

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR EM
TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**

GEDELVANE LINK

**VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DO USO DE LÂMPADAS LED
NAS SALAS DE AULAS DA UTFPR CÂMPUS MEDIANEIRA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MEDIANEIRA
2016**

GEDELVANE LINK

**VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DO USO DE LÂMPADAS LED
NAS SALAS DE AULAS DA UTFPR CÂMPUS MEDIANEIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação,
apresentado como requisito parcial à obtenção do
título de Tecnólogo em Manutenção Industrial do
curso de Tecnologia em Manutenção Industrial da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Filipe Marangoni

**MEDIANEIRA
2016**



TERMO DE APROVAÇÃO

VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DO USO DE LÂMPADAS LED NAS SALAS DE AULAS DA UTFPR CÂMPUS MEDIANEIRA

Por:
GEDELVANE LINK

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 17:00 h do dia 24 de junho de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Medianeira. O acadêmico foi examinado pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Me. Filipe Marangoni
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Orientador)

Prof. Me. Alex Lemes Guedes
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Anderson Miguel Lenz
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidado)

Prof. Me. Paulo Job Brenneisen
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Responsável pelas atividades de TCC)

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus orientadores que me apoiaram e me ajudaram a superar todos os obstáculos, orientando e trazendo ideias que me ajudaram, e a todos que de uma forma ou de outra me apoiaram.

As barreiras servem como um aprendizado, com determinação que se ultrapassa todas as dificuldades. Agradeço também a meus amigos e família, que me ajudaram a seguir firme focado e concluindo todo o período de aprendizagem e conhecimento que adquiri. Obrigado a todos!

Determinação, coragem e auto-confiança são fatores decisivos para o sucesso. Se estamos possuídos por uma inabalável determinação, conseguimos superá-los. Independente das circunstâncias, devemos ser sempre humildes, recatados e despidos de orgulho.

DALAI LAMA

RESUMO

LINK, Gedelvane. Viabilidade técnica-econômica do uso de lâmpadas LED nas salas de aulas da UTFPR câmpus Medianeira. 2016. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

Este trabalho teve como objetivo verificar a viabilidade da substituição do sistema de iluminação com lâmpadas fluorescente, atualmente instalado nas salas de aula e laboratórios da UTFPR câmpus Medianeira, por um sistema de iluminação composto por lâmpadas LED. Inicialmente foi feito o levantamento dos dados necessários para o projeto, sendo encontrada a área dos ambientes, altura do posto de trabalho, cores de parede, teto e chão, quantidade atual de lâmpadas e potência do sistema de iluminação instalado nos blocos H, I, J e L. Na sequência foi realizado o projeto luminotécnico para se determinar a quantidade de lâmpadas de LED para cada ambiente. Foi encontrada a quantidade total de aulas ministradas semanalmente entre todos os cursos no câmpus para se determinar o tempo de utilização da iluminação. Obteve-se o resultado de que com o sistema atual é gasto aproximadamente R\$ 4.792,16 por mês com energia elétrica, e o novo sistema gastaria R\$ 3.881,77. Mesmo com uma econômica de 19% o sistema se apresentou inviável economicamente, pois o *payback* foi maior que o tempo de vida útil da lâmpada LED considerada.

Palavras-chave: Luminotécnica. Lâmpadas LED. Viabilidade.

ABSTRACT

LINK, Gedelvane. Technical and economic feasibility of using LED lamps in classrooms at the UTFPR campus Medianeira. 2016. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2016.

This study aimed to verify the feasibility of replacing the fluorescent lighting system currently installed in classrooms and laboratories of the UTFPR campus Medianeira for a lighting system composed of LED lamps. Initially it was made the collection of data required for the project, it was found the area of the classrooms, wall colors, ceiling and floor, current amount of lamps and the power of the lighting system installed in blocks H, I, J and L. Following was performed lighting project to determine the amount of LED lamps for each classroom. It was found the total number of classes taught weekly among all the courses on campus to determine the time of use of lighting. The current system spends R\$ 4,792.16 per month on electricity, and the new system would spend R\$ 3,881.77. Even with an economy of 19% the system are uneconomic because the payback is higher than the lifetime of the considered lamps.

Keywords: Lighting technique. LED lamps. Viability.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1– CURVA DE SENSIBILIDADE DO OLHO HUMANO AS RADIAÇÕES VISÍVEIS	14
FIGURA 2 – ESTRUTURA DA LÂMPADA FLUORESCENTE	18
FIGURA 3 – LÂMPADA DE LED MODELO T8	19
FIGURA 4 – REPRESENTAÇÃO DA REPRODUÇÃO DAS LÂMPADAS (A) FLUORESCENTE (B) DE LED.....	20
FIGURA 5 – REPRESENTAÇÃO DE UMA SALA DE AULA BEM ILUMINADA	23
FIGURA 6– FOTOGRAFIA DE UM LABORATÓRIO (A) DE QUÍMICA, (B) DE INFORMÁTICA, E (C) DE MECÂNICA	24

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPRIMENTO E FREQUÊNCIA DA ONDA ELETROMAGNÉTICA PELAS CORES	15
TABELA 2 – PERÍODOS DE MANUTENÇÃO	17
TABELA 3 – ORÇAMENTO DO VALOR DE MERCADO DAS LÂMPADAS LED	25
TABELA 4 – EXEMPLO DO VALOR PAGO PELO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA UTFPR-MD	26
TABELA 5 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO H PRÉDIO 3.....	27
TABELA 6 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO J PRÉDIO 1	28
TABELA 7 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO J PRÉDIO 2	28
TABELA 8 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO J PRÉDIO 3 ANDAR 1	28
TABELA 9 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO J PRÉDIO 3 ANDAR 2	29
TABELA 10 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO L PRÉDIO 1	29
TABELA 11 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO L PRÉDIO 2	30
TABELA 12 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO L PRÉDIO 3	30
TABELA 13 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO L PRÉDIO 4	30
TABELA 14 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO I PRÉDIO 1	31
TABELA 15 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO I PRÉDIO 2	31
TABELA 16 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO I PRÉDIO 3	31
TABELA 17 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO I NO PRÉDIO 4.....	32
TABELA 18 – LEVANTAMENTO DE DADOS NO BLOCO I PRÉDIO 5	32
TABELA 19 – LEVANTAMENTO DE DADOS DAS SALAS E DOS BLOCOS RESUMIDOS.....	33
TABELA 20 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO H.....	33
TABELA 21 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO J PRÉDIO 1	34
TABELA 22 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO J PRÉDIO 2	34
TABELA 23 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO J PRÉDIO 3 ANDAR 1.....	34
TABELA 24 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO J PRÉDIO 3 ANDAR 2.....	35
TABELA 25 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO L PRÉDIO 1	35
TABELA 26 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO L PRÉDIO 2.....	35
TABELA 27 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO L PRÉDIO 3.....	36
TABELA 28 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO L PRÉDIO 4.....	36
TABELA 29 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO I PRÉDIO 1.....	36
TABELA 30 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO I PRÉDIO 2.....	37
TABELA 31 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO I PRÉDIO 3.....	37
TABELA 32 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO I PRÉDIO 4.....	37
TABELA 33 – PROJETO COM LED PARA O BLOCO I PRÉDIO 5.....	38
TABELA 34 – PROJETO TOTAL COM LÂMPADAS LED.....	38
TABELA 35 – QUANTIDADE SEMANAL DE AULAS REALIZADAS NO PERÍODO DIURNO EM 2016-1.....	39

TABELA 36 – QUANTIDADE SEMANAL DE AULAS REALIZADAS NO PERÍODO NOTURNO EM 2016-1.....	40
TABELA 37 – QUANTIDADE SEMANAL DE AULAS DE INGLÊS E DOS CURSOS DE PÓS-GRADUAÇÃO	40
TABELA 38 – QUANTIDADE SEMANAL DE AULAS NOS HORÁRIOS DE PONTA (PT) E FORA PONTA (FP).....	40
TABELA 39 – CUSTO MENSAL COM A ILUMINAÇÃO ATUAL NAS SALAS DE AULA E LABORATÓRIOS	41
TABELA 40 – CUSTO MENSAL COM A ILUMINAÇÃO PROJETADA	42

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
FP	Horário fora de ponta
LED	Diodo Emissor de Luz
MNPEF	Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física
NBR	Norma Brasileira de Regulamentação
PPGTAMB	Programas de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais
PPGTCA	Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio
PT	Horário de ponta
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIACOES

cd	Candela
cm	Centímetros
K	Kelvin
kWh	Quilo Watt Hora
Lm	Lúmen
nm	Nanmetro
V	Volt
W	Watts

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
2.1 CONCEITOS DA LUMINOTÉCNICA.....	14
2.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO.....	16
2.3 LÂMPADA FLUORESCENTE.....	18
2.4 LAMPADAS DE LED.....	18
2.4.1. LÂMPADA LED T8.....	19
2.5 ENGENHARIA ECONÔMICA.....	20
2.5.1 VPL (Valor Presente Líquido).....	21
2.5.2 TIR (Taxa Interna De Retorno).....	21
2.5.3 <i>PAYBACK</i> (Tempo De Retorno).....	21
3 METODOLOGIA.....	23
3.1 SALAS DE AULA.....	23
3.2 LABORATÓRIOS.....	24
3.3 CÁLCULO LUMINOTÉCNICO.....	25
3.4 ORÇAMENTO PARA AS LÂMPADAS.....	25
3.5 FATURA DE ENERGIA DA UNIVERSIDADE.....	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
4.1 ILUMINÂNCIA MEDIDA NOS AMBIENTES E CARGA INSATALADA.....	27
4.2 RESUMO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DA UNIVERSIDADE.....	32
4.3 PROJETO LUMINOTÉCNICO COM LÂMPADAS DE LED E A POTÊNCIA DEMANDADA.....	33
4.4 RESUMO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PROJETADO COM LED.....	38
4.5 UTILIZAÇÃO DOS AMBIENTES.....	39
4.6 POTÊNCIA MÉDIA DE ILUMINAÇÃO.....	41
4.7 ENGENHARIA ECONÔMICA.....	42
5 CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A maioria dos consumidores de energia elétrica seja no setor residencial, comercial ou industrial sempre procuram alternativas para reduzir as despesas com a energia elétrica, seja com a conscientização dos usuários para evitar desperdícios ou com a utilização de equipamentos mais eficientes.

As lâmpadas de LED possuem vantagens em relação às lâmpadas fluorescentes atualmente instaladas, como um menor consumo de energia elétrica e uma maior vida útil, dependendo da utilização. A manutenção deste tipo de lâmpada também é menor, não é necessário o uso de outro componente eletrônico para seu funcionamento, pois é acionada diretamente ligada na rede elétrica.

Inicialmente foi realizado o levantamento de dados sobre os blocos H, I, J e L onde estão localizadas as salas de aula e laboratórios do câmpus. Os dados necessários são as dimensões das salas, a altura do plano de trabalho, cores de teto, chão e piso, entre outros.

Foi realizado o projeto luminotécnico para encontrar a quantidade de lâmpadas necessárias para as salas de aula e os laboratórios com o uso de lâmpadas de LED conforme a norma técnica de iluminação NBR ISO 8995/2013 e realizou-se também a análise econômica para identificar a viabilidade da substituição das lâmpadas.

O objetivo geral do trabalho é realizar uma análise técnica-econômica para a possível utilização de lâmpadas de LED nas salas de aula e laboratórios da UTFPR câmpus Medianeira.

Como objetivos específicos foram identificados:

- Identificação do consumo de energia do sistema atualmente instalado;
- Projeto luminotécnico com lâmpadas de LED;
- Identificação da quantidade de horas de utilização da iluminação;
- Identificação do custo em reais para a utilização de cada sistema;
- Análise da viabilidade técnica-econômica do projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica será dividida nos tópicos que explicam sobre a parte de pesquisa do trabalho, sobre as características técnicas das lâmpadas, a caracterização dos ambientes, conceitos da luminotécnica, dimensionamento do sistema de iluminação, cálculos e algumas informações sobre as definições pela NBR ISO 8995/2013 (medições de iluminação para os ambientes de trabalho).

2.1 CONCEITOS DA LUMINOTÉCNICA

Luminotécnica é o estudo da aplicação da iluminação artificial em ambientes internos e externos. A luz é a radiação eletromagnética capaz de produzir uma sensação visual. O olho humano é sensível à intensidade luminosa e a alguns níveis de radiação, entre (380 nm a 780 nm).

A Figura 1 representa a curva de sensibilidade do olho humano às radiações visíveis e demonstra a forma com que o olho humano se comporta em relação aos diversos comprimentos de onda nos diferentes períodos do dia.

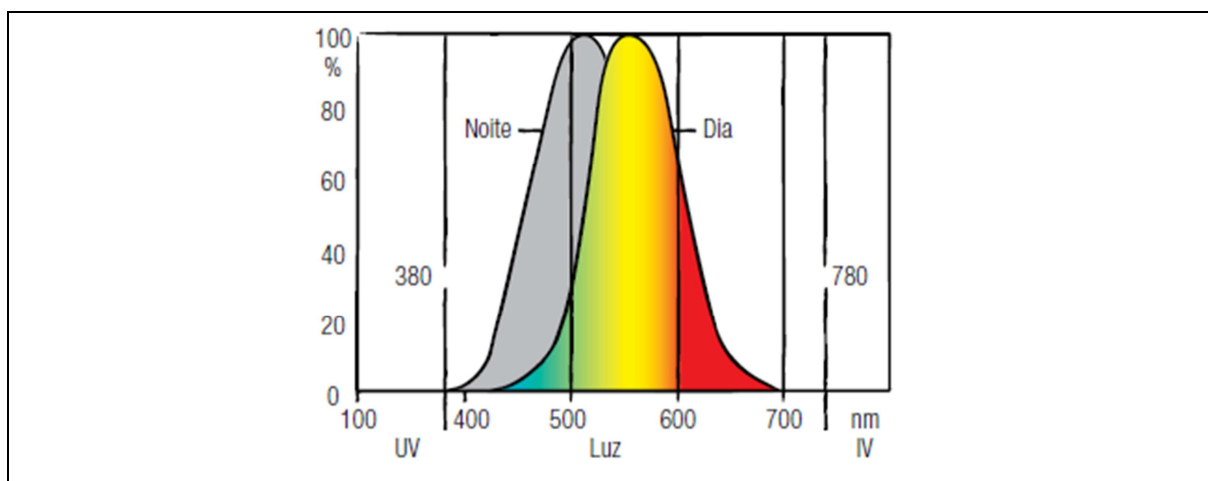


Figura 1– Curva de sensibilidade do olho humano as radiações visíveis
Fonte: Osram (2015).

Como se observa na Figura 1, algumas frequências do espectro eletromagnético intensificam a sensação luminosa do olho humano quando o ambiente é iluminado com pouca luz, são radiações de menor comprimento de onda,

como o violeta e o azul. As radiações de maior comprimento de onda minimizam a sensação luminosa do olho humano, é o caso das cores laranja e vermelho.

O espectro visual pode ser dividido em um certo número de faixas, e indica que radiações de menor comprimento de onda da mais sensação luminosa quando há pouca luz, enquanto as radiações de maior comprimento se comportam ao contrário.

Na Tabela 1 podem ser observadas as faixas de comprimento de onda e de frequência de oscilação para algumas cores, definido em subdivisão do espectro eletro magnético.

Tabela 1 – Comprimento e frequência da onda eletromagnética pelas cores

Cor	Comprimento de onda (nm)	Frequência (Hz)
Vermelho	~ 625 - 740	~480 - 405
Alaranjado	~ 590 - 625	~ 510 - 480
Amarelo	~ 565 - 590	~ 530- 510
Verde	~ 500 - 565	~ 600 - 530
Ciano	~ 485 - 500	~ 620 - 600
Azul	~ 440 - 485	~ 680 - 620
Violeta	~ 380 - 440	~ 790 - 680

Fonte: Adaptado de Educar (2010).

A radiação eletromagnética com comprimento de onda abaixo do violeta é chamada de radiação ultra-violeta (100nm a 400 nm), e acima do vermelho é chamada de infravermelha (780 nm e 1 mm).

Temperatura de cor é a grandeza que expressa a cor de uma luz e sua unidade de medida é em KELVIN (K). Quanto maior a temperatura de cor, mais branca é a cor da luz emitida. A luz amarela tem aproximadamente 3000 K, a luz “fria” de aparência azul tem 6000 K, e a luz branca emitida pelo sol, num dia limpo, aproximasse de 5800 K.

O fluxo luminoso de um ambiente é a potência de radiação total emitida por uma fonte de luz capaz de produzir uma sensação luminosa, percebida pelo olho nu, sendo medida em lumens (lm). O fluxo luminoso não se distribui uniformemente sobre a superfície nem sobre todo o ambiente, que corresponde ao fluxo luminoso levando-se em conta todas suas características da cor da parede, cor do teto e a cor do piso. Para o Inmetro o iluminamento é dado através da intensidade luminosa e o quadrado da distancia (l/d^2), cuja unidade é em lux (lx), calculado por cada m² de área (LUMIDEC, 2016).

Para se saber o quanto uma lâmpada é eficiente precisa-se calcular o índice de reflexão, que leva em conta as cores que o ambiente está pintado. Ambientes com cores claras refletem melhor a luz rebatendo em toda a sua área, por isso os índices de reflexão do chão, teto e paredes são necessários para os cálculos luminotécnicos. A relação entre o fluxo luminoso emitido e a energia elétrica consumida (lm/W), é útil para averiguar se determinado tipo de lâmpada é mais ou menos eficiente do que outro tipo.

2.2 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

O método mais utilizado para o dimensionamento de sistemas de iluminação é o método do fluxo luminoso ou lumens, que determina a quantidade de fluxo luminoso necessário para cada ambiente, baseado no tipo de atividade desenvolvida, cores da parede e teto e do tipo de lâmpada (LUZ, 2007).

O método de lumens tem como base o fluxo luminoso necessário para um bom iluminamento médio em relação ao plano de trabalho, proporcionando boa visualização da tarefa a ser executada.

As normas consultadas para a elaboração de projetos luminotécnicos são a ABNT/NBR 5410/2008 (Instalações elétricas de baixa tensão) e a NBR ISO/CIE 8995-1/2013 (Iluminação de ambientes de trabalho, interior). Sendo que a norma NBR ISO/CIE 8995-1/2013 foi a atualização da antiga 5410/2008.

Para se encontrar a iluminância foi utilizada a Equação 1 que representa o fluxo luminoso total (Lux).

$$\Phi = \frac{E \times a}{U \times M} \quad (1)$$

Onde Φ representa o fluxo luminoso total; E representa a iluminância mínima pela norma (para ambientes de trabalho); a representa a área a ser iluminada com iluminância E ; U é o fator de utilização; e M é o coeficiente de manutenção.

Para se determinar o índice do local (k), é utilizada a Equação 2, onde H representa a altura entre o plano de trabalho e a luminária; C é o comprimento do ambiente; e L é a largura do ambiente.

$$k = \frac{c \times L}{H \times L(c + L)} \quad (2)$$

Para o cálculo do número de luminárias (n) necessárias é utilizada a Equação 3, onde Φ representa o fluxo luminoso total e $\Phi_{\text{luminárias}}$ o número de lâmpadas por luminárias vezes o fluxo luminoso de cada lâmpada.

$$n = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{luminárias}}} \quad (3)$$

Para os ambientes onde as lâmpadas estão instaladas o índice de depreciação, ou fator de manutenção, relaciona o fluxo luminoso inicial e o fluxo luminoso emitido no fim do período de manutenção da luminária (UTILUX, 2015).

São as condições do ambiente que definem esse fator e a Tabela 2 demonstra os tipos de ambientes e seus respectivos valores conforme os períodos de manutenção.

Tabela 2 – Períodos de manutenção

Tipo de ambiente	Período de manutenção (h)		
	2500	5000	7500
Limpo	0,95	0,91	0,88
Normal	0,91	0,85	0,80
Sujo	0,80	0,66	0,57

Fonte: Adaptado de Creder (2007).

A norma NBR ISO/CIE 8995-1/2013 (Iluminação de ambientes de trabalho, parte 1: interior) especifica os requisitos em relação à forma de iluminação que deve se utilizar para locais de trabalhos internos, para que as pessoas desempenham as atividades com eficiência, conforto visual e segurança.

Conforme a NBR ISO/CIE 8995-1a iluminação pode ser natural, artificial ou uma combinação de ambas, uma boa iluminação exige a mesma atenção para a quantidade e qualidade, pois mesmo se a quantidade de luz ideal é fornecida, devem-se levar em conta as características da cor da fonte de luz e da superfície em conjunto com o nível de ofuscamento.

Para que o trabalhador realize suas tarefas de forma rápida e precisa necessário que seja dada atenção a todos os parâmetros que contribuem para a qualidade da iluminação do ambiente.

2.3 LÂMPADA FLUORESCENTE

No interior do tubo existem dois eletrodos e um gás sobre baixa pressão, quando for aplicada nos eletrodos uma tensão adequada os átomos do gás serão excitados a ponto de perder seus elétrons. A contínua colisão entre os elétrons desprendidos dos filamentos e os átomos de mercúrio tira os elétrons de mercúrio de suas órbitas. Parte destes elétrons deslocados, quase que imediatamente voltam à sua órbita original liberando a energia que absorveram, principalmente na forma de radiação ultravioleta (PHILIPS, 2014).

Na Figura 2 pode se observar uma lâmpada fluorescente, onde o eletrodo fornece os elétrons que reagem com o átomo de mercúrio, gerando luz e uma parte de radiação ultra-violeta.

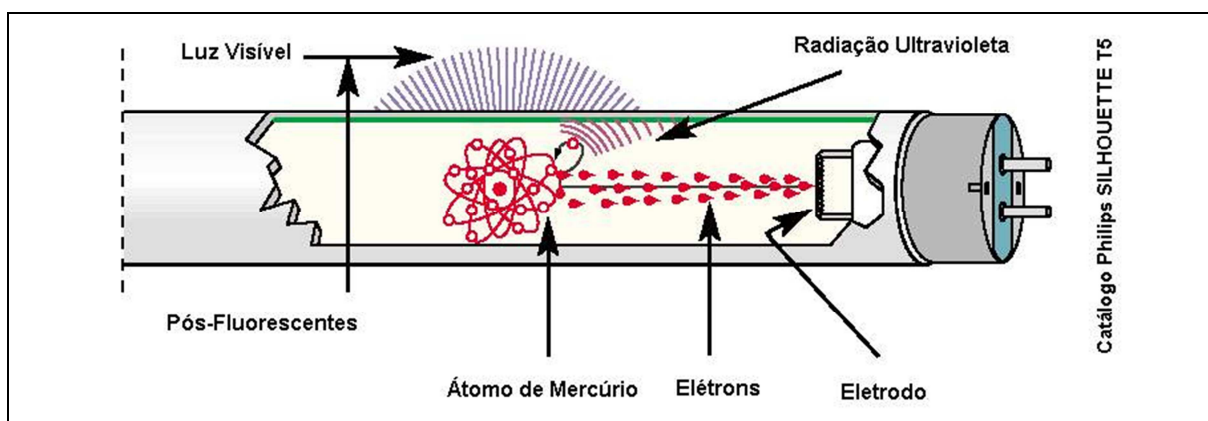


Figura 2 – Estrutura da lâmpada fluorescente

Fonte: PHLLIPS (2014).

A eficiência luminosa, que é o coeficiente do fluxo luminoso total emitido pela lâmpada dividido pela potência total da lâmpada, para a fluorescente compacta, é de aproximadamente produz 70 lumens por watts (lm/W).

2.4 LAMPADAS DE LED

Essas lâmpadas são constituídas por LEDs (*Light Emitting Diode*) que são componentes semicondutores que emitem luz. As lâmpadas LED podem ser usadas em ambientes domésticos, industriais ou comerciais, são uma ótima fonte de luz,

agregam economia e sustentabilidade, e tem maior vida útil em comparação à maioria dos tipos de lâmpadas.

As lâmpadas de LED's podem ser encontradas com uma potência de 4 a 150 W. Alguns dos benefícios da utilização da lâmpada LED (UTILUZ, 2003):

- Maior vida útil, dependendo de seu uso;
- Apresentam maior eficiência luminosa que a incandescente e as alógenas, e muito próximas das fluorescentes, em torno de 50 lm/W;
- Não necessitam de um reator;
- Não necessitam luminárias.

2.4.1. LÂMPADA LED T8

A lâmpada de LED modelo T8, é a lâmpada que melhor se adapta ao tipo de instalação já existente no câmpus. Para uma melhor viabilidade e diminuição de custos, as luminárias seriam mantidas, apenas as lâmpadas seriam trocadas. Teria que ser retirado o reator que é necessário para o funcionamento da fluorescente e não utilizado nas lâmpadas de LED, que pode ser ligada direto na rede elétrica.

Uma lâmpada de LED modelo T8 pode ser vista na Figura 3. Suas dimensões são 2,6 cm por 121,4 cm (LxC), seu fluxo luminoso é de 1800 lumens $\pm 10\%$, a lâmpada gera 110 (lm/W). Seu peso estimado pelo fabricante está em torno de 275 gramas, sua alimentação é de tensão 110 V ou 220 Volts com 20 W de potência (OUROLUX, 2015).



Figura 3 – Lâmpada de LED modelo T8
Fonte: Oourolux (2015).

As lâmpadas utilizadas nos ambientes da universidade são do modelo tubular fluorescente de 32 W, e alguns ambientes de 40 W.

Na Figura 2 observa-se o diferente comportamento do fluxo luminoso das lâmpadas fluorescente e LED.



Figura 4 – Representação da reprodução das lâmpadas (a) fluorescente (b) de LED
Fonte: Luxside (2015).

Na Figura 2(a) a fluorescente tem um perfil de distribuição de luz e espalhamento para os lados isso faz com que se perca parte do fluxo luminoso, portanto, é necessária a utilização de luminárias.

Para a lâmpada de LED, na Figura 2(b) é possível observar que o espalhamento é mais focado para o ambiente onde se é realizado determinada tarefa, e não é necessária a utilização de luminárias (LUXSIDE, 2015).

2.5 ENGENHARIA ECONÔMICA

A engenharia econômica começou a ser estudada quando Arthur Wellington publicou seu livro “*The Economic Theory of Railway Location*”, em 1887 nos Estados Unidos. Este livro passou a ser utilizado para a análise da viabilidade econômica de ferrovias (PAMPLONA, 2013).

A engenharia econômica visa analisar uma proposta e comparar quanto ao custo de investimento e o tempo necessário para transformar o valor investido em benefícios. Os indicadores mais utilizados são o *Payback* (PB), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Valor Presente Líquido (VPL).

2.5.1 VPL (Valor Presente Líquido)

É uma fórmula matemática financeira de calcular o valor presente de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros menos os investimentos. O VPL é um método simples, muito útil para decisões, e tomadores de decisão, pois envolve sistemas de contabilidade e finanças, assim tendo como meio de se definir se vale investir em determinadas mudanças. A fórmula para se calcular o VPL é:

$$VPL = \sum_{n=1}^n \left(\frac{FCt}{(1+i)^t} \right) \quad (4)$$

Onde a variável t representa a quantidade de tempo, geralmente em anos; para a letra n se coloca a duração total do projeto; i é o custo do capital que foi investido; e FC é a representação do fluxo de caixa naquele período.

2.5.2 TIR (Taxa Interna De Retorno)

Segundo Faro (1997) a determinação da Taxa Interna de Retorno (TIR) consiste na resolução de um polinômio de grau n . Conforme Weston e Brigham (2000, p. 536). A TIR pode ser definida como a “taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa esperadas de um projeto ao valor presente de suas saídas esperadas de caixa, VPL (Entradas de caixa) = VPL (Saídas de caixa)”.

Comparando vários investimentos, o melhor será aquele que tiver a maior Taxa Interna de Retorno, pois a TIR é o lucro que se obteve ao investir num certo projeto, o resultado se obtém em porcentagem.

2.5.3 PAYBACK (Tempo De Retorno)

Pode se definir *payback* como uma ferramenta que calcula o investimento inicial e o momento que o lucro líquido se iguala. Com os cálculos obtidos nas

análises e dos levantamentos feitos, pode-se estimar de quanto tempo seria necessário para se ter o retorno esperado dos investimentos, na substituição das lâmpadas na universidade.

De modo geral, quanto mais longo for o prazo de *payback*, menos inviável se torna o investimento. Para se determinar o *payback* somam-se os fluxos futuros de caixa para cada ano até que o custo inicial do projeto de capital seja pelo menos coberto (WESTON, 2000).

3 MÉTODOLOGIA

O estudo foi realizado nos blocos J, H, I e L da universidade, considerando todas as salas de aula e os laboratórios onde são realizadas aulas.

3.1 SALAS DE AULA

No período do levantamento de dados foram visitados todos os ambientes de salas de aula e laboratórios da universidade, assim tendo uma análise da iluminação instalada, da cor das paredes e da cor do chão, além de se obter todas as medidas necessárias para que seja possível a realização dos cálculos luminotécnicos de dimensionamento. Também é necessário ser considerado no ambiente a altura da luminária em relação ao local de trabalho, que poderia ser uma, mesa, balcão, bancada, entre outros.

De acordo com a norma NBR ISO 8995/2013 regulamentadora de ambientes de trabalho, as salas de aula necessitam uma taxa de iluminação de 300 lux.

O modelo apresentado na Figura 5 é um exemplo de uma sala de aula com boa iluminação e seu ambiente bem iluminado. Pode ser observado na fotografia que as luminárias estão rebaixadas, ficando mais próximas das carteiras para fornecer uma melhor iluminação.



Figura 5 – Representação de uma sala de aula bem iluminada
Fonte: UCS (2001).

3.2 LABORATÓRIOS

O câmpus da UTFPR Medianeira possui laboratórios direcionados para ensino e pesquisa na área química, laboratórios de informática, laboratórios para a área de mecânica, e também para as áreas de elétrica e eletrônica.

Para a norma NBR ISO 8995/2013, os locais de desenvolvimento de pesquisa como laboratórios, a área da tarefa é definida como a área parcial no local de trabalho em que a tarefa visual é realizada. Na norma sugere que, os locais de ensino como laboratórios é necessária uma iluminância acima de 500 lux.

Na Figura 6 (a) pode ser observada uma fotografia de um laboratório de química, na Figura 6 (b) um laboratório de informática, e na Figura 6 (c) um laboratório de mecânica.



Figura 6– Fotografia de um laboratório (a) de química, (b) de informática, e (c) de mecânica
Fonte: Autoria própria (2016).

3.3 CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

Para se calcular a iluminância esperada deve ser utilizada a Equação 5, onde I_E é iluminância esperada, NI é o numero de luminárias instaladas, φ é o fluxo luminoso, D é o fator de depreciação, μ é o fator de rendimento e S é a área do ambiente.

$$I_E = \frac{NI \times \varphi \times D \times \mu}{S} \quad (5)$$

3.4 ORÇAMENTO PARA AS LÂMPADAS

A lâmpada utilizada neste estudo foi a lâmpada tubular T8 de LED com potência de 20 W. Para se ter uma melhor média de preço foi feita uma pesquisa no dia 03 de junho de 2016, em três lojas na cidade de Medianeira, onde está instalado o câmpus da UTFPR, assim tendo uma média de preço mais especificada.

Conforme mostrado na Tabela 3, as três empresas (A, B e C) forneceram orçamento de três marcas de lâmpadas LED, todas de 20 W.

Tabela 3 – Orçamento do valor de mercado das lâmpadas LED

Empresas	Modelo	Preços em reais	Marca	Potência
A	Tubular T 8	R\$ 39,88	AVANT	20 W
A	Tubular T 8	R\$ 39,88	INTRAL	20 W
A	Tubular T 8	R\$ 39,88	FLC	20 W
B	Tubular T 8	R\$ 27,00	EMPALUX	20 W
B	Tubular T 8	R\$ 66,00	FLC	20 W
B	Tubular T 8	R\$ 28,50	EUROLUX	20 W
C	Tubular T 8	R\$ 47,11	EMPALUX	20 W
C	Tubular T 8	R\$ 35,00	PHILIPS	20 W
C	Tubular T 8	R\$ 42,79	OSRAM	20 W

Fonte: Autoria própria (2016).

Observa-se que a empresa A utiliza o mesmo preço mesmo tendo distinção de marcas, o valor ficou em 39,88 reais. Os valores exercidos na loja B vão de 27,00 reais a 66,00 reais. Na loja C os preços para as lâmpadas de 20 W são de R\$ 35,00 a R\$ 47,11 com maior preço.

3.5 FATURA DE ENERGIA DA UNIVERSIDADE

A universidade é uma unidade consumidora que se enquadra na tarifação Horossazonal Verde, que tem como base dois tipos de horários: o horário de ponta e o horário fora de ponta.

A concessionária de energia estipula esses dois horários para evitar altos picos de energia consumida ao mesmo tempo durante o horário de ponta, cobrando mais caro a energia neste horário (COPEL, 2016).

O horário de ponta (PT) é o período estipulado pela concessionária composto por 3 horas diárias consecutivas, exceto aos sábados, domingos e feriados nacionais, considerando as características do seu sistema elétrico. A concessionária (COPEL) considera o horário de ponta (P) das 18:00 às 21:00 horas.

O Horário fora de ponta (FP) é o período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares a aquelas definidas no horário de ponta, até às 18:00 e depois das 21:00 horas.

A Tabela 4 mostra o valor pago em reais pelo consumo de energia elétrica da universidade nos meses de março, abril e maio de 2016.

Mês	Horário de Ponta	Horário FP	TOTAL
Março	R\$ 12.960,26	R\$ 27.711,57	R\$ 42.256,15
Abril	R\$ 16.289,52	R\$ 34.481,93	R\$ 51.107,20
Maio	R\$ 10.363,39	R\$ 20.932,26	R\$ 31.295,65

Fonte: Adaptado de COPEL (2016).

Para o consumo na UTFPR, durante o horário de ponta (PT) o valor cobrado pela concessionária COPEL para cada kWh é de R\$ 1,629 e durante o horário fora de ponta (FP) o valor cobrado é de R\$ 0,536 (COPEL, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nas próximas seções serão apresentados os dados de área dos ambientes, quantidade de luminárias instaladas e a potência elétrica total da iluminação nos blocos H, I, J e L da UTFPR câmpus Medianeira.

4.1 ILUMINÂNCIA MEDIDA NOS AMBIENTES E CARGA INSATALADA

A Tabela 5 representa a área, a quantidade de luminárias e a potência das lâmpadas instaladas no bloco H. As salas dos blocos H são utilizadas como ambientes de aulas teóricas.

Tabela 5 – Levantamento de dados no bloco H prédio 3

Sala	Área m ²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
H31 lab.	34,8	12	768
H32	34,8	9	676
H33	34,8	9	676
H34	34,8	9	676
H35	34,8	9	676
H36	34,8	8	676
H37	52,08	12	768
H38	52,08	12	768
H39	50	12	768

Fonte: Autoria própria.

As salas de aula do bloco H possuem sua iluminação de acordo com os valores indicados pela norma NBR 8995, pois este bloco possui as instalações mais novas, por isso teve seu projeto luminotécnico desenvolvido já de acordo com a norma vigente.

Nas próximas tabelas serão representados os dados das salas do bloco J. Este bloco está dividido em três prédios sendo um com dois andares, por isso será apresentado demonstrar os resultados em tabelas por prédios separados, e seus devidos resultados.

A Tabela 6 representa o prédio 1 do bloco J composto por laboratórios dos cursos de Tecnologia em Alimentos e Engenharia de Alimentos.

Tabela 6 – Levantamento de dados no bloco J prédio 1

Sala	Área m ²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
J11	15	69,6	1200
J12	15	69,6	960
J13	15	69,6	1200
J14	15	69,6	960
J15	19	89,4	1216
J16	19	89,4	1216
J17	15	69,6	960
J18	15	69,6	960

Fonte: A autoria própria.

A Tabela 7 representa os dados do bloco J prédio 2. Constituído por salas de aulas da área de mecânica, base do curso de Manutenção Industrial, com três salas de laboratório com máquinas mecânicas e o restante salas sendo didáticas.

Tabela 7 – levantamento de dados no bloco J prédio 2

Sala	Área m ²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
J20	9	47,79	720
J21	15	74,4	960
J22	12	72	864
J23	6	35	384
J24	8	28,5	592
J25a	9	49,6	576
J26	9	46,5	576
Laboratório CNC	17	78,74	1088
Usinagem	18	78,74	1440
Usinagem	28	86,8	2240
J27	21	74,4	1344
J28	25	86,8	1200

Fonte: A autoria própria.

Na Tabela 8 o bloco J prédio 3 no andar 1, com seus dados levantados.

Tabela 8 – Levantamento de dados no bloco J prédio 3 andar 1

Sala	Área m ²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
J35	24	84	1536
J36	5	22,4	320

Fonte: A autoria própria.

O prédio três possui dois andares composto por salas de apoio ao aluno, departamentos e setores salas de aulas e laboratórios. A Tabela 9 representa o segundo andar do bloco J prédio 3.

Tabela 9 – Levantamento de dados no bloco J prédio 3 andar 2

Sala	Área m²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
J41	72,5	15	960
J42	75,3	15	960
J43	75,3	15	960
J44	75,3	15	960
J45	36	12	768
J47	73,3	18	1152
J48	75,3	18	1152
J49	53,5	12	768

Fonte: Autoria própria.

As salas de aula do bloco J são instalações antigas e com as normas desatualizadas, com o passar do tempo teve implantações nestes ambientes de atividades diferenciadas às que foram projetadas. Algumas salas estão com sua iluminância baixa, pelo fator de manutenção, chegando ao final da vida útil, e sujeiras no ambiente foi analisado que a altura destas lâmpadas está longe do ponto de trabalho, com 3,10 metros, assim tendo efeitos mais baixos na iluminância. O rebaixo destas lâmpadas poderia melhorar o índice destes ambientes.

A Tabela 10 representa os dados levantados do bloco L prédio 1. Os prédios do bloco L são prédios mais novos, com pouco tempo de uso, estando dentro das normas das NR's que regulamentam a iluminação no local de trabalho.

Tabela 10 – Levantamento de dados no bloco L prédio 1

Sala	Área m²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
L12	72	21	1344
L12A	72	21	1344
L12B	72	21	1344
L13	72	21	1344
L14A	60	14	896
L15	72	21	1344
L16	72	21	1344
L18	72	21	1344

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 11 representa o bloco L prédio 2, com seus dados de instalação.

Tabela 11 – Levantamento de dados no bloco L prédio 2

Sala	Área m ²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
L21	115,5	18	1440
L22	115,5	18	1440
L23	78	20	1600
L24 A	108	18	1440
L24 B	72	11	880
L25 A	108	18	1440
L25 B	108	18	1440
L26	115.5	18	1440

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 12 representa o prédio 3 do bloco L, com um total de 163 luminárias instaladas no bloco todo, e uma potência demanda de 11.216 W.

Tabela 12 – Levantamento de dados no bloco L prédio 3

Sala	Área m ²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
L31	73.2	18	1152
L32	97.6	24	1536
L33	97.6	22	1408
L34	115.5	18	1152
L35	19.84	4	256
L36	35.96	10	640
L37	73.2	15	1200
L37A	23.18	4	320
L38	73,2	18	1152
L39A	73.2	15	1200
L39B	73.2	15	1200

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 13 representa os dados levantado no bloco L prédio 4.

Tabela 13 – Levantamento de dados no bloco L prédio 4

Sala	Área m ²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
L41	146,28	16	1024
L42	146,28	16	1024
L43	146,28	16	1024
L44	146,28	16	1024
L45	146,28	16	1024

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 14 podem ser observados os dados obtidos para as salas do bloco I prédio 1. As salas são todas do mesmo tamanho e possuem a mesma quantidade de luminárias e de potência instalada.

Tabela 14 – Levantamento de dados no bloco I prédio 1

Sala	Área m ²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
I11	74,4	12	768
I12	74,4	12	768
I13	74,4	12	768
I14	74,4	12	768
I15	74,4	12	768
I16	74,4	12	768

Fonte: A autoria própria.

Na Tabela 15 serão apresentados os dados do prédio 2 do bloco I.

Tabela 15 – Levantamento de dados no bloco I prédio 2

Sala	Área m ²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
I22	70,68	10	640
I23	70,68	12	768
I24	63,24	12	768
I25	63,24	12	768
I26	63,24	12	768
I27	72	12	768
I28	72	12	768

Fonte: A autoria própria.

As salas do bloco I são parecidas por serem construções novas e estão padronizadas dentro das normas exigidas. A Tabela 16 representa os dados das medições no prédio 3 do bloco I.

Tabela 16 – Levantamento de dados no bloco I prédio 3

Sala	Área m ²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
I34 LAB	22,8	3	240
I36 A LAB	36,56	6	192
I36 B LAB	12,73	3	240
I36C LAB	23,31	5	320
I37	73,16	12	768
I38 LAB	21,7	2	144
I39	93	12	768

Fonte: A autoria própria.

Na Tabela 20 são mostrados os dados registrados para as salas de aula do bloco I no prédio 4.

Tabela 17 – Levantamento de dados no bloco I no prédio 4

Sala	Área m ²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
I41	56	6	384
I42	56	6	384
I42 A	42	6	384
I47	42	6	384
I48	42	6	384

Fonte: A autoria própria.

Na Tabela 21 serão representados os dados das salas de aula do bloco I prédio 5.

Tabela 18 – Levantamento de dados no bloco I prédio 5

Sala	Área m ²	Luminárias instaladas	Potência instalada (W)
I52	42,9	12	768
I54	108	18	1152
I55	42,9	12	768
I56	98,4	18	1152
I57	98,4	18	1152

Fonte: A autoria própria.

A potência do sistema de iluminação instalado no bloco I está em torno de 11,4 kW. Sendo a maioria das lâmpadas instaladas nestes ambientes fluorescentes de 32 W, de 2700 lumens por Watts.

4.2 RESUMO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DA UNIVERSIDADE

O sistema de iluminação atual conta com 1286 luminárias em funcionamento, com 2572 lâmpadas fluorescentes.

A Tabela 19 apresenta o resumo com os locais, a quantidade das lâmpadas instaladas e a potência total, separados por blocos de edifícios do campus de Medianeira.

Tabela 19 – Levantamento de dados das salas e dos blocos resumidos

Local	Número de luminárias	Potência instalada (W)
Bloco J	454	18896
Bloco I	197	11392
Bloco H	92	6452
Bloco L	543	37184
Total	1286	73924

Fonte: Autoria própria.

4.3 PROJETO LUMINOTÉCNICO COM LÂMPADAS DE LED E A POTÊNCIA DEMANDADA

Com os dados do sistema atual, foram feitos os cálculos para a substituição das lâmpadas para se encontrar o quanto seria necessário de acréscimo ou a redução no número de lâmpadas nos ambientes com utilização e lâmpadas LED.

A Tabela 20 apresenta as luminárias projetadas com LED, e a potência demandada nas salas do bloco H.

Tabela 20 – Projeto com LED para o bloco H

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
H31 lab.	20	400
H32	20	400
H33	20	400
H34	20	400
H35	20	400
H36	20	400
H37	28	560
H38	28	560
H39	26	520

Fonte: Autoria própria.

O bloco H tem uma demanda de projeto de 4040 W, e 202 lâmpadas necessárias para estarem com a iluminância necessária pros ambientes de estudos, que pela norma precisam ter 300 lux.

O cálculo demonstra as verdadeiras necessidades para troca por LED, e a readequação com a instalação de mais algumas luminárias.

A Tabela 21 apresenta as luminárias projetadas em LED, e a potência demandada nas salas do bloco J prédio 1.

Tabela 21 – Projeto com LED para o bloco J prédio 1

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
J11	38	760
J12	38	760
J13	38	760
J14	38	760
J15	48	960
J16	48	960
J17	38	760
J18	38	760

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 22 são apresentados os valores calculados para as salas de aula do bloco J prédio 2.

Tabela 22 – Projeto com LED para o bloco J prédio 2

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
J20	26	520
J21	40	800
J22	38	760
J23	20	400
J24	16	320
J25a	26	520
J26	26	520
CNC	42	840
Usinagem	42	840
Usinagem	46	920
J27	40	800
J28	46	920

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 23 demonstra o projeto com lâmpadas LED no prédio 3 do bloco J andar 1, pois o prédio possui 2 andares.

Tabela 23 – Projeto com LED para o bloco J prédio 3 andar 1

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
J35	44	880
J36	12	240

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 24 mostra os valores projetados no bloco J prédio 3 andar 2.

Tabela 24 – Projeto com LED para o bloco J prédio 3 andar 2

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
J41	38	760
J42	40	800
J43	40	800
J44	40	800
J45	20	400
J47	40	800
J48	40	800
J49	28	560

Fonte: Autoria própria.

As Tabelas que apresenta luminárias projetadas em LED, e a potência demandada nas salas de aula do bloco L serão apresentadas em seguida. O bloco L é dividido em três prédios. A Tabela 25 apresenta os dados do bloco L prédio 1.

Tabela 25 – Projeto com LED para o bloco L prédio 1

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
L12	38	760
L12A	38	760
L12 B	38	760
L13	38	760
L14 A	32	640
L15	38	760
L16	38	760
L18	38	760

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 26 mostra os resultados para o bloco L no prédio 2.

Tabela 26 – Projeto com LED para o bloco L prédio 2

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
L21	62	1240
L22	62	1240
L23	42	840
L24 A	58	1160
L24 B	38	760
L25 A	58	1160
L25 B	58	1160
L26	62	1240

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 27 os dados do bloco L prédio 3 com resultado de projeto.

Tabela 27 – Projeto com LED para o bloco L prédio 3

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
L31	40	800
L32	52	1040
L33	82	1640
L34	98	1960
L35	12	240
L36	20	400
L37	40	800
L37A	14	280
L38	40	800
L39A	40	800
L39B	40	800

Fonte: Autoria própria.

Na Tabela 28 está a apresentação do resultado dos cálculos para a utilização de lâmpadas de LED no bloco L prédio 4.

Tabela 28 – Projeto com LED para o bloco L prédio 4

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
L41	78	1560
L42	78	1560
L43	78	1560
L44	78	1560
L45	78	1560

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 29 apresenta luminárias projetadas em LED, e a potência demandada no bloco I, com resultado respectivo de suas salas.

Tabela 29 – Projeto com LED para o bloco I prédio 1

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
I11	40	800
I12	40	800
I13	40	800
I14	40	800
I15	40	800
I16	40	800

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 30 apresentara o resultado do projeto da quantidade necessárias de lâmpadas LED para as salas do bloco I prédio 2.

Tabela 30 – Projeto com LED para o bloco I prédio 2

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
I22	38	760
I23	38	760
I24	34	680
I25	34	680
I26	34	680
I27	34	680
I28	38	760

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 31 apresenta os dados de projeto do bloco I prédio 3.

Tabela 31 – Projeto com LED para o bloco I prédio 3

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
I34 LAB	22	440
I36 A LAB	12	240
I36 B LAB	8	160
I36CLAB	8	160
I37	14	280
I38 LAB	40	800
I39	12	240

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 32 apresenta o resultado do dimensionamento luminotécnico para o bloco I prédio 4.

Tabela 32 – Projeto com LED para o bloco I prédio 4

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
I41	50	1000
I42	22	440
I42A	22	440
I47	22	440
I48	22	440

Fonte: Autoria própria.

A Tabela 33 mostra as salas de aula do bloco I prédio 5 e seus resultados da análise luminotécnica.

Tabela 33 – Projeto com LED para o bloco I prédio 5

Sala	Lâmpadas necessárias	Potência demandada (W)
I52	24	480
I54	52	1040
I55	52	1040
I56	52	1040
I57	52	1040

Fonte: Autoria própria.

No bloco I, as salas de aula têm suas áreas, cor de parede do chão e do teto todos iguais, assim tendo resultados iguais. Os blocos são compostos por salas de aula, salas de professores e salas de apoio, mas somente as salas de aula e laboratórios estão sendo consideradas nesse trabalho.

No prédio 2 existe atualmente salas de laboratório, salas para estudos e pesquisas, tendo assim um nível do fator de depreciação maior em torno de 0,8 num fator até (1,0) por ser um ambiente com riscos de produtos químicos e fumaça.

4.4 RESUMO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO PROJETADO COM LED

Considerando somente as salas de aula e laboratórios, o sistema ficaria com 2994 lâmpadas e com uma potência instalada de 59,88 kW. Na Tabela 34 observa-se os dados das médias gerais e a potência total na análise do projeto com a substituição das lâmpadas para LED.

Tabela 34 – Projeto total com lâmpadas LED

Blocos	Lâmpadas necessárias	Potência total (W)
Bloco J	1054	21080
Bloco I	722	14440
Bloco L	1016	20320
Bloco H	202	4040
Total	2994	59880

Fonte: Autoria própria.

4.5 UTILIZAÇÃO DOS AMBIENTES

Foi realizado o levantamento de dados para os cálculos luminotécnicos para os blocos H, I, J e L. No entanto, não é possível determinar (sem que seja realizada a medição) por quanto tempo é utilizada a iluminação nos banheiros, salas de professores, secretarias, salas de apoio e corredores. Desta forma, para que os valores calculados sejam mais próximos dos valores reais, foi considerada a carga horária de aulas em todos os cursos.

Foi encontrada a quantidade de aulas, por período, que cada curso teve no primeiro semestre de 2016. Na Tabela 35 pode ser observada a quantidade de aulas dos cursos de Ciências da Computação, Engenharia de Alimentos, Engenharia Ambiental, Engenharia Elétrica e Engenharia de Produção. Todas essas aulas são no período diurno.

Tabela 35 – Quantidade semanal de aulas realizadas no período diurno em 2016-1

Período	Ciência da Computação	Engenharia de Alimentos	Engenharia Ambiental	Engenharia Elétrica	Engenharia de Produção
1º	25	29	34	23	32
2º	25	37	37	39	35
3º	25	32	31	31	31
4º	25	27	31	30	31
5º	25	26	34	29	29
6º	25	27	27	26	28
7º	29	29	28	28	36
8º	18	26	25	30	23
9º		22	25	27	20
TOTAL	197	255	272	263	265

Fonte: Autoria própria.

O curso de Ciências da Computação possui quatro (4) anos de duração, por este motivo é que aparecem oito períodos. Já os cursos de engenharia possuem cinco (5) anos de duração, o que equivale a dez (10) períodos. No entanto, o último período não possui disciplinas, pois é reservado para o estágio e o TCC.

Na Tabela 36 são observadas as aulas que ocorrem no período noturno, sendo dos cursos de Tecnologia em Alimentos, Gestão Ambiental, Manutenção Industrial e Licenciatura em Química.

Tabela 36 – Quantidade semanal de aulas realizadas no período noturno em 2016-1

Período	Alimentos	Gestão	Manutenção	Química
		Ambiental	Industrial	
1º	25	25	25	24
2º	24	25	25	25
3º	21	25	25	24
4º	25	25	25	24
5º	25	25	25	24
6º	25		25	25
7º				25
TOTAL	145	125	150	171

Fonte: Autoria própria.

Além dos cursos de graduação existem os cursos de pós-graduação e de inglês. Na Tabela 37 podem ser observadas as quantidades de aulas ministradas para o curso de inglês, o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e os Programas de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (PPGTAMB) e Tecnologias Computacionais para o Agronegócio (PPGTCA).

Tabela 37 – Quantidade semanal de aulas de inglês e dos cursos de pós-graduação

Período	PPGTAMB	PPGTCA	MNPEF	Inglês
Diurno	10	25	4	12
Noturno			4	4
TOTAL	10	25	8	16

Fonte: Autoria própria.

Todas as disciplinas realizadas durante o período diurno ocorrem no horário considerado Fora de Ponta (FP). O horário noturno possui ao todo 5 aulas, sendo 3 aulas realizadas durante o horário de ponta (PT) e 2 no horário Fora de Ponta, como pode ser observado na Tabela 38.

Tabela 38 – Quantidade semanal de aulas nos horários de ponta (PT) e fora ponta (FP)

Período	Aulas	Minutos-aulas	Horas
Diurno	1303	50	1085,83
Noite PT	359	50	299,17
Noite FP	240	45	180

Fonte: Autoria própria.

Cada aula possui 50 minutos de duração, exceto as 2 últimas aulas do período noturno que possuem 45 minutos. Portanto, são 1265,83 horas de aulas no horário fora de ponta e 299,17 horas de aulas no horário de ponta.

Algumas disciplinas possuem aulas em laboratórios, algumas utilizam salas com capacidade que varia entre 30 e 60 alunos (são salas com tamanhos bastante diferentes), e cada um desses ambientes possui uma quantidade diferente de lâmpadas necessárias.

Os cursos de graduação também possuem disciplinas chamadas “optativas”, que são fornecidas de acordo com a necessidade e a disponibilidade de professores. O mesmo ocorre com as disciplinas optativas dos cursos de pós-graduação. Portanto, não é possível se determinar a quantidade exata de aulas que será oferecida em um semestre.

4.6 POTÊNCIA MÉDIA DE ILUMINAÇÃO

Como a quantidade total de aulas varia para cada semestre, a utilização das salas de aula e dos laboratórios também varia. Desta forma, será considerado um valor médio para a potência do sistema de iluminação.

A partir do levantamento de dados foi determinada a potência média para o sistema de iluminação considerando as salas de aula e laboratórios. Ou seja, o valor total da potência das lâmpadas fluorescentes (que é de 73,924 kW) foi dividido pela quantidade de ambientes (que foi de 72 salas de aula e laboratórios) sendo obtido o valor médio para a potência, igual a 1026,72 W.

Serão utilizados os valores das tarifas, pagas atualmente pela UTFPR, de R\$ 0,53665 para o horário fora de ponta e de R\$ 1,62970 para o horário de ponta, obtidos no website da concessionária COPEL (COPEL, 2016).

Considerando o valor médio da potência do sistema de iluminação como sendo de 1026,72 W, o valor mensal pago pela utilização das salas de aulas e laboratórios é de R\$ 4.792,16, como pode ser observado na Tabela 39.

Tabela 39 – Custo mensal com a iluminação atual nas salas de aula e laboratórios

Horário	Tarifa	Horas	Potência média (W)	Custo semanal	Custo mensal
Fora Ponta	R\$ 0,53665	1265,83	1026,72	R\$ 697,46	R\$ 2.789,84
Ponta	R\$ 1,62970	299,17	1026,72	R\$ 500,58	R\$ 2.002,32
TOTAL		1565,00			R\$ 4.792,16

Fonte: Autoria própria.

Após a realização do projeto luminotécnico com a utilização das lâmpadas de LED, obteve-se a quantidade de lâmpadas a ser instalada e a potência total para cada ambiente selecionado.

A partir do projeto luminotécnico foi determinada a potência média para o sistema de iluminação, ou seja, o valor total da potência das lâmpadas LED (que é de 59,88 kW) foi dividido pela quantidade de ambientes (que foi de 72 salas de aula e laboratórios) sendo obtido o valor médio para a potência, igual a 831,67 W, como pode ser visto na Tabela 40.

Tabela 40 – Custo mensal com a iluminação projetada

Horário	Tarifa	Horas	Potência (W)	Custo semanal	Custo mensal
Fora Ponta	R\$ 0,53665	1265,83	831,67	R\$ 564,96	R\$ 2.259,85
Ponta	R\$ 1,62970	299,17	831,67	R\$ 405,48	R\$ 1.621,93
TOTAL		1565,00			R\$ 3.881,77

Fonte: Aatoria própria.

A diferença obtida com a redução do consumo de energia elétrica das lâmpadas seria de R\$ 910,39 por mês, representando 19% do consumo gasto no iluminamento das salas de aula e laboratórios.

4.7 ENGENHARIA ECONÔMICA

Para os cálculos foi considerado que seriam compradas as lâmpadas com o menor valor informado pelas empresas (que foi de R\$ 27,00) que apresenta a vida útil de 24 mil horas.

Para serem compradas as 2994 lâmpadas multiplicando pelo preço unitário seria necessário um investimento de R\$ 80.838,00 reais. Não foi considerada a instalação realizada por uma empresa terceirizada, mas pelos próprios funcionários da UTFPR.

Através do cálculo do tempo de retorno (*Payback*) com a utilização de uma taxa de juros de 1% ao mês, obteve-se o valor de 225 meses. Este valor foi superior à vida útil da lâmpada, que é de aproximadamente 146 meses.

5 CONCLUSÕES

Através dos cálculos luminotécnicos verificou-se que será necessário um acréscimo no número de lâmpadas nos ambientes (salas de aula e laboratórios) para que seja obtida a iluminância mínima necessária indicada pela norma NBR ISO 8995/2013, para cada tipo de ambiente de trabalho.

Os cálculos foram realizados para a lâmpada LED de menor custo que foi encontrada, que é de R\$ 27,00, porém, ela também possui uma vida útil menor.

Para comprar as 2994 lâmpadas LED necessárias, o valor do investimento seria de aproximadamente R\$ 80.838,00 reais.

O custo atual com o sistema de iluminação das salas de aulas e laboratórios foi estimado em R\$ 4.792,16. O custo mensal estimado para o sistema com lâmpadas LED seria de R\$ 3.881,77.

Através dos cálculos da engenharia econômica foi observado que o tempo de retorno (*payback*), que foi de 225 meses, é maior que o tempo de vida útil da lâmpada (146 meses). Desta forma, o projeto é inviável.

Outro problema que não foi considerado, é que em muitos ambientes será modificada a quantidade de lâmpadas. Desta forma é necessário fazer modificações na instalação elétrica atual e também acrescentar novas luminárias.

Se a instalação for realizada pelos funcionários da UTFPR terá uma despesa a mais com a fiação e as luminárias. Se a instalação for realizada por alguma empresa terceirizada contratada, terá um custo adicional muito maior. Portanto, o custo total fica cada vez maior, e o projeto torna-se cada vez mais inviável.

Conclui-se que para as condições apresentadas neste trabalho, o projeto para a instalação e utilização de lâmpadas LED nas salas de aulas e laboratórios é economicamente inviável.

REFERÊNCIAS

COPEL. **Horário de ponta e horário fora de ponta**. Disponível em: <<http://www.copel.com/>>. Acesso em janeiro de 2016.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**, 2007, 15ª ed. LTC, Rio de Janeiro-RJ.

EMPALUX, **Especificações da Lâmpada de LED T8**, Disponível em: WWW.empalux.com.br/especificações/especificações/delampadaledt82016. Acesso em janeiro de 2016.

LUMIDEC. **Informações técnicas dos ambientes**; Disponível em: [/www.abaluxiluminacao.com.br/arquivos/info_tecnicas_lumidec.pdf](http://www.abaluxiluminacao.com.br/arquivos/info_tecnicas_lumidec.pdf) 2016. Visitado em: junho de 2016.

LUXSIDE. **Sistema de iluminação com LED**, disponível no site: WWW.luxside.com.br; Acesso em setembro de 2015.

NBR ISO/CIE 8995-1/2013. **Iluminação de ambientes de trabalho**.

OSRAM. **Curva de sensibilidade do olho humano**, Disponível em: <www.osram.com.br/>.

OUROLUX. **Referência em lâmpadas LED**, São Paulo, Brasil.; disponível em: WWW.ourolux.com.br. Acessado em outubro de 2015.

PAMPLONA, E. O. **Engenharia econômica I**. Disponível em: <<http://www.iepg.unifei.edu.br/edson/download/Apostee1.pdf>> Acesso em: 12 de janeiro de 2016.

PHILIPS. **Lâmpadas LED**. Disponível em: WWW.lighting.philips.com.br/lightcommunity/trend/led/masterled.wpd.

USC. **Representação de uma sala de aula**. Disponível em: <www.usc.edu.com.br>. Acessado em fevereiro de 2016.

WESTON, J. F; BRIGAM, E. F. **Fundamentos da administração financeira**. Makron Books, 2000. 1030 pg.