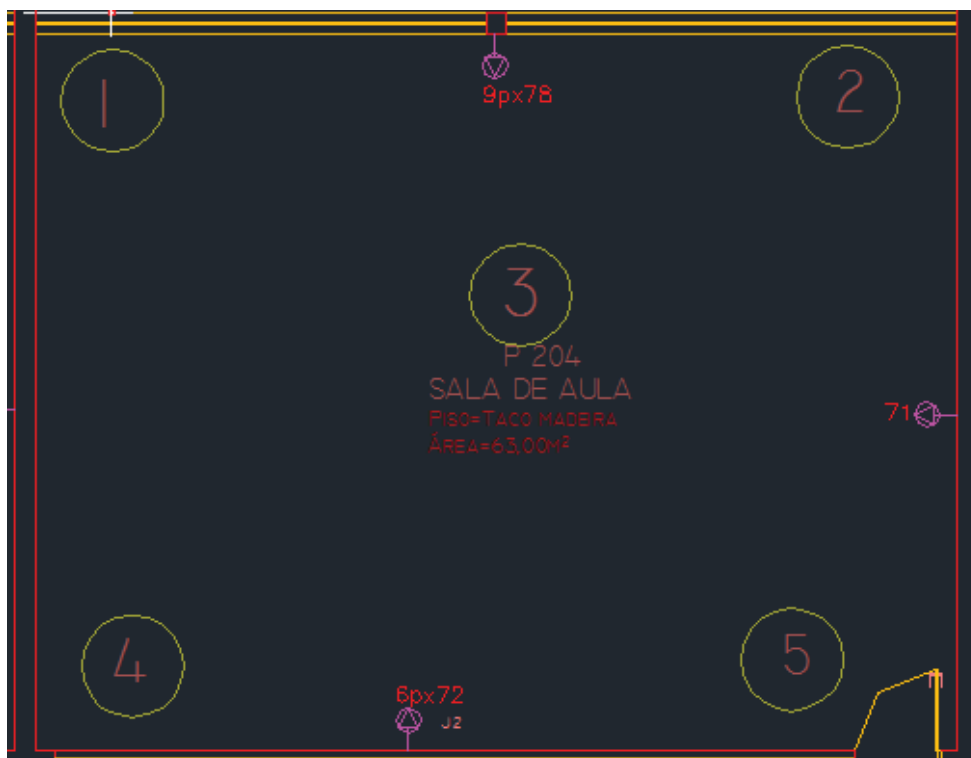


**Figura 6 – Sala de aula S106**  
**Fonte: Autoria Própria.**

#### 4.1 MEMORIAL DE CÁLCULO LUMINOTÉCNICO DOS AMBIENTES

Para o cálculo luminotécnico utilizou-se o método dos lumens, por ser um método de fácil aplicabilidade e muito utilizado nos projetos luminotécnicos nas empresas de engenharia e entre outros.

Primeiramente, mediu-se a quantidade de lumens com o luxímetro, sendo feitas 5 medições, sendo elas nos quatro cantos das salas de aula e no centro, fazendo-se assim, uma média aritmética dos valores encontrados, como mostra a Figura 7.



**Figura 7 – Posições onde foram realizadas as medições**  
**Fonte: Autoria própria.**

Em seguida, fez-se uma análise das características dos ambientes analisados e montou-se tabelas com dados necessários para o cálculo luminotécnico, conforme abaixo.

Para a realização dos cálculos foram feitas algumas considerações, sendo que a altura entre o plano de trabalho e a fonte luminosa ( $H_{lp}$ ) é de 3 metros, utilizou-se de acordo com a NBR 5413 o valor da iluminância como sendo de 300 Lux para as salas de aula como mostra a Tabela 2 e o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas ( $\psi_l$ ) utilizadas nas salas de aulas é de 3000 lumens para o modelo TMS 426 da Philips.

#### 4.1.1 Bloco H

No bloco H coletou-se dados na sala H009 e na sala H006 necessários para a realização do cálculo luminotécnico, sendo descritos na Tabela 5 e na Tabela 6.

**Tabela 5 – Dados coletados na sala de aula H009**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
H009	Branco	Branco	Escuro	6	Dupla	9,15	6,05	55,3	287

Fonte: Autoria Própria

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9,15 \times 6,05}{3,0 \times (9,15 + 6,05)} = 1,25 \quad (5)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (5) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 5 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,56 \quad (6)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (7)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 5, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 55,3}{0,56 \times 0,75} = 39.500 \text{ Lumens} \quad (8)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{39.500}{2 \times 3000} = 7 \text{ Luminárias} \quad (9)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias sete luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula H009.

**Tabela 6 - Dados coletados na sala de aula H006**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
H006	Branco	Branco	Escuro	9	Dupla	6,67	5,64	37,6	442

Fonte: Autoria Própria

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{6,67 \times 5,64}{3,0 \times (6,67 + 5,64)} = 1,0 \quad (10)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (10) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 6 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,50 \quad (11)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que encontra-se na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (12)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 6, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 37,6}{0,50 \times 0,75} = 30.080 \text{ Lumens} \quad (13)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{30080}{2 \times 3000} = 5 \text{ Luminárias} \quad (14)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessários cinco luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula H006.

#### 4.1.2 Bloco I

No bloco I coletou-se dados na sala I005 e na sala I008 necessários para a realização do cálculo luminotécnico, sendo descritos na Tabela 7 e na Tabela 8

**Tabela 7 - Dados coletados na sala de aula I005**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
I005	Branco	Branco	Escuro	9	Dupla	9,4	6,15	57,8	342

Fonte: Autoria Própria

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9,4 \times 6,15}{3,0 \times (9,4 + 6,15)} = 1,25 \quad (15)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (15) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 7 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,56 \quad (16)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que encontra-se na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (17)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 7, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 57,8}{0,56 \times 0,75} = 41.285 \text{ Lumens} \quad (18)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{41285}{2 \times 3000} = 7 \text{ Luminárias} \quad (19)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias sete luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula I005.

**Tabela 8 - Dados coletados na sala de aula I008**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
I008	Branco	Branco	Escuro	12	Dupla	11,85	6,15	72,8	353

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{11,85 \times 6,15}{3,0 \times (11,85 + 6,15)} = 1,50 \quad (20)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (20) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 8 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,61 \quad (21)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que encontra-se na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (22)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 8, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 72,8}{0,61 \times 0,75} = 47.737 \text{ Lumens} \quad (23)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{47737}{2 \times 3000} = 8 \text{ Luminárias} \quad (24)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias oito luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula I008.

#### 4.1.3 Bloco J

No bloco J coletou-se dados na sala J006 e na sala J002 necessários para a realização do cálculo luminotécnico, sendo descritos na Tabela 9 e na Tabela 10.

**Tabela 9 - Dados coletados na sala de aula J006**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
J006	Branco	Branco	Escuro	15	Dupla	7,09	12,3	87,1	312

Fonte: Autoria Própria

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{7,09 \times 12,3}{3,0 \times (7,09 + 12,3)} = 1,50 \quad (25)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (25) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 9 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,61 \quad (26)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (27)$$



Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 9, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 87,1}{0,61 \times 0,75} = 57.114 \text{ Lumens} \quad (28)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{57114}{2 \times 3000} = 10 \text{ Luminárias} \quad (29)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias 10 luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula J006.

**Tabela 10- Dados coletados na sala de aula J002**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
J002	Marrom	Branco	Escuro	6	Dupla	8,09	6,05	48,9	373

Fonte: Autoria Própria

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{8,09 \times 6,05}{3,0 \times (8,09 + 6,05)} = 1,25 \quad (30)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (30) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 10 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,49 \quad (31)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (32)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e da Tabela 10, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 48,9}{0,49 \times 0,75} = 39.918 \text{ Lumens} \quad (33)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{39918}{2 \times 3000} = 7 \text{ Luminárias} \quad (34)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias sete luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula J002.

#### 4.1.4 Bloco O

No bloco O coletou-se dados na sala O205 e na sala O001 necessários para a realização do cálculo luminotécnico, sendo descritos na Tabela 11 e Tabela 12.

**Tabela 11 - Dados coletados na sala de aula O205**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
O205	Branco	Branco	Escuro	16	Dupla	9,00	9,55	85,9	469

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9,00 \times 9,55}{3,5 \times (9,00 + 9,55)} = 1,50 \quad (35)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (35) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 11 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,61 \quad (36)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (37)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 11, calcula-se o fluxo luminoso:

$$\psi_t = \frac{300 \times 85,9}{0,61 \times 0,75} = 56.327 \text{ Lumens} \quad (38)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{56327}{2 \times 3000} = 10 \text{ Luminárias} \quad (39)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias 10 luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula O205.

**Tabela 12 - Dados coletados na sala de aula O001**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
O001	Branco	Branco	Escuro	12	Dupla	9,0	7,0	63	471

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9,0 \times 7,0}{3,5 \times (9,00 + 7,0)} = 1,0 \quad (40)$$

Com o valor do índice de recinto dado (40) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 12 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,50 \quad (41)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (42)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 12, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 63}{0,50 \times 0,75} = 45.000 \text{ Lumens} \quad (43)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{45000}{2 \times 3000} = 8 \text{ Luminárias} \quad (44)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias oito luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula O001.

## 4.1.5 Bloco N

No bloco N coletou-se dados na sala N106 e na sala N115 necessários para a realização do cálculo luminotécnico, sendo descritos na Tabela 13 e na Tabela 14.

**Tabela 13 - Dados coletados na sala de aula N106.**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
N106	Branco	Branco	Escuro	9	Dupla	9,84	7,88	77,56	210

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9,84 \times 7,88}{3,5 \times (9,84 + 7,88)} = 1,25 \quad (45)$$

Com o valor do índice de recinto dado (45) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 13 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,56 \quad (46)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (47)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 13, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 77,5}{0,56 \times 0,75} = 55.357 \text{ Lumens} \quad (48)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{55357}{2 \times 3000} = 9 \text{ Luminárias} \quad (49)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias nove luminárias com lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula N106.

Tabela 14 - Dados coletados na sala de aula N115

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
N115	Branco	Branco	Escuro	20	Dupla	9,85	7,85	77,3	620

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9,85 \times 7,85}{3,0 \times (9,85 + 7,85)} = 1,50 \quad (50)$$

Com o valor do índice de recinto dado (50) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 14 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,61 \quad (51)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (52)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 14, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 77,3}{0,61 \times 0,75} = 50.688 \text{ Lumens} \quad (53)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{50688}{2 \times 3000} = 9 \text{ Luminárias} \quad (54)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessários nove luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula N115.

#### 4.1.6 Bloco M

No bloco M coletou-se dados na sala M004 e na sala M005 necessários para a realização do cálculo luminotécnico, sendo descritos na Tabela 15 e na Tabela 16.

**Tabela 15 - Dados coletados na sala de aula M004**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
M004	Branco	Branco	Escuro	12	Dupla	9,85	7,86	77,4	130

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9,85 \times 7,86}{3,5 \times (9,85 + 7,86)} = 1,25 \quad (55)$$

Com o valor do índice de recinto dado (55) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 15 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,56 \quad (56)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (57)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 15, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 77,4}{0,56 \times 0,75} = 55.285 \text{ Lumens} \quad (58)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{55285}{2 \times 3000} = 9 \text{ Luminárias} \quad (59)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias nove luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula M004.

**Tabela 16- Dados coletados na sala de aula M005**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
M005	Branco	Branco	Escuro	12	Dupla	9,85	7,86	77,4	194

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9,85 \times 7,86}{3,5 \times (9,85 + 7,86)} = 1,25 \quad (60)$$

Com o valor do índice de recinto dado (60) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 16 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,56 \quad (61)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (62)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 16, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 77,4}{0,61 \times 0,75} = 55.285 \text{ Lumens} \quad (63)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{55285}{2 \times 3000} = 9 \text{ Luminárias} \quad (64)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessários nove luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula M005.

#### 4.1.7 Bloco L

No bloco L coletou-se dados na sala L104 e na sala L105 necessários para a realização do cálculo luminotécnico, sendo descritos na Tabela 17 e na Tabela 18.

**Tabela 17- Dados coletados na sala de aula L104**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Area (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
L104	Branco	Branco	Escuro	12	Dupla	9,85	7,88	77,6	311

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9,85 \times 7,88}{3,5 \times (9,85 + 7,88)} = 1,25 \quad (65)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (65) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 17 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,56 \quad (66)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (67)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 17, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 77,6}{0,56 \times 0,75} = 55.428 \text{ Lumens} \quad (68)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{55428}{2 \times 3000} = 9 \text{ Luminárias} \quad (69)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias nove luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula L104.

**Tabela 18- Dados coletados na sala de aula L105**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
L105	Branco	Branco	Escuro	12	Dupla	9,85	7,88	77,6	294

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9,85 \times 7,88}{3,5 \times (9,85 + 7,88)} = 1,25 \quad (70)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (70) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 18Tabela 18 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,56 \quad (71)$$



Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (72)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 18, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 77,6}{0,61 \times 0,75} = 55.428 \text{ Lumens} \quad (73)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{55428}{2 \times 3000} = 9 \text{ Luminárias} \quad (74)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias nove luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula L105.

#### 4.1.8 Bloco S

No bloco S coletou-se dados na sala S102 e na sala S106 necessários para a realização do cálculo luminotécnico, sendo descritos na Tabela 19 e na Tabela 20.

**Tabela 19 - Dados coletados na sala de aula S102**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
S102	Branco	Branco	Escuro	8	Dupla	9,36	5,95	55,7	235

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9,36 \times 5,95}{3,5 \times (9,36 + 5,95)} = 1,0 \quad (75)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (75) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 19 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,50 \quad (76)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (77)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 19, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 55,7}{0,56 \times 0,75} = 44.560 \text{ Lumens} \quad (78)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{44.560}{2 \times 3000} = 8 \text{ Luminárias} \quad (79)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias oito luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula S102.

**Tabela 20- Dados coletados na sala de aula S106**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
S106	Branco	Branco	Escuro	6	Dupla	8,03	5,75	46,2	241

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{8,03 \times 5,75}{3,5 \times (8,03 + 5,75)} = 1 \quad (80)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (80) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 20 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,50 \quad (81)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (82)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 20, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 46,2}{0,50 \times 0,75} = 36.960 \text{ Lumens} \quad (83)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{36960}{2 \times 3000} = 6 \text{ Luminárias} \quad (84)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias seis luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula S106.

#### 4.1.9 Bloco P

No bloco P coletou-se dados na sala P005 e na sala P205 necessários para a realização do cálculo luminotécnico, sendo descritos na Tabela 21 e na Tabela 22.

**Tabela 21- Dados coletados na sala de aula P005**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
P005	Branco	Branco	Escuro	9	Quadrupla	9	9,55	85,95	245

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9 \times 9,55}{3,5 \times (9 + 9,55)} = 1,25 \quad (85)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (85) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 21 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,56 \quad (86)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (87)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 21, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 85,95}{0,56 \times 0,75} = 61.392 \text{ Lumens} \quad (88)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{61392}{4 \times 3000} = 5 \text{ Luminárias} \quad (89)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias cinco luminárias com quatro lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula P005.

**Tabela 22 - Dados coletados na sala de aula P205.**

Sala de Aula	Cor			Número de Luminárias	Tipo de Luminária	Compr. (m)	Larg. (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Iluminância Média (Lux)
	Parede	Teto	Chão						
P205	Branco	Branco	Escuro	9	Dupla	9	9,55	85,95	279

Fonte: Autoria Própria.

Primeiramente, por (3), calcula-se o índice de recinto:

$$K = \frac{9 \times 9,55}{3,5 \times (9 + 9,55)} = 1,25 \quad (90)$$

Com o valor do índice de recinto dado por (90) e os valores de refletância para cada tipo de cor utilizado no ambiente que estão descritas na Tabela 22 pode-se descobrir o fator de utilização na Tabela 4, sendo assim, para esse caso temos um fator de utilização de:

$$F_u = 0,56 \quad (91)$$

Após isso, devemos calcular o fluxo luminoso dado por (2), para isso será necessário calcular o fator de depreciação que se encontra na Tabela 3, assim temos:

$$F_{dl} = 0,75 \quad (92)$$

Com (2) e os dados da Tabela 2 e a Tabela 22, calcula-se o fluxo luminoso.

$$\psi_t = \frac{300 \times 85,95}{0,56 \times 0,75} = 61.392 \text{ Lumens} \quad (93)$$

A partir disso, calcula-se o número de luminárias, utilizando (4), necessárias de acordo com NBR 5413.

$$N_{lu} = \frac{61392}{2 \times 3000} = 10 \text{ Luminárias} \quad (94)$$

Assim, segundo o método dos lumens são necessárias 10 luminárias com duas lâmpadas de 40 Watts para iluminar a sala de aula P205.

#### 4.2 SIMULAÇÕES NO LUMISOFT

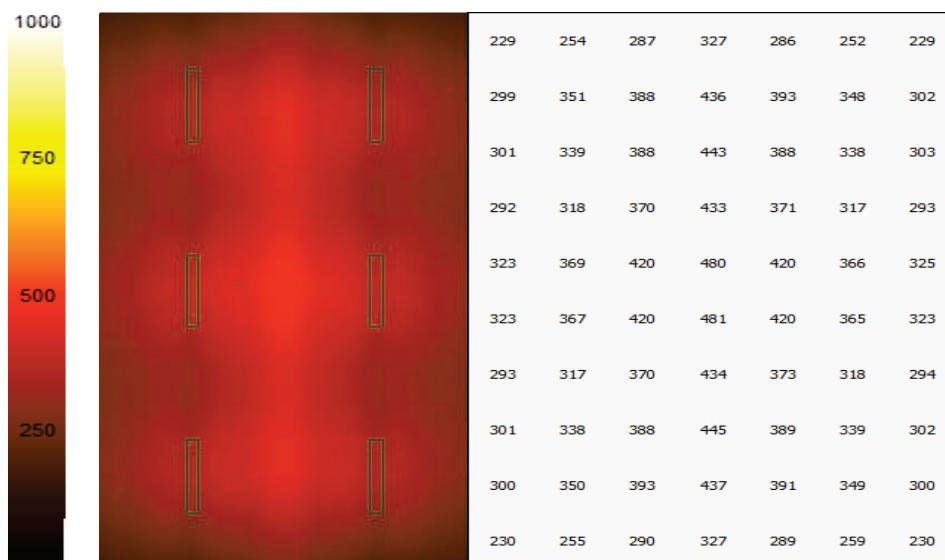
Para realizar simulações computacionais utilizou-se o software Lumisoft da Lumicenter Engenharia de Iluminação, utilizando o método ponto a ponto, fizeram-se simulações das iluminações dos ambientes estudados de acordo com as iluminâncias mínimas, médias e máximas de acordo com a NBR 5413.

Nessas simulações apresenta-se uma tomografia simples da sala de aula, onde temos a distribuição da iluminância por metro quadrado e o gride de iluminância, ou seja, as medições de lux ponto a ponto. As simulações serão realizadas somente em uma sala por bloco, pois as dimensões nas demais salas do mesmo bloco são praticamente iguais.

Essas simulações tem o intuito de mostrar o melhor posicionamento das luminárias, a quantidade de lâmpadas necessárias no ambiente e a distribuição dos lux pela sala de aula analisada.

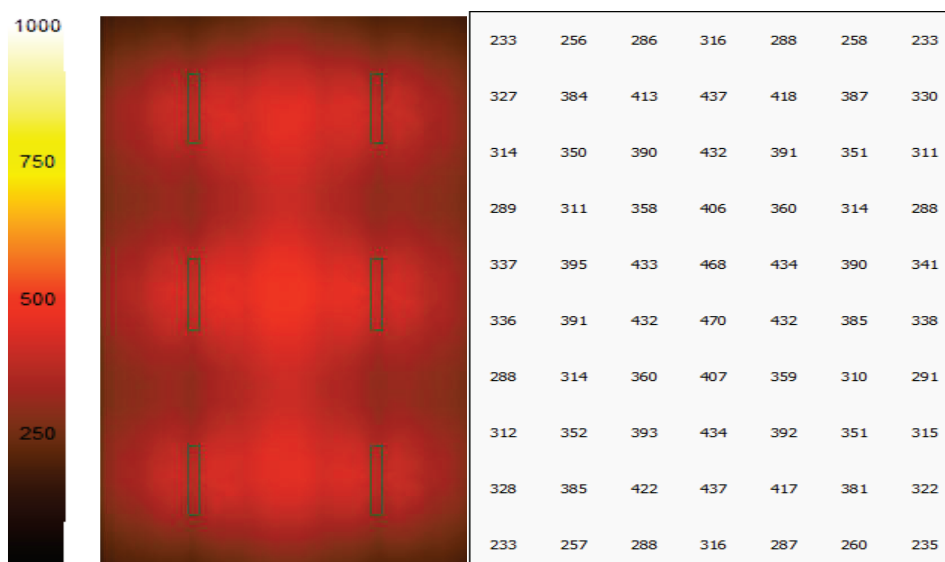
De acordo com a Tabela 2, que mostra os valores de iluminância para determinados ambientes pela NBR 5413, utilizaremos para as simulações uma iluminância média de 300 Lux.

Na Figura 8, temos a tomografia simples e o gride de iluminamento para a sala de aula H009, assim podemos observar que para este ambiente é necessário a instalação de seis luminárias de 4.700 lumens, resultando em um iluminamento médio de 339,8 Lux.



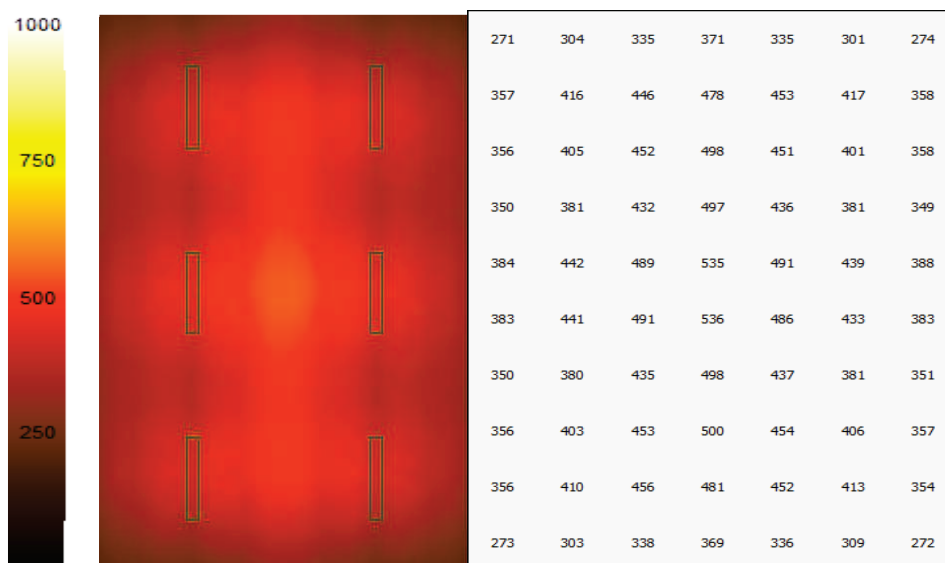
**Figura 8 - Tomografia simples e Gride de Iluminância para a sala H009.**

Na Figura 9, temos a tomografia simples e o gride de iluminação para a sala de aula I005, assim podemos observar que para este ambiente é necessário a instalação de seis luminárias de 4.700 lumens, resultando em um iluminamento médio de 345,8 Lux.



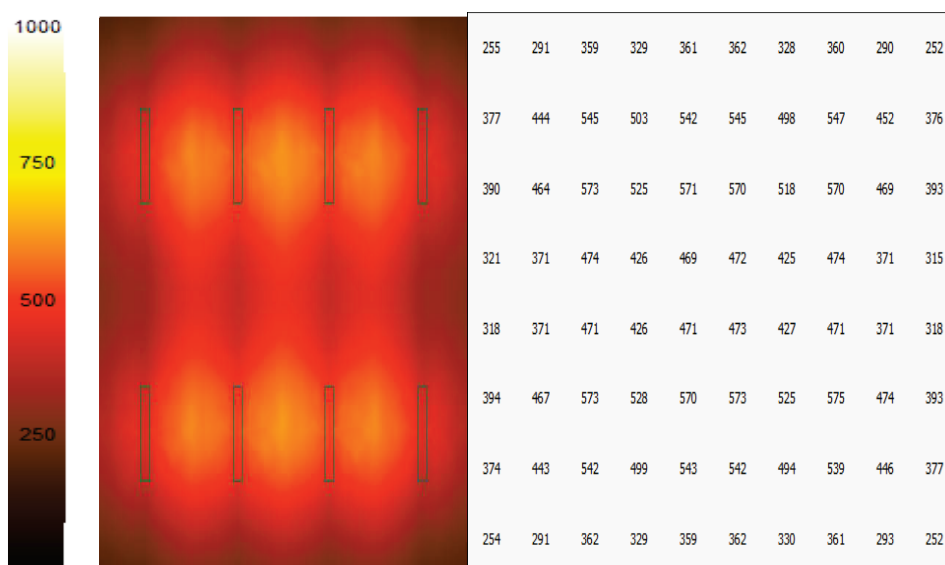
**Figura 9 - Tomografia simples e Gride de Iluminância I005.**

Na Figura 10, temos a tomografia simples e o gride de iluminação para a sala de aula J002, assim podemos observar que para este ambiente é necessário a instalação de seis luminárias de 4.700 lumens, resultando em um iluminamento médio de 396,7 Lux.



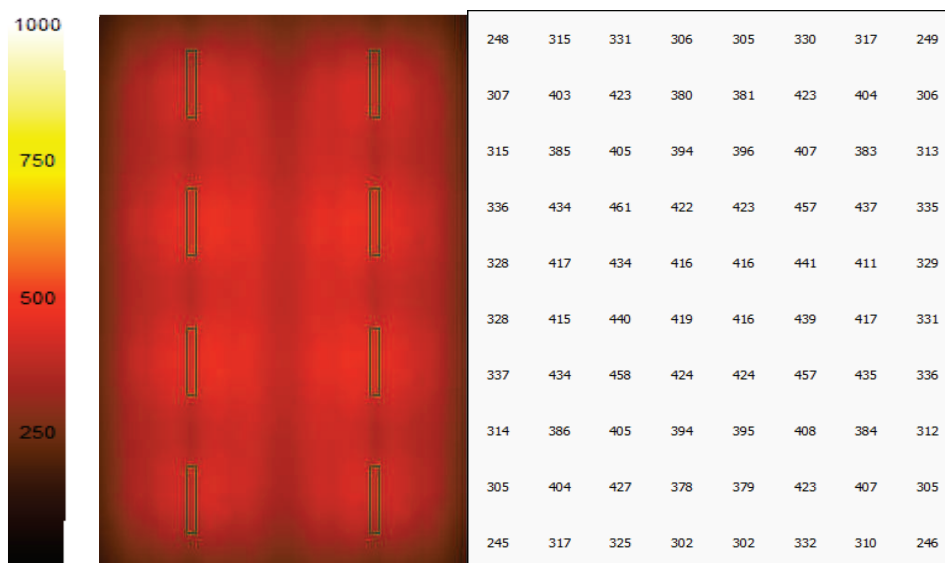
**Figura 10 - Tomografia simples e Gride de Iluminância J002**

Na Figura 11, temos a tomografia simples e o gride de iluminação para a sala de aula O001, assim podemos observar que para este ambiente é necessário a instalação de oito luminárias de 4.700 lumens, resultando em um iluminamento médio de 412 Lux.



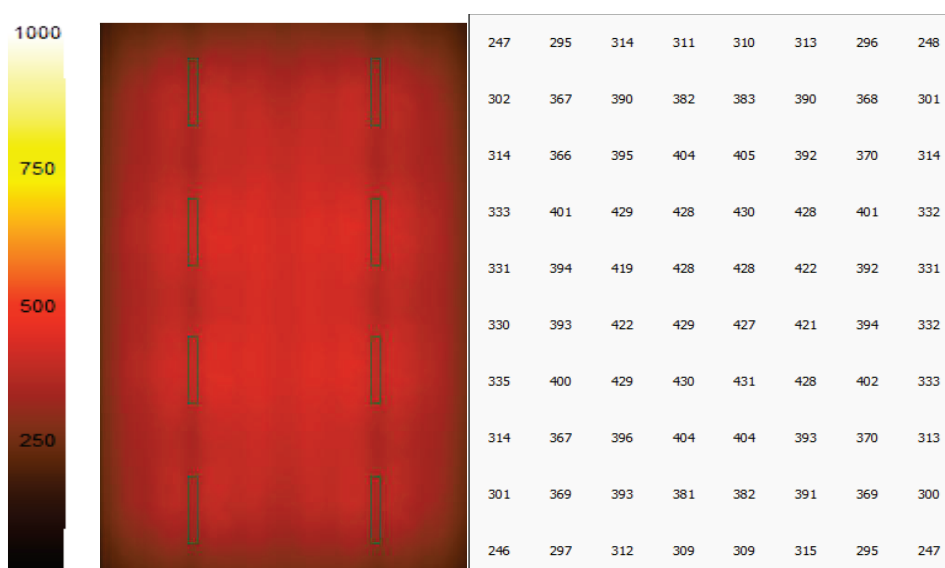
**Figura 11 - Tomografia simples e Gride de Iluminância O001.**

Na Figura 12, temos a tomografia simples e o gride de iluminação para a sala de aula N115, assim podemos observar que para este ambiente é necessário a instalação de oito luminárias de 4.700 lumens, resultando em um iluminamento médio de 364,2 Lux.



**Figura 12 - Tomografia simples e Gride de Iluminância N115.**

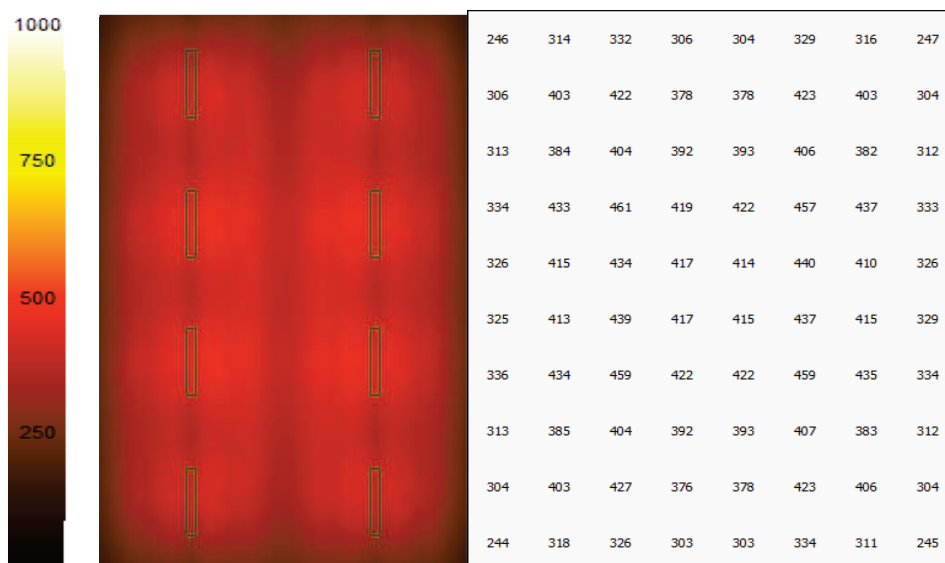
Na Figura 13, temos a tomografia simples e o gride de iluminação para a sala de aula M005, assim podemos observar que para este ambiente é necessário a instalação de oito luminárias de 4.700 lumens, resultando em um iluminamento médio de 353,2 Lux.



**Figura 13 - Tomografia simples e Gride de Iluminância M005.**

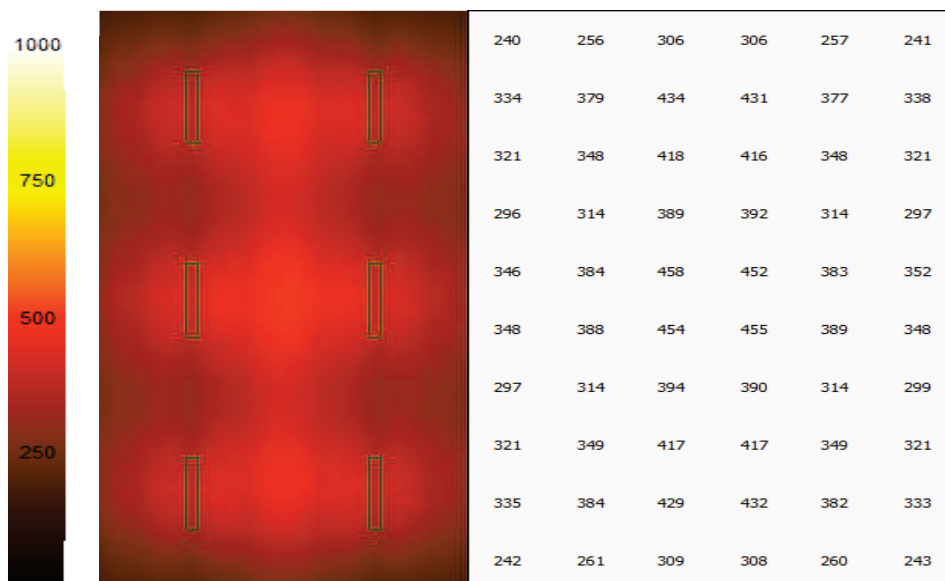
Na Figura 14, temos a tomografia simples e o gride de iluminação para a sala de aula L105, assim podemos observar que para este ambiente é necessário a instalação de oito luminárias de 4.700 lumens, resultando em um iluminamento médio de 363,1 Lux.





**Figura 14 - Tomografia simples e Gride de Iluminância L105.**

Na Figura 15, temos a tomografia simples e o gride de iluminação para a sala de aula S102, assim podemos observar que para este ambiente é necessário a instalação de seis luminárias de 4.700 lumens, resultando em um iluminamento médio de 355,3 Lux.



**Figura 15 - Tomografia simples e Gride de Iluminância S102.**

Na Figura 16, temos a tomografia simples e o gride de iluminação para a sala de aula P205, assim podemos observar que para este ambiente é necessário a instalação de seis luminárias de 4.700 lumens, resultando em um iluminamento médio de 368,9 Lux.

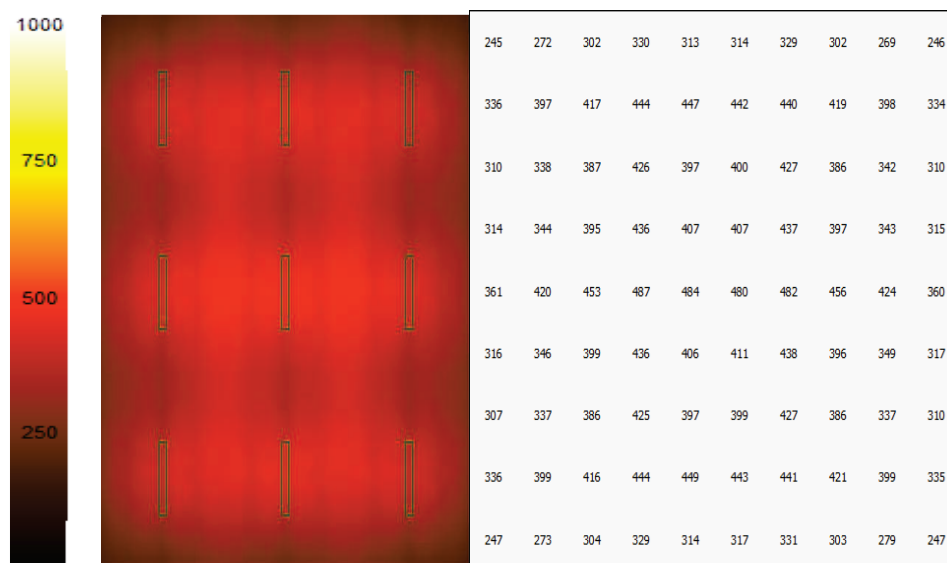


Figura 16 - Tomografia simples e Gride de Iluminância P205.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao compararmos as quantidades de lumens, de luminárias e o fluxo luminoso médios encontrados nas salas de aulas com as simulações realizadas no software Lumisoft é possível identificar diversas diferenças nos valores encontrados.

De acordo com a NBR 5413, como mostra a Tabela 2, a quantidade de lux que pode-se ter em salas de aula é de 300 Lux, mas, infelizmente, algumas salas podem estar em desacordo com a norma, sendo encontrado valores de iluminância inferiores nas salas de aula.

Além disso, foram encontrados diversos problemas nas salas de aulas como, por exemplo, lâmpadas queimadas, lâmpadas piscando ininterruptamente, luminárias sujas, luminárias quebradas, interruptores quebrados e dentre outras variáveis que podem afetar o bem estar dentro de uma sala de aula.

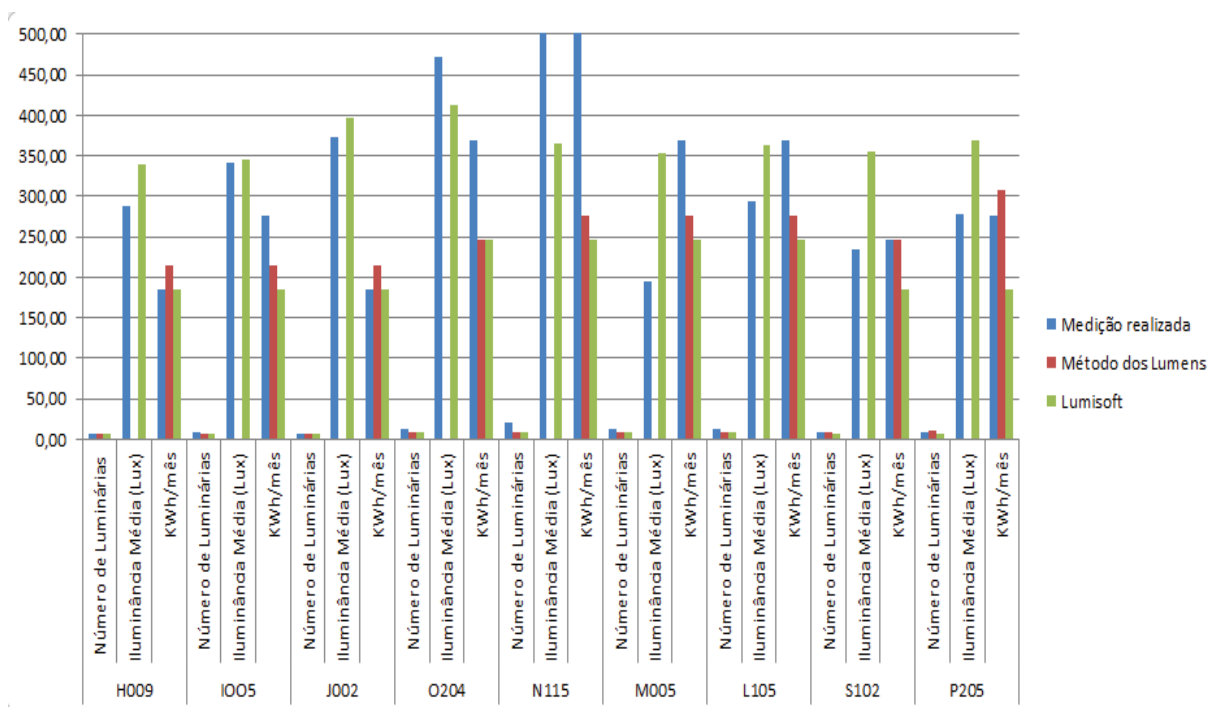
De acordo com os dados levantados e as simulações realizadas, foi desenvolvida a Tabela 23, que compara as medições realizadas nas salas de aulas com o cálculo realizado pelo método dos lumens e a simulação realizada no software Lumisoft. Como os blocos da UTFPR tem salas de aula com características semelhantes, comparou-se, somente, uma sala por bloco.

Para o cálculo da quantidade de kWh/mês considerou-se que as salas de aulas são utilizadas por vinte e quatro dias em um mês, sendo que cada dia as salas foram utilizadas por dezesseis horas por dia.

Como o software Lumisoft apresenta um gride de iluminância por metro quadrado dos ambientes, assim, os resultados são considerados mais confiáveis que o método dos lumens que utiliza-se de algumas aproximações de valores.

Na Tabela 23, podemos verificar que o projeto luminotécnico da sala de aula H009 está condizente com a NBR 5413, pois há uma pequena diferença entre o valor medido da iluminância média e o valor exigido pela norma, ou seja, 300 Lux. Isso fica evidente, pela pequena diferença que existe entre o número de luminárias medidas na sala de aula, calculada pelo método dos lumens e indicadas pelo software Lumisoft.

No Gráfico 1, temos comparações realizadas entre os dados levantados, calculados e simulados que enfatizam os três métodos utilizados para o cálculo luminotécnico.



**Gráfico 1 - Dados levantados, calculados e simulados das salas de aulas.**

**Fonte: Autoria Própria.**

De acordo com a Tabela 23, pode-se verificar que o projeto luminotécnico da sala de aula I005 pode não estar condizente com a norma NBR 5413, pois ao compararmos o número de luminárias da sala de aula com o número de luminárias calculadas pelo método dos lumens e simuladas pelo Lumisoft há uma diferença relevante. Outra diferença está na iluminância média que está acima do valor indicado na norma, ou seja, 300 Lux, essa quantidade de lux excedente não é necessária e, conseqüentemente, pode estar causando ofuscamento e desconforto

visual as pessoas que utilizam este ambiente. Além disso, a quantidade de kWh/mês está acima do valor calculado e simulado, tendo assim, uma perda aproximadamente de 92,2 kWh/mês. Contudo, pode-se retirar no mínimo duas luminárias da sala de aula para diminuir o nível de iluminação.

**Tabela 23 – Dados levantados, calculados e simulados das salas de aulas.**

Sala de aula	Características	Medição realizada	Método dos Lumens	Lumisoft
H009	Número de Luminárias	6	7	6
	Iluminância Média (Lux)	287	714,3	339,8
	Potência instalada (W)	480	560	480
	KWh/mês	184,3	215	184,3
IOO5	Número de Luminárias	9	7	6
	Iluminância Média (Lux)	342	714,3	345,8
	Potência instalada (W)	720	560	480
	KWh/mês	276,5	215	184,3
J002	Número de Luminárias	6	7	6
	Iluminância Média (Lux)	373	816,9	396,7
	Potência instalada (W)	480	560	480
	KWh/mês	184,3	215	184,3
O204	Número de Luminárias	12	8	8
	Iluminância Média (Lux)	471	714	412
	Potência instalada (W)	960	640	640
	KWh/mês	368,6	245,7	245,7
N115	Número de Luminárias	20	9	8
	Iluminância Média (Lux)	620	655,7	364,2
	Potência instalada (W)	1600	720	640
	KWh/mês	614,4	276,4	245,7
M005	Número de Luminárias	12	9	8
	Iluminância Média (Lux)	194	714,3	353,2
	Potência instalada (W)	960	720	640
	KWh/mês	368,6	276,4	245,7
L105	Número de Luminárias	12	9	8
	Iluminância Média (Lux)	294	714,3	363,1
	Potência instalada (W)	960	720	640
	KWh/mês	368,6	276,4	245,7
S102	Número de Luminárias	8	8	6
	Iluminância Média (Lux)	235	800	355,3
	Potência instalada (W)	640	640	480
	KWh/mês	245,7	245,7	184,3
P205	Número de Luminárias	9	10	6
	Iluminância Média (Lux)	279	714,2	368,9
	Potência instalada (W)	720	800	480
	KWh/mês	276,4	307,2	184,3

Fonte: Autoria Própria.

Na Tabela 23, podemos verificar que o projeto luminotécnico da sala de aula J002 está condizente com a NBR 5413, pois há uma pequena diferença entre o valor medido da iluminância média e o valor exigido pela norma, ou seja, 300 Lux. Isso fica evidente, pela pequena diferença que existe entre o número de luminárias medidas na sala de aula, calculada pelo método dos lumens e indicadas pelo software Lumisoft.

Na sala de aula 0001, podemos verificar que o projeto luminotécnico do pode não estar condizente com a norma NBR 5413, pois ao compararmos o número de luminárias da sala de aula com o número de luminárias calculadas pelo método dos lumens e simuladas pelo Lumisoft há uma diferença relevante, como mostra a Tabela 23. Outra diferença está na iluminância média medida que está acima do valor indicado na norma, ou seja, 300 Lux, essa quantidade de lux excedente não pode não ser necessária e, conseqüentemente, pode estar causando ofuscamento e desconforto visual as pessoas que utilizam este ambiente. Além disso, a quantidade de KWh/mês está acima do valor calculado e simulado, tendo assim, uma perda aproximadamente de 122,9 KWh/mês, ou seja, energia elétrica utilizada sem necessidade. Contudo, pode-se ser retirado no mínimo quatro luminárias da sala para diminuir o nível de iluminamento e economizar energia.

Na sala de aula N115, podemos verificar que o projeto luminotécnico pode não estar condizente com a norma NBR 5413, pois ao compararmos o número de luminárias da sala de aula com o número de luminárias calculadas pelo método dos lumens e simuladas pelo Lumisoft há uma grande diferença, como mostra a Tabela 23. Outra diferença está na iluminância média medida que está acima do valor indicado na norma, ou seja, 300 Lux, essa quantidade de lux excedente pode não ser necessária e, conseqüentemente, pode estar causando ofuscamento e desconforto visual as pessoas que utilizam este ambiente. Além disso, a quantidade de KWh/mês está acima do valor calculado e simulado, tendo assim, uma perda aproximadamente de 368,7 KWh/mês, ou seja, energia elétrica utilizada sem necessidade. Contudo, poderia ser retirado dez luminárias da sala para diminuir o nível de iluminamento e economizar energia.

Pela Tabela 23, pode-se verificar que o projeto luminotécnico da sala M005 pode não estar condizente com a norma NBR 5413, pois ao compararmos o número de luminárias da sala de aula com o número de luminárias calculadas pelo método dos lumens e simuladas pelo Lumisoft há uma diferença relevante. Outra

diferença está na iluminância média medida que está acima do valor indicado na norma, ou seja, 300 Lux, essa quantidade de lux excedente não é necessária e, conseqüentemente, pode estar causando ofuscamento e desconforto visual as pessoas que utilizam este ambiente. Além disso, a quantidade de KWh/mês está acima do valor calculado e simulado, tendo assim, uma perda aproximadamente de 122,9 KWh/mês, ou seja, energia elétrica utilizada sem necessidade. Contudo, poderá ser retirado no mínimo três luminárias da sala para diminuir o nível de iluminação e economizar energia. Apesar do número de luminárias estar acima do normal, a iluminância média está com um valor bem abaixo da norma, ficando evidente que há problemas com a depreciação das lâmpadas ou algumas lâmpadas estão queimadas.

De acordo com a Tabela 23, pode-se verificar que o projeto luminotécnico da sala L105 pode não estar condizente com a norma NBR 5413, pois ao compararmos o número de luminárias da sala de aula com o número de luminárias calculadas pelo método dos lumens e simuladas pelo Lumisoft há uma diferença relevante. Outra diferença está na iluminância média medida que está acima do valor indicado na norma, ou seja, 300 Lux, essa quantidade de lux excedente não é necessária e, conseqüentemente, pode estar causando ofuscamento e desconforto visual as pessoas que utilizam este ambiente. Além disso, a quantidade de KWh/mês está acima do valor calculado e simulado, tendo assim, uma perda aproximadamente de 122,9 KWh/mês, ou seja, energia elétrica utilizada sem necessidade. Contudo, poderá ser desligado no mínimo três luminárias da sala para diminuir o nível de iluminação e economizar energia. Apesar do número de luminárias estarem acima do normal, a iluminância média está com um valor bem abaixo para está quantidade de luminárias, ficando evidente que há problemas com a depreciação das lâmpadas ou algumas lâmpadas estão queimadas.

A Tabela 23 mostra que o projeto luminotécnico da sala de aula S102 pode não estar condizente com a NBR 5413, pois há uma diferença relevante entre o valor medido da iluminância média e o valor exigido pela norma, ou seja, 300 Lux. Isso fica evidente, pela pequena diferença que existe entre o número de luminárias medidas na sala de aula, calculada pelo método dos lumens e indicadas pelo software Lumisoft.

Pela Tabela 23, pode-se verificar que o projeto luminotécnico da sala de aula P205 pode não estar condizente com a norma NBR 5413, pois ao compararmos

o número de luminárias da sala de aula com o número de luminárias calculadas pelo método dos lumens e simuladas pelo Lumisoft há uma diferença relevante. Outra diferença está na iluminância média medida que está acima do valor indicado na norma, ou seja, 300 Lux, essa quantidade de lux excedente não é necessária e, conseqüentemente, pode estar causando ofuscamento e desconforto visual as pessoas que utilizam este ambiente. Além disso, a quantidade de kWh/mês está acima do valor calculado e simulado, tendo assim, uma perda aproximadamente de 92,1 kWh/mês, ou seja, energia elétrica utilizada sem necessidade. Contudo, poderá ser retirado no mínimo três luminárias da sala para diminuir o nível de iluminação e economizar energia. Apesar do número de luminárias estar acima do normal, a iluminância média está com um valor bem abaixo para esta quantidade de luminárias, ficando evidente que há problemas com a depreciação das lâmpadas ou algumas lâmpadas estão queimadas.

Na Tabela 24, temos um resumo do número de luminárias que poderiam ser retirados ou desligados nas salas de aulas para diminuir o consumo de energia elétrica na universidade, diminuindo, assim, o desperdício de energia elétrica. Sendo necessários retirar ou desligar 25 luminárias das salas de aulas para economizarmos 921,7 KW/mês. Ao analisar essa economia anualmente, tem-se 11.060,4 KW.

**Tabela 24 - Número de luminárias a serem retiradas x KW/mês economizados**

Sala de aula	Número de luminárias a serem retiradas	KW/mês economizados
I005	2	92,2
O001	4	122,9
N115	10	368,7
M005	3	122,9
L105	3	122,9
P205	3	92,1
<b>Total de KW/mês economizados</b>		<b>921,7</b>

Fonte: Aatoria Própria.

## 6. CONCLUSÕES

A principal preocupação que levou este estudo foi a necessidade de saber se os futuros trabalhadores que estão estudando na UTFPR – Câmpus Pato Branco estão se formando em um ambiente com condições adequadas de acordo com as

normas estabelecidas. Além da preocupação com o desperdício de energia elétrica que muitas vezes é causado pelo uso indevido de equipamentos ou pelo mau uso dos usuários. Desta forma, através de medições, análises e simulações das salas de aulas avaliaram-se o desempenho lumínico, mostrando pontos positivos e negativos dos ambientes e simulações de mudanças de estruturas que poderiam ser realizadas no projeto luminotécnico.

As análises dos projetos luminotécnicos nas salas de aula demonstram que varias salas como, por exemplo, as salas de aula H009 e J002 estão de acordo com a norma NBR 5413 e podem ser consideradas aptas para o uso. Por outro lado, as salas de aula I005, L105, M005, N115, O001, P205 e S102 podem estar em desacordo com a norma estabelecida, pois encontram-se com valores de iluminamento médio abaixo dos 300 Lux normalizados. Deve-se levar em consideração que para cada sala de aula deve-se levantar soluções para os problemas encontrados. Mas, de inicio, o cuidado com a limpeza das luminárias, trocas de lâmpadas, melhor distribuição de interruptores e entre outros, pode evitar que alunos que utilizam ambientes por tempo prolongado possam sentir-se desconfortáveis com a luminosidade precária.

Os projetos luminotécnicos necessitam de uma análise criteriosa para selecionar quais são as principais alternativas mais econômicas para os determinados tipos de ambientes, pois um projeto mal dimensionado depois de instalado requer novos investimentos e muitas vezes não é possível reaproveitar os equipamentos já instalados. Assim, um sistema bem projetado melhora o ambiente de trabalho, aumenta a segurança dos usuários dos ambientes, reduz custos operacionais e, principalmente, preserva o meio ambiente.

Além de ter sido uma grande experiência, este trabalho poderá ser uma ótima ferramenta de referência para os demais estudos relacionados a área de projetos luminotécnico em ambientes educacionais.

Contudo, espera-se que as ações estabelecidas possam ser implementadas e que seja possível disponibilizar um melhor ambiente de aprendizado aos estudantes da universidade.



## 7. TRABALHOS FUTUROS

Devido ao tema abordado nesta pesquisa ser extenso e possível de desmembramento segundo enfoques diferentes, sugere-se para os pesquisadores, o desenvolvimento de pesquisas relacionados a:

- Efeito da temperatura ambiente no desempenho luminoso das salas de aula do câmpus Pato Branco
- Impacto da iluminação no aprendizado dos estudantes.
- Aprofundar o conhecimento a respeito a softwares de iluminação acerca de suas aplicações.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ, André L. M. **Uso Racional e Eficiente de Energia Elétrica - Metodologia para a Determinação dos Potenciais de Conservação dos Usos Finais em Instalações de Ensino e Similares**. 1998. 159p. Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminação de Interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

BARROS, Denise P. **A (Des)construção dos modelos regulatórios no setor de energia elétrica do Brasil: Instabilidades, Incertezas e a Reforma Institucional de 2004**. 235p. Dissertação de Mestrado - Fundação Getulio Vargas, Rio de Janeiro, 2005.

FILHO, Airton M. D. B.; PRADO, Racine T. A. **Consumo desagregado de energia por uso final em shoppings centers na cidade de São Paulo: estudo de caso**. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. São Paulo, p. 18. 2007. (ISSN 0103-9830).

FILHO, João M. **Instalações elétricas industriais**. Rio de Janeiro: LTC, 1989. 528 p. ISBN 8521606184.

FIORINI, Thiago M. S. **Projeto de Iluminação de Ambientes Internos Especiais**. 2006. 125p. Projeto de Graduação - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

GELLINGS, Clark W.; SMITH, William M. **Integrating Demand-Side Management into Utility Planning**. Proceeding of the IEEE, 77, 20 Março 1988. 908-918.

INOVAÇÃO Tecnológica. **Inovação Tecnológica**. Disponível em: <<http://inovacaotecnologica.com.br>>. Acesso em: 01 set. 2011.

LUMICENTER. **LUMICENTER**. Disponível em: <<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/pt/tecnologia/lumisoft.html>>. Acesso em: 14 set. 2012.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco de Energia Util**. Empresa de Pesquisa Energetica. Brasilia, p. 75. 2005.

MINISTERIO DE MINAS E ENERGIA. **Resultados do PROCEL 2008.** ELETROBRÁS/PROCEL. Brasília, p. 160. 2008.

NOGUEIRA, Luiz Augusto H. **Conservação de Energia - Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações.** 3ª. ed. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2006. Cap. 4, p. 129-146.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático.** 2010. 28p. 1 - [s.n.], Osasco, 2010.

PADILLA, Julian V. **Como elaborar projetos de iluminação industrial visando à redução do consumo de eletricidade.** O setor elétrico, São Paulo, n. 52, p. 10, maio 2010.

REIS, Lineu B. D.; FADIGAS, Eliane A. Amaral; CARVALHO, Claudio E. **Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável;** Carvalho, Cláudio Elias. Barueri: Manole, 2005. 415 p. ISBN 85-204-2080-X.

RIBEIRO, Alan Emanuel D. **Uma Metodologia Alternativa de Avaliação Preliminar de Consumo de Energia Elétrica Direcionada e as Instituições de Ensino Superior.** 2002. 97p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

WWF. **Agenda elétrica sustentável 2020 - Estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo.** Brasília, 80p. 2006. (1518-0107).