

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

FERNANDA DA SILVA ALMEIDA
RAFAEL CANDIDO MARTINS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E PROPOSTA DE MODERNIZAÇÃO
DA ILUMINAÇÃO EXISTENTE DA UTFPR-CT**

CURITIBA
2017

FERNANDA DA SILVA ALMEIDA
RAFAEL CANDIDO MARTINS

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE E PROPOSTA DE MODERNIZAÇÃO
DA ILUMINAÇÃO EXISTENTE DA UTFPR-CT**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado à disciplina de TCC-2, do Curso
Superior de Engenharia Elétrica do
Departamento Acadêmico de Eletrotécnica
(DAELT) da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cícero Fritzen
Co-Orientador: Prof. Dr. Roberto Cesar Betini

CURITIBA

2017

Fernanda da Silva Almeida
Rafael Candido Martins

Avaliação da Qualidade e Proposta de Modernização da Iluminação Existente da UTFPR-CT

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 24 de novembro de 2017.

Prof. Emerson Rigoni, Dr.
Coordenador de Curso
Engenharia Elétrica

Profª. Annemarle Gehrke Castagna, Mestre
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Paulo Cícero Fritzen, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Roberto Cesar Betini, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Co-Orientador

BANCA EXAMINADORA

Rafael Fontes Souto, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Paulo Cícero Fritzen, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Roberto Cesar Betini, Dr.
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por nos iluminar e dar forças quando esta nos faltou, sempre guiando nossos passos e escolhas.

Aos professores Paulo C. Fritzen e Roberto C. Betini, por aceitarem e nos acolherem neste projeto, dando o suporte necessário para a conclusão deste trabalho.

Agradeço e dedico este trabalho a minha mãe Maria Izabel e meu pai Manoel Genivaldo, que proporcionaram condições de estudo para ingressar em uma Universidade Federal e não mediram esforços para me ajudar, acreditar e apoiar nessa conquista. Agradeço ao meu namorado Gustavo Felipe, por ter me ajudado nessa longa jornada e por ter muita paciência nas semanas críticas de provas.

Dedico este trabalho ao meu pai Ademir Candido Martins, e a minha mãe Elisabeth Aparecida de Andrade, que nunca mediram esforços para que eu cumprisse mais esta meta importante da minha vida. Agradeço também, a minha irmã Ana Paula Candido Martins e minha namorada Ligia Ayumi Kikuchi, pelo carinho e compreensão da minha ausência em algumas ocasiões.

Ao Fabio Oliva, consultor da Philips Lighting, e ao Ronaldo Carlos de Oliveira, vendedor da Comercial Elétrica DW, por nos ajudarem com os preços e *datasheets* dos equipamentos de iluminação utilizados neste trabalho.

Por fim, a todos os professores, amigos e todos que direta ou indiretamente contribuíram para o bom andamento e conclusão deste trabalho.

No futuro, somente os ricos queimarão velas.
(EDISON, Thomas Alva).

RESUMO

ALMEIDA, Fernanda da S; MARTINS, Rafael Candido. Avaliação da qualidade e proposta de modernização da iluminação existente da UTFPR-CT. 2017. 101 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

As lâmpadas fluorescentes utilizadas largamente por indústrias, comércios e residências, exigem um descarte adequado por conterem metais pesados tóxicos e nocivos ao meio ambiente, também geram uma grande quantidade de raios ultravioletas (UV) que na exposição à longo prazo podem causar manchas na pele. A nova tendência do mercado em substituir as lâmpadas fluorescentes por lâmpadas de tecnologia LED tem como principais justificativas a sustentabilidade, a eficiência energética, o baixo nível de decaimento do fluxo luminoso ao decorrer de sua vida útil e a redução significativa do fator manutenção com relação às lâmpadas fluorescentes. Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de um projeto para a substituição do sistema de iluminação de diferentes áreas na Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Curitiba, sede centro. Através de um novo sistema utilizando tecnologia LED, atendendo de forma rigorosa as recomendações da norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013, com o intuito de regularizar locais que atualmente apresentam fluxo luminoso muito abaixo dos valores mínimos exigidos por norma, e melhorar a eficiência energética da iluminação da instituição de ensino. Após a execução de todas as etapas necessárias para o desenvolvimento do projeto, foi possível concluir que as alterações realizadas no sistema e o *retrofit* de alguns locais, atenderam as exigências descritas em norma, melhorando a qualidade da iluminação com a redução significativa da potência instalada e dos custos com energia elétrica. O projeto mostrou-se viável para implementação através do cálculo de retorno de investimento realizado, caracterizando-se como um investimento de médio prazo.

Palavras-chave: Eficiência. Energia. LED. Retorno de investimento.

ABSTRACT

ALMEIDA, Fernanda da S; MARTINS, Rafael Candido. Quality assessment and modernization proposal for existing UTFPR-CT lighting. 2017. 101 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) - Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2017.

Fluorescent lamps used widely by industries, businesses, and homes, require proper disposal because they contain heavy metals that are toxic and harmful to the environment, also generate a large amount of ultraviolet (UV) rays, which on long term exposure can cause skin blemishes. The new market trend in replacing fluorescent lamps with LED technology lamps is based on sustainability, superior energy efficiency, the low level of decay of the luminous flux over its useful life, the significant reduction of the maintenance factor with respect the fluorescent lamps. The objective of this work was the development of a project to replace the lighting system of different areas in the Federal Technological University of Paraná - Campus Curitiba, headquarters on center. Through a new system using LED technology, complying strictly with the recommendations of the NBR ISO / CIE 8995-1, in order to regularize places that currently have luminous flux far below the minimum values required by norm, and to improve the energetic efficiency of the lighting of the educational institution. After completing all the necessary steps for the development of the project, it was possible to conclude that the changes made in the system and the retrofit of some places, met the requirements described in standard, improving the quality of the lighting with the significant reduction of the installed power and of electricity costs. The project proved feasible for implementation through the calculation of realized return on investment, characterizing itself as a medium-term investment.

Keywords: Efficiency. Energy. LEDs. Payback.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico referente à porcentagem de pessoas que participaram da pesquisa.	41
Gráfico 2 - Influencia da iluminação no rendimento acadêmico.....	41
Gráfico 3 - Iluminação crítica na UTFPR-CT.	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Curva fotométrica de uma luminária	20
Figura 2 – Iluminância.....	21
Figura 3 - Diferença de IRC das lâmpadas.....	21
Figura 4 - Escala de temperatura de cor em Kelvin	22
Figura 5 - Esboços esquemáticos para os conceitos de utilização de iluminação natural, segundo a classificação de Robbins	25
Figura 6 – Starter.....	26
Figura 7 - Reator eletrônico.....	27
Figura 8 – Ignitor.....	28
Figura 9 - Driver DALI.	28
Figura 10- Estrutura interna de uma lâmpada fluorescente tubular.....	30
Figura 11- Lâmpadas fluorescentes de diferentes diâmetros.....	31
Figura 12 - Estrutura de um LED de potência.....	32
Figura 13 - Evolução das lâmpadas tubulares	32
Figura 14 - Diferença entre o sistema fluorescente e sistema com LED.....	33
Figura 15- Classificação do fluxo luminoso.....	35
Figura 16 - A qualidade da iluminação depende de fatores como: ambiência, desempenho e conforto.....	36
Figura 17 - Representação dos feixes de lux (vetores) no plano de trabalho	37
Figura 18 - Refletância recomendada para superfícies em salas de aula.....	38
Figura 19 - Luxímetro utilizado nas medições, fabricante ICEL, modelo: LD-550.	45
Figura 20 - Mapa UTFPR-CT.	46
Figura 21 - Item A: Sala de aula A-206 no bloco A, item B: diferença de temperatura de cor na iluminação bloco A.	47
Figura 22 - Item C: Sala de aula E-206. Idem D: Corredor do terceiro andar localizado no bloco E.....	49
Figura 23 - Fachada lateral atual do bloco E a noite.	50
Figura 24 - Fachada atual do bloco J a noite.	50
Figura 25 - Visualização da marcenaria no bloco G	51

Figura 26 - Iluminação atual da biblioteca localizado no bloco L, onde no item E e no item F podemos verificar algumas lâmpadas queimadas.....	51
Figura 27 - Quadra externa.....	52
Figura 28 - Miniginásio	52
Figura 29 - Piscina e academia.....	53
Figura 30 - Planta de identificação das salas do primeiro andar do bloco E.....	55
Figura 31 - Distribuição das luminárias LED nas salas e corredores do bloco E.....	55
Figura 32 - Proposta de iluminação da fachada do bloco E.	56
Figura 33 - Resultado com cores falsas da fachada do bloco E.	57
Figura 34 - Visualização em 3D da Marcenaria com iluminação LED.....	57
Figura 35 - Resultados do índice de fluxo luminoso ponto a ponto da Marcenaria e Laje.	58
Figura 36 - Visualização em 3D da fachada do bloco J/bloco N.	59
Figura 37 - Resultado com cores falsas da fachada do bloco J/bloco N.	59
Figura 38 - Planta de identificação das salas do primeiro andar do bloco Q	60
Figura 39 - Distribuição das luminárias LED nas salas e corredores do bloco Q.....	61
Figura 40 - Visualização em 3D da quadra externa com iluminação LED.....	62
Figura 41 - Resultado com cores falsas da quadra externa.....	62
Figura 42 - Visualização em 3D do Miniginásio com iluminação LED	63
Figura 43 - Resultado com cores falsas do Miniginásio.....	63
Figura 44 - Visualização em 3D da Piscina com iluminação LED	64
Figura 45 - Resultado com cores falsas da Piscina.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparação com os principais tipos de lâmpada existentes no mercado	29
Tabela 2 - Comparativo entre fontes convencionais e LED	33
Tabela 3 - Classificação das lâmpadas de acordo com a distribuição do Fluxo Luminoso	34
Tabela 4 - Relação entre área da abertura e área do piso	38
Tabela 5 - Planejamento das áreas, tarefas e atividades com a especificação da iluminância	39
Tabela 6 - Resultados obtidos dos iluminamentos médios do bloco E e bloco Q	48
Tabela 7 - Resultado de iluminamento médio das salas do primeiro andar do bloco E	54
Tabela 8 - Resultado de iluminamento médio das salas do primeiro andar do bloco Q	60
Tabela 9 - Retorno de investimento da iluminação	68

LISTA DE SIGLAS

COPEL	Companhia Paranaense de Energia
DALI	<i>Digital Addressable Lighting Interface</i>
IEA	<i>International Energy Agency</i>
IESNA	<i>Illuminating Engineering Society of North America</i>
IR	Radiação infravermelha
IRC	Índice de Reprodução de Cor
LED	<i>Light Emissor Diode</i>
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RGB	<i>Red, Green & Blue</i>
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
UV	Raio Ultravioleta
UVA	Ultravioleta A
UVC	Ultravioleta C

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	TEMA.....	15
1.2	DELIMITAÇÃO	15
1.3	PROBLEMA	15
1.4	OBJETIVOS.....	16
1.4.1	Objetivo Geral.....	16
1.4.2	Objetivos Específicos.....	16
1.5	JUSTIFICATIVA.....	17
1.6	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	CONCEITOS: GRANDEZAS FOTOMÉTRICAS.....	20
2.2	LUZ E SAÚDE	22
2.3	LUZ NATURAL	24
2.4	DISPOSITIVOS DE CONTROLE	26
2.4.1	Starters	26
2.4.2	Reatores.....	27
2.4.3	Ignitores	27
2.4.4	Drivers.....	28
2.5	LÂMPADAS E LUMINÁRIAS	28
2.5.1	Lâmpadas Fluorescentes	30
2.5.2	Tecnologia LED.....	31
2.5.3	Luminárias	34
3	MODELO DE AVALIAÇÃO DE ILUMINAÇÃO	36
3.1	LUZ EM AMBIENTES DA UNIVERSIDADE.....	36
3.2	PROGRAMA PARA CÁLCULO LUMINOTÉCNICO	40
3.3	PERCEPÇÃO DA ILUMINAÇÃO PELO USUÁRIO.....	40
3.4	AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ATUAL.....	42
3.4.1	Consumo Energético do Atual Sistema de Iluminação.....	43
3.4.2	Análise do Sistema de Iluminação	43
3.4.3	Critério de Escolha das Lâmpadas e Luminárias	44
3.4.4	Simulação e Cálculo do Número de Luminárias	44
3.4.5	Resultado da análise da iluminação atual	45

4	SIMULAÇÃO DO NOVO PROJETO DE ILUMINAÇÃO	54
4.1	BLOCO E	54
4.2	FACHADA DO BLOCO E	56
4.3	MARCENARIA - BLOCO G	57
4.4	FACHADA DO BLOCO J E BLOCO N	58
4.5	BLOCO Q	60
4.6	QUADRA EXTERNA – BLOCO R	61
4.7	MINIGINÁSIO – BLOCO S	62
4.8	PISCINA – BLOCO T	64
5	RETORNO DE INVESTIMENTO DO PROJETO LUMINOTÉCNICO	66
6	CONCLUSÃO	73
	REFERÊNCIAS	75
	ANEXOS	80
	APÊNDICE	91

1 INTRODUÇÃO

A energia está presente em nosso cotidiano de diversas maneiras. Mas o que é energia? De acordo com James Clerk Maxwell: “energia é aquilo que permite uma mudança na configuração de um sistema, em oposição a uma força que resiste a esta mudança” (VIANA, 2012, p.14).

Atualmente, buscam-se ferramentas e processos mais eficientes que demandem um consumo cada vez menor de energia. Um exemplo foi à opção do mercado pela substituição da lâmpada incandescente pela lâmpada fluorescente que teve seu início há aproximadamente cinco anos no Brasil de acordo com a Portaria N°1.007, e a busca por formas renováveis de obtenção de energia (BRASIL, 2010).

Alternativas racionais e eficientes de obtenção de energia elétrica começaram a surgir após a crise mundial do petróleo da década de 1970 (BARROS, 2005), quando o Brasil possuía muitas usinas termoelétricas e a crise atingiu a economia nacional. O país era muito dependente do óleo importado, cerca de 80% do óleo bruto vinha de fora. Por questões econômicas, as empresas e as indústrias tiveram que economizar energia, logo, isso desaqueceu o mercado nacional. Estimulado pela crise do petróleo, o país começou a mudar sua matriz energética. Foi nessa década que nasceu o Programa Nacional do Álcool (Proálcool), que estimulou a substituição de combustíveis derivados do petróleo pelo etanol da cana-de-açúcar, e deu-se início a construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu (CUNHA, 2010).

As fontes de energia hidráulica, eólica e da biomassa alternam-se em sua máxima produção aqui no Brasil. Assim, nos meses em que os ventos diminuem, as chuvas aumentam, e se ambos estão no mínimo, é a safra da cana que está em alta. Deste modo, as autoridades do setor elétrico ainda pecam em dificultar a expansão das fontes renováveis, pois se fossem mais incentivadas, usaríamos as termoelétricas a petróleo apenas nas emergências, sem gastar aproximadamente 32 bilhões de reais para tentar escapar do apagão (ASSOCIAÇÃO..., 2016).

Este trabalho propõe uma análise do problema da eficiência energética do sistema de iluminação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Curitiba (UTFPR - CT), tendo como principal objetivo demonstrar meios mais econômicos de consumo de energia elétrica em iluminação, sempre com a preocupação no bem-estar socioambiental. Também serão apresentadas as justificativas, fundamentação teórica e a metodologia utilizada para a identificação das oportunidades de melhoria do sistema de iluminação, aplicando-se o estudo de eficiência energética nos diversos ambientes da instituição.

1.1 TEMA

O sistema de iluminação com lâmpadas fluorescentes da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) é o objetivo de estudo deste trabalho acadêmico, tendo como solução o sistema equivalente com LED (*Light Emissor Diode*) para o mesmo local, de forma a realizar uma comparação energética.

Um dado interessante é que 23% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial, se dá pelo uso de iluminação (SANTOS, 2006). Logo, o emprego de projetos luminotécnicos com eficiência energética podem alcançar economias de 30% a 70% no consumo de energia elétrica pelo sistema de iluminação em edificações não residenciais, isso implica na importância de um bom projeto luminotécnico para a economia de energia elétrica (SOUZA, 2011).

1.2 DELIMITAÇÃO

Foi proposto um sistema de iluminação a LED nos ambientes da UTFPR-CT. Nas áreas com grande índice de luz natural, como no bloco E, bloco Q, biblioteca, salas de aulas do bloco central (bloco A, B, C e D), além da iluminação com tecnologia LED, foi proposto um sistema de dimerização e/ou sensor de presença.

Este trabalho não abrangerá o campus Neoville, campus Ecoville, prédios alugados (bloco J1) para atividades administrativas e educacionais da instituição de ensino, mini auditório, auditório, bloco K, bloco O por estar em manutenção, bloco P e Bloco I. Também não abrangerá os ambientes do bloco V, escritório verde e onde residiam os laboratórios de mecânica, pois estes estão em alteração de *layout* devido a mudança do curso de engenharia mecânica para o campus Ecoville.

1.3 PROBLEMA

As lâmpadas fluorescentes utilizadas largamente no campus da UTFPR - CT exigem um nível elevado de manutenção e seu descarte se não realizado de maneira adequada, pode gerar problemas ambientais por possuírem em sua composição química metais pesados como: latão, alumínio, tungstênio, níquel, cobre ou ferro, além do mercúrio e o fósforo que são prejudiciais à saúde. Há um estudo de pesquisadores da *Stony Brook University*, nos Estados Unidos, liderada pela pesquisadora Miriam Rafailovich, que analisou o impacto da exposição

aos raios ultravioletas emitidos por lâmpadas fluorescentes sobre os tecidos da pele humana saudável (*in vitro*), obtendo em seus resultados níveis significativos de UVC e UVA (que são radiações prejudiciais a saúde, em exposição em longo prazo), recomendando assim a evitar usar lâmpadas fluorescentes em distâncias muito curtas e que elas são mais seguras quando colocadas atrás de uma tampa de vidro adicional (HOSPITAL..., 2012).

Além dos problemas relatados acima, o mau planejamento da distribuição dos circuitos de iluminação, a baixa iluminância e o consumo elevado de energia por um longo período de tempo nos ambientes e salas de aula da UTFPR, abre oportunidades para o estudo e implementação de formas mais eficientes de iluminação, como a aplicação da lâmpada e placa LED que possuem uma durabilidade muito superior as lâmpadas convencionais.

1.4 OBJETIVOS

Esta seção trata sobre os objetivos gerais e os objetivos específicos do projeto de avaliação e qualidade da iluminação atual da UTFPR-CT, campus centro.

1.4.1 Objetivo Geral

Analisar e propor uma modernização da iluminação das dependências da UTFPR-CT, campus centro.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar uma revisão bibliográfica, de artigos e dissertações já realizados na área, com relação à iluminação da UTFPR;
- Verificar a iluminação atual através de inspeção *in loco*, medição, confirmação dos dados via programa DIALux e percepção dos usuários, sendo esta última realizada através de uma pesquisa *online*;
- Propor uma modernização na iluminação atual, com tecnologia LED, para a fachada, ambientes internos e externos;
- Fornecer o ganho energético da modernização da iluminação;
- Propiciar um orçamento para a proposta da iluminação.

1.5 JUSTIFICATIVA

Pensando na cadeia de suprimento energético, a energia elétrica é uma das formas mais eficientes e convenientes de energia, indispensável como ponto estratégico no desenvolvimento social e econômico de um país. Assim, o combate ao desperdício de energia elétrica pode ser considerado uma fonte virtual de energia limpa. A energia economizada pode ser utilizada para diversos fins, na iluminação que faz parte da instalação elétrica global e não é considerado relevante em alguns projetos de instalação elétrica.

Um projeto luminotécnico adequado pode contribuir ambientalmente e, nos setores comercial e industrial, pode representar um ganho na produtividade, diminuindo os custos de produção, aumentando a competitividade e automaticamente os lucros, fortalecendo a economia (FILHO; PRADO, 2007).

A iluminação adequada também influencia no rendimento dos alunos e professores, logo é importante que seja atendida a norma que estabelece um valor mínimo de iluminância, onde se aplicam as luminárias LED, que além de trazer maior eficiência em iluminação, será rapidamente percebida a diminuição do consumo de energia elétrica mesmo com a alta demanda de utilização, devido à característica intrínseca das lâmpadas LED de consumirem uma potência menor do que outras lâmpadas existentes no mercado.

A escolha da lâmpada LED teve como principal preocupação a eficiência superior e o menor impacto ambiental onde um comparativo apresenta que, para a realização do descarte adequado de lâmpada fluorescente, o gasto gira em torno de R\$ 1,50 por lâmpada (PORTAL..., 2012). Por outro lado, a lâmpada LED, que não contém substâncias nocivas ao meio ambiente e a saúde dos seres humanos e de animais, não possui restrições ao descarte. Outra vantagem das lâmpadas LED é sua vida útil que chega a ser três vezes maior que a lâmpada fluorescente (lâmpada largamente utilizada pela UTFPR atualmente) normal de 32W e 40 W, reduzindo, assim, os gastos com manutenção na iluminação.

As marcas utilizadas nesse trabalho são: Philips e Brilia, pois são marcas renomadas no mercado nacional e mundial, que estão em processo de certificação de suas lâmpadas LED, além de seus produtos LED possuírem de 1 a 5 anos de garantia.

Todas essas vantagens na aplicação do LED no projeto de modernização da iluminação da instituição de ensino tornam justificável o estudo tanto economicamente como ambientalmente.

1.6 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS E ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho contará com o método de uma pesquisa tecnológica aplicada, a fim de propor uma modernização e economia no sistema de iluminação da UTFPR - CT. Contudo, inicialmente será necessário realizar uma pesquisa bibliográfica exploratória, por meio de artigos e dissertações, para o estudo dos seguintes assuntos: a lâmpada fluorescente (seu funcionamento, eficiência e danos à saúde e meio ambiente), o LED (seu funcionamento, tipo de LED, eficiência e danos à saúde e meio ambiente), assim como algumas definições básicas de iluminação e componentes ligados ao funcionamento das lâmpadas (*driver*, reatores, luminárias, fluxo luminoso, entre outros).

Durante a pesquisa bibliográfica, será realizada uma pesquisa de opinião com os alunos, professores, egressos e técnicos da instituição, via um formulário *online*¹ (disponível para consulta no Apêndice C), relacionado à iluminação atual dos ambientes da universidade, com o intuito de obter uma avaliação da percepção dos usuários quanto à qualidade e conforto da iluminação da instituição de ensino.

Após a realização da pesquisa bibliográfica, será realizada uma busca pelos projetos elétricos, projetos arquitetônicos e projetos de iluminação do campus sede no Departamento de Projetos e Obras (DEPRO) da UTFPR, para então haver uma coleta de dados quantitativa direta. Nesta etapa será feita uma comparação entre os projetos do DEPRO e a disposição atual das luminárias, disposição da infraestrutura, potência das lâmpadas, marcas utilizadas e horas utilizadas para então ser realizado um levantamento manual da iluminância dos ambientes a serem modernizados.

Para a simulação do sistema atual de iluminação e o sistema LED, serão utilizados os seguintes programas: Dialux e Dialux Evo.

Com base nos dados levantados manualmente e via *software* da iluminação atual, serão realizadas simulações nos programas citados para modernização da iluminação e adequação da mesma a partir da NBR ISO/CIE 8995-1:2013. Consequentemente, será apresentado um comparativo energético e econômico do sistema de iluminação atual e uma proposta de modernização da iluminação do campus sede, apontando as vantagens da modernização, tanto pelo lado econômico quanto ambiental.

Este Trabalho de Conclusão de Curso será composto das seguintes etapas:

¹ Link do formulário *online*: <https://goo.gl/forms/ZJDvm7BukrBuYOhx1>

- 1) Revisão Bibliográfica: levantamento do material bibliográfico sobre sistemas de iluminação e seus componentes;
- 2) Modelo de Avaliação de Iluminação: através de uma pesquisa *online* para saber a opinião dos usuários e de levantamento em campo da iluminação existente;
- 3) Simulação do Novo Projeto de Iluminação: através do programa DIALux foi realizado projetos nos locais em que o *retrofit* não é o suficiente para se adequar as normas e ter uma boa iluminação no ambiente;
- 4) Retorno de Investimento: avaliação do *payback* do projeto proposto para a modernização da iluminação do campus Curitiba.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITOS: GRANDEZAS FOTOMÉTRICAS

Para melhor entendimento deste trabalho, apresentaremos alguns termos relevantes encontrados no Manual de Iluminação, do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL, 2011):

- a) **Fluxo Luminoso (Φ):** medida em lúmen (lm), representa a energia emitida, em todas as direções, sob forma de luz.
- b) **Intensidade Luminosa:** medida em candela (cd), representa uma parcela do fluxo luminoso projetada em uma determinada direção.
- c) **Curva Fotométrica:** é a representação da intensidade luminosa em todos os ângulos em que ela é direcionada em um plano, conforme a Figura 1.

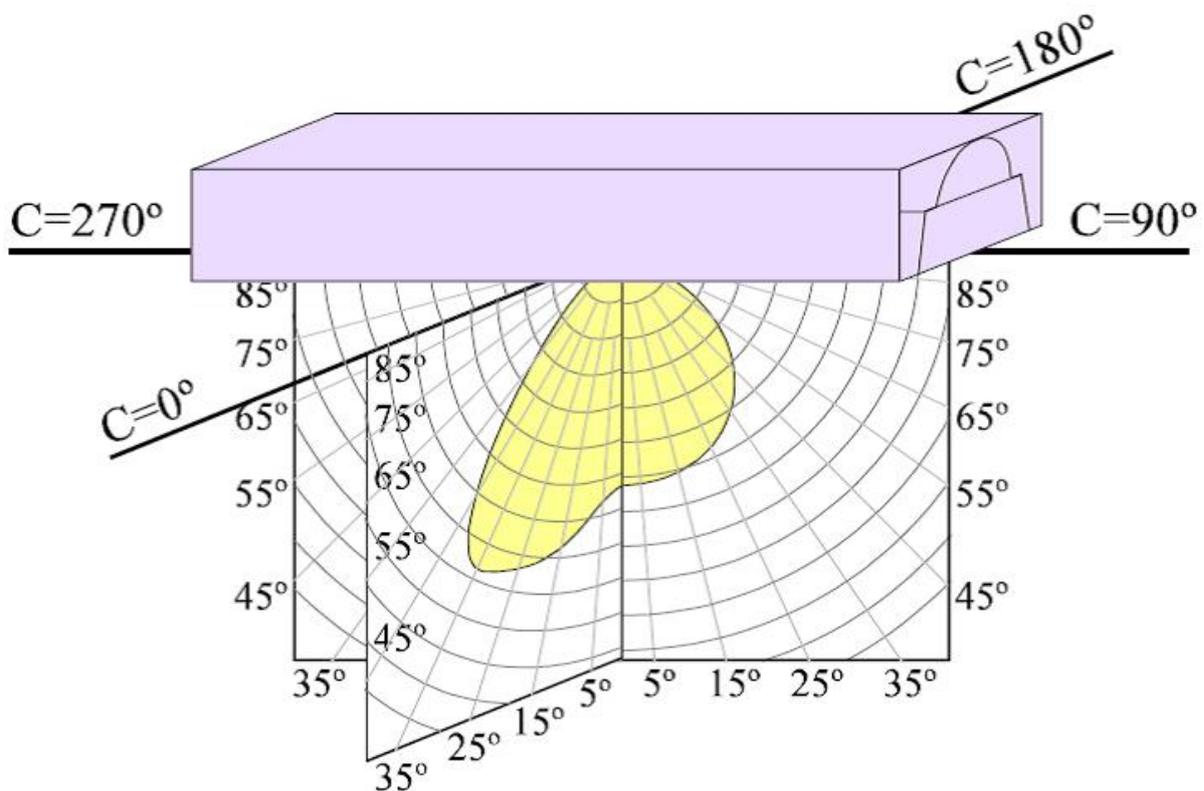


Figura 1 - Curva fotométrica de uma luminária

Fonte: Círculo Electricidad Chile, 2014. Disponível em:

<<http://circuloelectricidad.blogspot.com.br/2014/12/conceptos-de-iluminacion-curvas-y.html>>. Acesso em: nov. 2016.

- d) **Iluminância (E):** medida em lux (lx), é o fluxo luminoso que incide sobre uma superfície situada a certa distância da fonte. Ela é a relação entre a intensidade luminosa e o quadrado da distância, conforme a Figura 2.

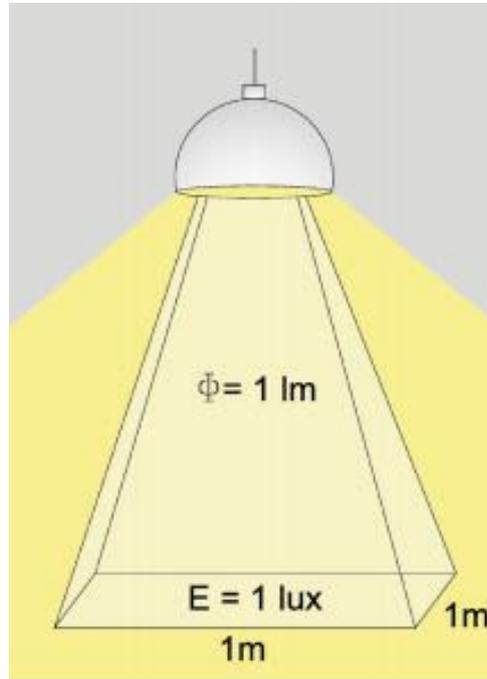


Figura 2 – Iluminância.
Fonte: PROCEL, 2011.

- e) **Índice de Reprodução de Cor (IRC):** indica a capacidade da lâmpada em reproduzir as cores dos objetos, correspondente entre a cor real e a que está sendo apresentada diante da fonte luminosa, isso pode ser verificado na Figura 3, onde se apresenta a diferença de IRC das lâmpadas. Esse índice tem como comparação a luz do sol que é considerado como índice de reprodução máximo.



Figura 3 - Diferença de IRC das lâmpadas.

Fonte: Empalux. Disponível em: < <http://www.empalux.com.br/?a1=l> > Acesso em: nov. 2016.

- f) **Temperatura de Cor:** é a grandeza que expressa a aparência de cor da luz, sendo sua unidade o Kelvin (K). Quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a cor da luz. Conforme a Figura 4 é apresentada a escala de temperaturas de cores típicas.



Figura 4 - Escala de temperatura de cor em Kelvin
Fonte: MAHER, 2016.

- g) **Ofuscamento:** é a sensação visual produzida por áreas brilhantes dentro do campo de visão, podendo ser direto (olhar direto para uma lâmpada) ou indireto (refletido por superfícies especulares).

2.2 LUZ E SAÚDE

“Quando a iluminação artificial é planejada, as necessidades dos usuários devem ser consideradas, uma vez que todos devemos nos sentir confortável em nosso entorno e apreciá-los e experimentá-los. A luz estimula-nos e faz uma contribuição significativa para a nossa saúde” (DIAL, 2016).

A luz é percebida por diferentes organismos por processos variados. No caso dos seres humanos, a luz contida no ambiente atinge células especiais existentes nos olhos e que são sensíveis a diferentes comprimentos de onda, e que reagem enviando ao cérebro sinais também variados, que denominamos ‘cores’.

Segundo Castrucci (2015), do departamento de Fisiologia da Universidade de São Paulo, durante a evolução das espécies, surgiram proteínas chamadas fotopigmentos – capazes de se ligarem a compostos derivados da vitamina A e responsáveis pela absorção de luz, os cromóforos. A mais importante família de fotopigmentos é a das opsinas, os cromóforos

ligados a estas, quando atingidas pela luz, tomam formas diferentes, assim, acionam um grande leque de eventos que traduzem a informação luminosa em sinais neurais. Nos animais, assim como no ser humano, a interpretação desses sinais leva à formação de imagens.

Com o avanço nas pesquisas e descobertas recentes na área de sensoriamento do sistema visual humano, que detecta os efeitos da luz e age na atividade neurocomportamental, preocupa-se em firmar normas e parâmetros, na arquitetura e na iluminação de ambientes, que estão intimamente ligados a saúde e bem-estar dos usuários, sem deixar de lado a influência nos aspectos do desempenho e do conforto visual.

De acordo com Dias (2007), a má iluminação em ambientes de estudo, trabalho e lazer, traz como principais efeitos: incomodidade, fadiga visual, erros e/ou enganos, os quais podem originar frustração pessoal, perdas de tempo, menos produtividade e danos materiais. A má qualidade da iluminação também pode ocasionar acidentes de diversos tipos, como traumatismos, ferimentos ou mesmo a morte. Doenças visuais também podem vir a surgir, ou complicações no grau da doença por falta de iluminação adequada.

Para Grandjean (1998), na realização de desempenhos visuais e para o conforto visual, as preocupações com algumas condições do ambiente são importantes, como: intensidade de iluminação, uniformidade das densidades luminosas no local, arranjo isento de ofuscamento das luminárias. As exigências da fisiologia para estas três condições são válidas tanto para a iluminação artificial quanto para a luz natural.

Outro ponto crucial é que a escolha da iluminação deve depender das cores usadas no ambiente, pois em locais onde são usadas cores predominantemente quentes, abaixo de 4000 K, é necessário o uso de iluminação intensa. Logo, em locais onde a realização da tarefa exige muita concentração, é recomendável o predomínio de cores mais frias, igual ou acima de 4000 K, como os tons suaves do azul, do verde e do turquesa. A iluminação natural é recomendável para quem realiza trabalhos que exigem uma visão apurada, pois a luz natural é menos cansativa, permite que as pessoas percebam mais claramente os detalhes. Caso o tipo de tarefa exija uma iluminação mais forte, o ambiente precisa ter cores fracas.

Cláudia Rioja de Aragão Vargas (2016), em seu artigo denominado “Os Impactos da Iluminação: Visão, Cognição e Comportamento”, acrescenta que, a percepção da luz, e os aspectos ligados aos níveis de iluminamento e distribuição da luz nos ambientes contribuem para a distribuição das pessoas e dos grupos em função de personalidades, tarefas e ambiente. Um exemplo claro desta afirmação que liga a relação da luz com a aproximação entre pessoas e pessoas-ambiente são os locais destinados à alimentação fora do lar, onde baixos índices de iluminamento e temperatura de cor baixa estão presentes em ambientes mais aconchegantes,

como os serviços *à la carte*. De forma diferente, estão os *fast foods* que propõem agilidade no serviço e fluxo rápido de pessoas, razão esta que se encontra nestes locais um nível de iluminamento e temperatura de cor mais alta.

Desta forma, a qualidade da iluminação está intimamente ligada à saúde e o bem-estar das pessoas, pois um ambiente bem iluminado e com características adequadas para o seu ambiente, influenciam no humor, no conforto, no desempenho e no nível de satisfação das pessoas de estarem em um determinado ambiente.

2.3 LUZ NATURAL

Segundo Hybiner (2015), estudos comprovam que o ser humano através do seu relógio biológico é favorecido pelos estímulos naturais recebidos da luz do dia em seu ambiente de trabalho, estudo ou lazer, proporcionando a ele uma sensação de bem-estar e diversos benefícios para a saúde, incluindo aspectos fisiológicos, psicológicos e socioeconômicos. Um importante efeito benéfico que a iluminação natural traz, e que está ligado a um aspecto psicológico, é o aumento do interesse por um determinado ambiente, pois a visão humana desenvolveu-se com a luz natural, logo, a constante variabilidade da quantidade de luz, e as constantes mudanças de cores e contrastes que ela proporciona no tempo e no espaço, faz com que o ambiente naturalmente se torne mais atrativo e estimulante (GARROCHO, 2005).

Pereira et al. (2005) afirmam que as condições de iluminação natural não são de boa qualidade porque existe uma dificuldade imposta pela integração da luz natural ao projeto que se resume no entendimento do fenômeno, algo necessário para tratar a iluminação natural como princípio organizador de projeto, pois somente com a valorização da luz natural nos projetos arquitetônicos que se conduzirá a um projeto com qualidade satisfatória.

Robbins (1986) classificou os tipos de luz natural a partir de oito categorias, conforme Figura 5: a) iluminação lateral; b) zenital horizontal; c) angular; d) solar direta; e) indireta; f) átrio; g) reentrâncias e poço de luz; h) a combinação das citadas anteriormente.

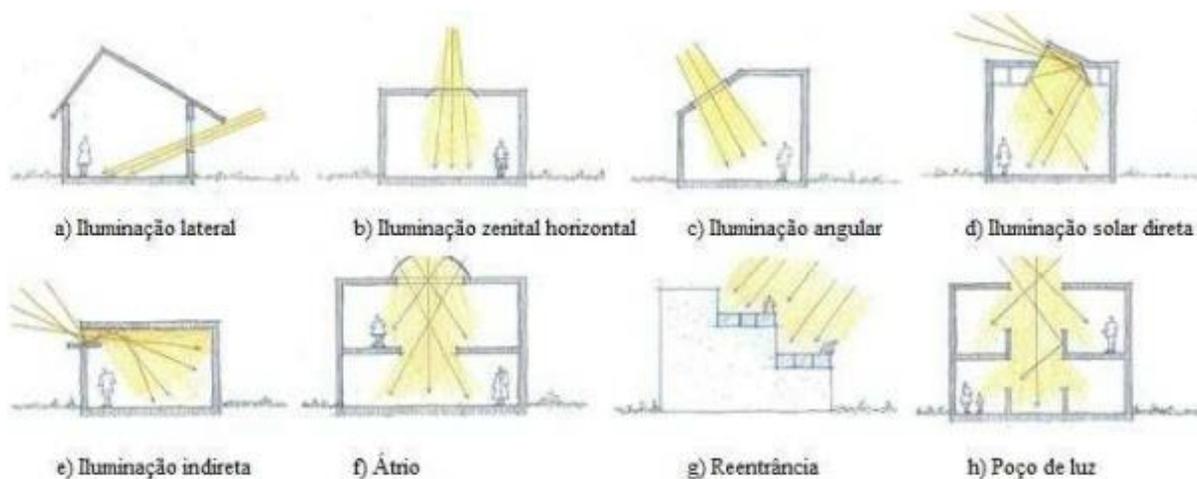


Figura 5 - Esboços esquemáticos para os conceitos de utilização de iluminação natural, segundo a classificação de Robbins
Fonte: PEREIRA, 1995.

Segundo Oliveira (2013), a intensidade e a distribuição da luz no ambiente interno dependem de fatores como: disponibilidade de luz natural, obstrução externas; posição e detalhamento de aberturas verticais e horizontais; tamanho e geometria do ambiente; capacidade refletiva das superfícies internas.

Hybiner (2015) acrescenta que entre os principais fatores determinantes da disponibilidade da luz natural, o autor destaca algumas que serão citadas a seguir:

- a) **Latitude:** determina os ângulos de incidência solar e o período de permanência acima do horizonte em um determinado local;
- b) **Clima:** determina a configuração básica das condições de céu predominante. A IEA (International Energy Agency) estabelece três tipos básicos de céu: céu claro, parcialmente encoberto e encoberto.
- c) **Orientação:** quando o plano vertical da fachada é direcionado para a região do céu onde o sol realiza sua trajetória, esta área estará submetida a maiores níveis de intensidade luminosa, durante um período maior do dia.
- d) **Condições morfológicas:** Obstruções causadas por edifícios, vegetação, outros elementos que alteram significativamente a disponibilidade de luz natural no interior da edificação.

Majoros (1998) destaca quatro pontos positivos da luz natural, são eles:

- 1) Qualidade da iluminação obtida é melhor, pois a visão humana desenvolveu-se com a luz natural;
- 2) A constante mudança da quantidade de luz natural é favorável, pois proporciona efeitos estimulantes nos ambientes;

- 3) A luz natural permite índices mais altos de iluminância, se comparados à luz artificial;
- 4) Um bom projeto de iluminação natural pode fornecer a iluminação necessária durante 80% a 90% das horas de luz diária, permitindo uma enorme economia de energia.

Deste modo, não levar em consideração o potencial energético da luz natural em projetos arquitetônicos resulta na dependência excessiva de sistemas artificiais de iluminação, durante o período diurno, gerando desperdício de energia elétrica.

2.4 DISPOSITIVOS DE CONTROLE

Dispositivos de controle são equipamentos cujo objetivo é dar início a partida das lâmpadas de descarga e realizar o controle do fluxo de corrente em seu circuito. Esses dispositivos são conhecidos no mercado como: Starters, reatores, ignitores e drivers.

2.4.1 Starters

Segundo Oliveira e Lopes (2013), Starters (Figura 6), também conhecidos como disparadores, são dispositivos compostos por um bulbo com dois eletrodos internos e imersos em gás inerte. Sua finalidade é gerar um pulso de tensão capaz de desencadear a ignição da lâmpada. Quando o Starter é submetido a uma descarga elétrica, ele se aquece e fecha o circuito, através de lâminas bimetálicas da lâmpada que está inserida ao mesmo circuito, permitindo a passagem de corrente, que esquenta os eletrodos da mesma. Assim que a descarga é finalizada, as lâminas são resfriadas e o circuito é aberto. Com a abertura desse contato, ocorre uma sobretensão que fecha novamente o circuito no interior da lâmpada. Com tensão entre os eletrodos, ocorre o deslocamento de elétrons pelo filamento da lâmpada e o seu devido funcionamento.



Figura 6 – Starter.
Fonte: Phillips, 1981.

2.4.2 Reatores

Reatores são dispositivos que tem por finalidade estabilizar a corrente elétrica de uma lâmpada de descarga e fornecer características elétricas adequadas. Analisando o circuito elétrico de uma lâmpada, podemos representar os reatores como sendo reatâncias em série com esta, que podem ser classificadas em dois tipos: eletromagnéticos e eletrônicos. Os eletromagnéticos, segundo Oliveira e Lopes (2013), são constituídos de um núcleo de lâminas de aço soldadas entre si e associadas a uma bobina de fio de cobre ou formado por um núcleo de ferro com um enrolamento de cobre e ligado em paralelo a um capacitor. Esse tipo de reator é caracterizado pela sua alta durabilidade, porém, com um peso muito grande, tornando sua instalação penosa.

Já os reatores eletrônicos (Figura 7) são constituídos por componentes eletrônicos, sendo eles capacitores, resistores, indutores, circuitos integrados, etc. Por apresentarem componentes indutivos e capacitivos, os reatores eletrônicos podem ser operados em altas frequências, o que os tornam mais eficientes, pois produzem maior fluxo luminoso com uma menor potência (OLIVEIRA; LOPES, 2013).



Figura 7 - Reator eletrônico.
Fonte: Phillips, 1981.

2.4.3 Ignitores

Os ignitores são dispositivos encontrados em lâmpadas de vapor metálico e de vapor de sódio, que atuam gerando uma sequência de pulsos de tensão com o intuito de gerar uma descarga, onde tão logo o início do processo de acendimento da lâmpada o ignitor deixa de emitir pulsos. Um exemplo de ignitor pode ser vista na Figura 8.



Figura 8 – Ignitor.
Fonte: Philips,1981.

2.4.4 Drivers

Os drivers (Figura 9) transformam a corrente alternada em corrente contínua, para que os módulos de LED possam se acender. Alguns drivers podem ser DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*), conseguindo regular o fluxo dos LEDs, fazer cenas e aproveitar a luz do dia através de uma programação.

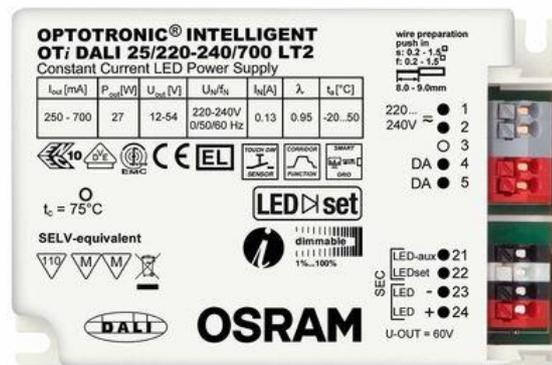


Figura 9 - Driver DALI.
Fonte: Osram, 2016.

2.5 LÂMPADAS E LUMINÁRIAS

Atualmente, existem no mercado diversos tipos de lâmpadas comercializadas, sendo algumas delas: halógenas, fluorescentes tubulares, fluorescente compacta, vapor de sódio, vapor de mercúrio, mista, vapor metálico e as lâmpadas LED. Neste trabalho iremos focar mais nas lâmpadas fluorescentes, pelo motivo da UTFPR utilizar em larga escala este tipo de lâmpada em suas instalações. Na Tabela 1, há um comparativo entre potência, fluxo luminoso,

eficiência luminosa, vida útil, índice de reprodução de cor (IRC) e temperatura de cor, com as principais lâmpadas no mercado.

Tabela 1 - Comparação com os principais tipos de lâmpada existentes no mercado

		Potência (W)	Fluxo Luminoso (lm)	Eficiência (lm / W)	Vida Útil (h)	IRC (%)	Temperatura da Cor (K)		
T I P O S D E L Â M P A D A S C O M U N S N O M E R C A D O	D E D E S C A R G A	Halógena	42	730	17	2.000	100	2700	
			70	1.300	19	2.000	100	2700	
	L E D	D E D E S C A R G A	Fluorescente Tubular	14	1.350	96	20.000	85	3000 a 6500
				16	1.200	75	15.000	70 a 85	3000 a 5000
				28	2.600	93	20.000	85	3000 a 6500
				32	2.400	75	15.000	66 a 85	3000 a 5000
				36	3.350	93	8.000	80 a 90	2700 a 6500
				40	3.150	78	8.000	70 a 80	2700 a 6500
				54	4.250	79	20.000	85	3000 a 6500
				110	7.600	69	7.500	70	5000
		D E D E S C A R G A	Fluorescente Compacta	8	410	51	6.000	80	2700 a 6500
				12	665	55	6.000	80	2700 a 6500
				15	840	56	6.000	80	2700 a 6500
				18	1.100	61	6.000	80	2700 a 6500
				23	1.352	59	6.000	80	2700 a 6500
				45	2.800	62	6.000	80	2700 a 6500
				65	4.000	62	6.000	80	2700 a 6500
		D E D E S C A R G A	Vapor de Sódio	70	5.500	79	24.000	25	2000
				100	8.550	86	24.000	25	2000
				250	26.300	105	24.000	25	2000
				400	47.000	118	24.000	25	2000
		D E D E S C A R G A	Vapor de Mercúrio	80	3.700	46	9.000	< 49	4100
				125	6.200	50	9.000	< 49	4100
				250	12.700	51	9.000	< 49	4100
				400	22.000	55	9.000	< 49	4100
		D E D E S C A R G A	Mista	160	3.150	20	8.000	< 65	3100
				260	5.500	21	8.000	< 65	5500
		D E D E S C A R G A	Vapor Metálico	250	19.000	76	20.000	65	4000 a 6000
				400	32.000	80	20.000	65	4000 a 6000
				1000	85.000	85	20.000	65	4000 a 6000
	2000			183.000	92	20.000	65	4000 a 6000	
	L E D	LED Bulb	7	600	86	25.000	> 80	3000 a 6500	
9			806	90	25.000	> 80	3000 a 6500		
10			1.055	111	25.000	> 80	3000 a 6500		
14			1.510	112	25.000	> 80	3000 a 6500		
LED Tubular		8	800	107	25.000	> 80	4000 a 6500		
		10	1.050	105	25.000	> 80	3000 a 6500		
		13	1.600	123	25.000	> 80	4000 a 6500		
		18	2.100	117	25.000	> 80	3000 a 6500		

Fonte: Philips, 1981.

2.5.1 Lâmpadas Fluorescentes

São lâmpadas de descarga de baixa pressão, criadas na década de 40, possuem um bulbo revestido internamente por um material fluorescente e seu meio interno é constituído por vapor de mercúrio. Possui aplicação em praticamente todos os campos de iluminação. Na Figura 10, podemos observar a estrutura interna de uma lâmpada fluorescente tubular.

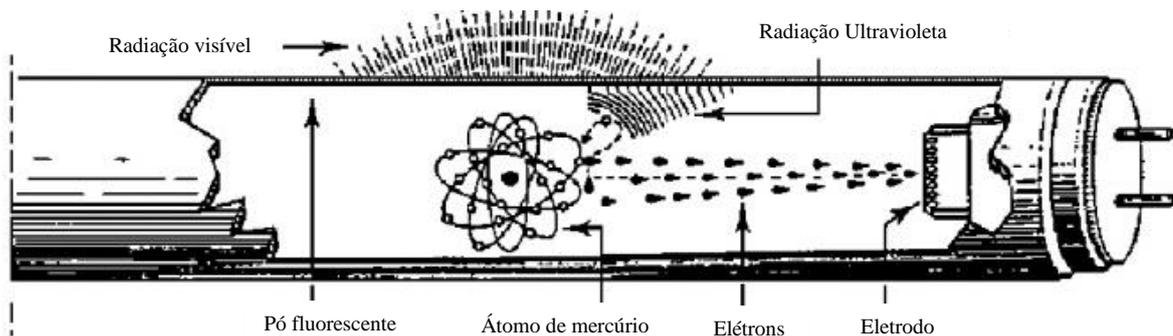


Figura 10- Estrutura interna de uma lâmpada fluorescente tubular.
Fonte: USP, 2016.

Segundo Fiorini (2006), o fósforo utilizado na superfície do tubo de descarga para transformação da radiação ultravioleta em radiação visível passou por um processo de aprimoramento tecnológico, sendo utilizado atualmente um componente químico conhecido como trifósforo, que possui uma eficiência luminosa muito maior que a obtida com o fósforo comum, chegando a níveis de 100 a 104 lúmen/watt.

Com o aumento do seu rendimento, a utilização do trifósforo e a sua dopagem fez com que essas lâmpadas fluorescentes, obtivessem uma temperatura de cor variando de 2700K a 6500 K (FIORINI, 2006). Logo, o projetista do sistema de iluminação além de definir o tipo de luminária a ser empregado, precisa também se atentar a tonalidade da cor mais indicada para aquele ambiente.

Porém, de acordo com Oliveira e Lopes (2013), as lâmpadas fluorescentes possuem em sua composição mercúrio, metal altamente tóxico e de volatilidade elevada em condições normais de temperatura e pressão, sendo uma lâmpada que representa um alto grau de periculosidade e risco ambiental. Outro problema é que, por necessitarem de equipamentos auxiliares para seu acionamento (reatores, starter, etc.), esse sistema de iluminação é muito susceptível a manutenção, exigindo uma rotina de manutenção adequada e muitas vezes onerosa. Sua implementação também fica limitada a locais que não utilizam sistemas de sensores de presença, pois de acordo com a Professora Minéia Johann Scherer (2016) do

Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), a vida média de uma lâmpada fluorescente é dada para oito acendimentos diários.

As lâmpadas fluorescentes tubulares comercializadas no Brasil são do tipo T5, T8, T10 e T12. Essa letra T seguida de um número representa o diâmetro do tubo, onde uma lâmpada fluorescente T5 possui 16 mm, uma T8 26mm, uma fluorescente T10 possui 33,5 mm, já uma do tipo T12 tem um diâmetro de 38mm. Com o avanço tecnológico, surgiram lâmpadas fluorescentes com menor diâmetro, o que permite que ocupem uma área menor na luminária, porém gerando quantidades semelhantes de fluxo luminoso. Na Figura 11, podemos observar tecnologias de lâmpadas fluorescentes tubulares de menor diâmetro rendendo mais por permitir maior área de reflexão dentro das luminárias.

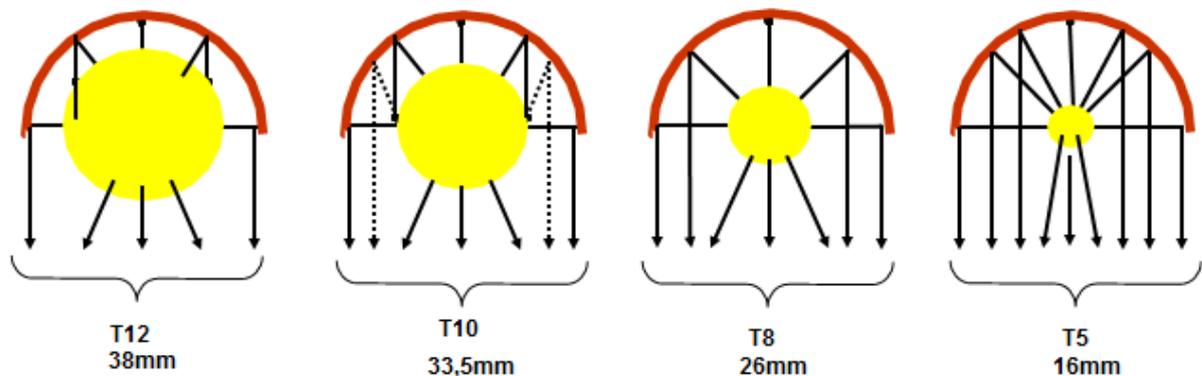


Figura 11- Lâmpadas fluorescentes de diferentes diâmetros.
Fonte: ConstruindoDecor , 2016.

2.5.2 Tecnologia LED

O LED é um componente eletrônico semicondutor que transforma energia elétrica em luz. Scopacasa (2008) informa que a invenção da tecnologia se deu pela descoberta do LED de baixa intensidade luminosa na cor vermelha, utilizado para indicação de *status* de ligado ou desligado em um painel, em 1963, por Nick Holonyac. Em meados dos anos 80, com a tecnologia AlInGaP, os LEDs conseguiram atingir níveis de intensidade luminosa altos, permitindo o processo de substituição de lâmpadas automotivas. Nos anos 90, surgiu o primeiro LED de potência Luxeon, revolucionando a tecnologia, pois apresentava um fluxo luminoso e 110° de ângulo de emissão.

Na figura 12, podemos ver com detalhes, alguns componentes que compõem um LED de potência.

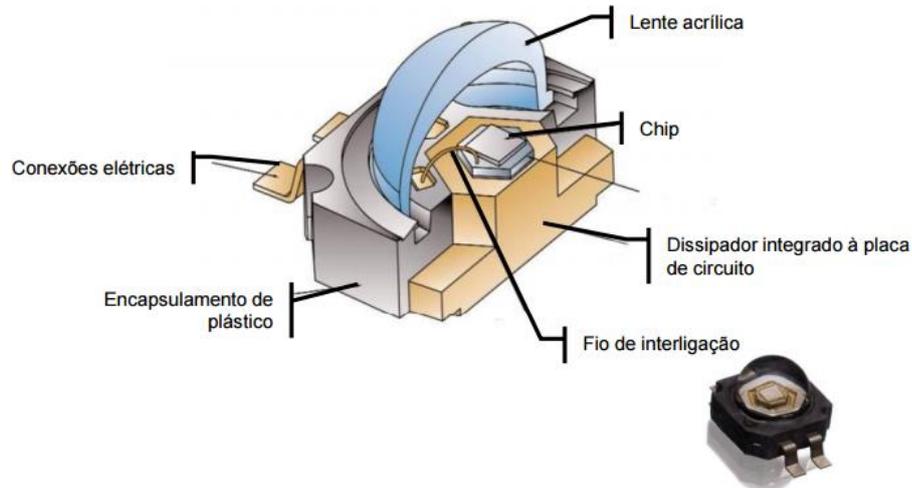


Figura 12 - Estrutura de um LED de potência.
Fonte: Philips, 2016.

Os LEDs se tornaram aliados do meio ambiente, pois se comparado com as lâmpadas tradicionais, eles possuem um baixo consumo de energia, não emitem radiação UV ou IR, não contém mercúrio ou outros materiais pesados, maior vida útil, custos de manutenção reduzidos, em função de sua longa vida, melhor controle óptico, controle dinâmico da cor, entre outros (SCOPACASA, 2008).

Na figura 13, temos um comparativo de eficiência luminosa e vida útil em horas, assim como a evolução das lâmpadas tubulares, onde em um sistema com lâmpada fluorescente e um sistema com lâmpada LED, o sistema com lâmpada fluorescente tem perdas por refletividade, perdas pela absorção do refletor, perdas pela sombra da própria lâmpada e perdas pelos raios de luz que não atingem o refletor, pois a lâmpada fluorescente emite luz em 360°.



Figura 13 - Evolução das lâmpadas tubulares
Fonte: Philips, 2016.

Assim, a eficiência do sistema será entre 40% e 90%, dependendo do diâmetro da lâmpada utilizada. Já com um sistema LED, não haverá as perdas como no sistema anterior, pois o ângulo de abertura de uma lâmpada LED é em torno de 150°, tornando a eficiência deste sistema em 100%, conforme a Figura 14.

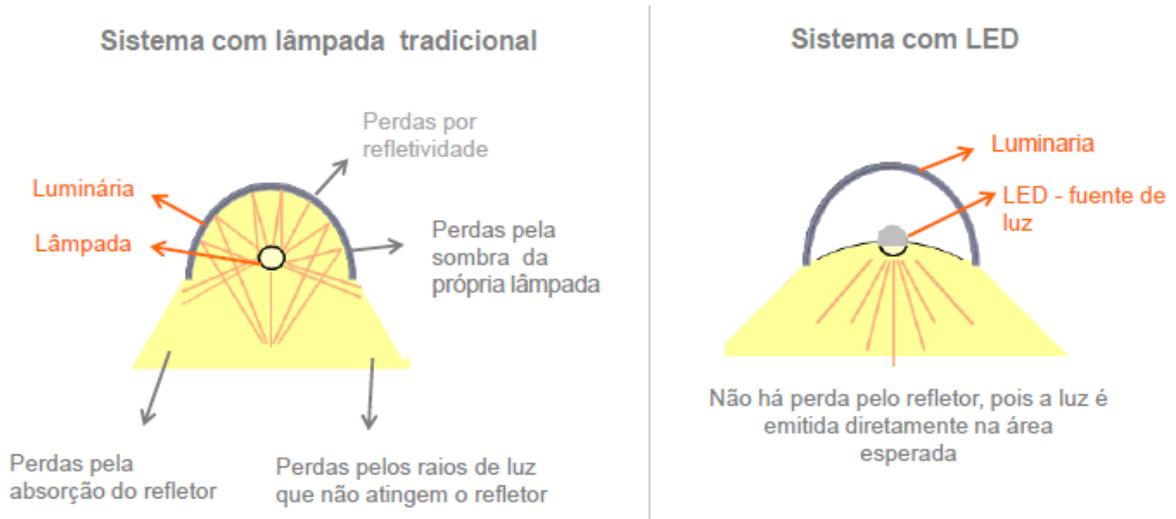


Figura 14 - Diferença entre o sistema fluorescente e sistema com LED
Fonte: Osram 2016.

Contudo, a tecnologia LED também tem desvantagens, pois possui alta sensibilidade a agente de intempéries, uma alta sensibilidade à corrente de alimentação e há a necessidade de uma boa dissipação de calor do sistema (pois LEDs geram calor, mas não o irradiam), para que a vida útil longa seja garantida. Na Tabela 2, podemos ver um comparativo de características relevantes para um sistema de iluminação, levando em consideração tecnologia LED e outras fontes convencionais.

Tabela 2- Comparativo entre fontes convencionais e LED

LEDs vs fontes convencionais				
	LED	Incandescente	Fluorescente	Vapor Metálico
Luz visível	25 – 45%	8%	21%	27%
IR	~ 0%	73%	37%	17%
UV	0%	0%	~ 0%	19%
Calor	55 – 75%	19%	42%	37%

Fonte: Philips, 2016.

2.5.3 Luminárias

Luminárias são aparelhos que tem por objetivo fixar lâmpadas, sendo capazes de modificar o fluxo luminoso para atividades específicas, e que tenham um aspecto agradável ao observador e usuário, possibilitando também uma fácil instalação e manutenção.

Para escolha da luminária utilizada na iluminação de um determinado ambiente é essencial a realização de uma verificação de sua eficiência e do seu coeficiente de utilização (GHISI, 1997).

Segundo manual de iluminação Philips (1981), a eficiência de uma luminária determina a relação entre a quantidade da luz total emitida por ela e a luz total geradas pelas lâmpadas. Deste modo, uma luminária adequada para um determinado recinto precisa combinar eficiência, controle de ofuscamento e distribuição de luz compatível com o ambiente a ser iluminado.

De acordo com Fiorini (2006), luminárias para iluminação interna estão classificadas de acordo com o percentual de luz que é dirigida diretamente ao plano de trabalho e a porcentagem do fluxo que é emitido em oposição ao plano de trabalho.

Na Tabela 3, apresenta-se a classificação de luminárias de acordo com a distribuição de seu fluxo luminoso.

Tabela 3 - Classificação das lâmpadas de acordo com a distribuição do Fluxo Luminoso

Classe da luminária	Fluxo Luminoso Emitido	
	Para Cima	Para baixo
Direta	0 - 10 %	90 - 100 %
Semi-direta	10 - 40 %	60 - 90 %
Geral-difusa	40 - 60 %	40 - 60 %
Direta-indireta	40 - 60 %	40 - 60 %
Semi-indireta	60 - 90 %	10 - 40 %
Indireta	90 - 100 %	0 - 10 %

Fonte: Philips, 1981.

Oliveira e Lopes (2013) classificam a direção do fluxo luminoso nas luminárias de forma direta, indireta, semi-direta, semi-indireta, difusa:

- a) **Diretas:** Quando o fluxo luminoso é dirigido de forma direta para o plano de trabalho, como exemplo: Spots.

- b) **Indireta:** O fluxo luminoso é direcionado opostamente ao plano de trabalho, como exemplo podemos citar luminárias aplicadas em funções decorativas.
- c) **Semi-direta:** Parte do seu fluxo luminoso é dirigido de forma direta ao plano de trabalho e a outra parte é voltado ao mesmo, porém na forma de reflexão.
- d) **Semi-indireta:** Parte do fluxo chega ao plano de trabalho por meio indireto e outra parte diretamente.
- e) **Difusa:** Quando o fluxo luminoso apresenta intensidades iguais em todas as direções.

A Figura 15 ilustra as classificações do fluxo luminoso.

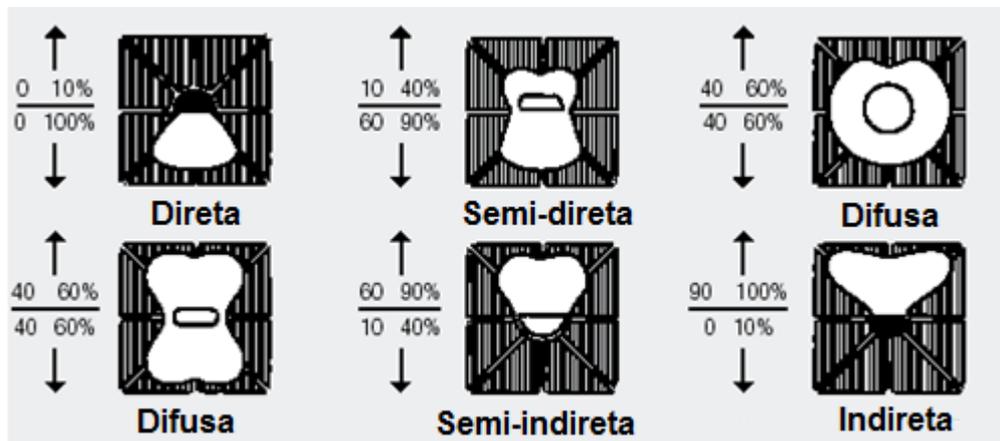


Figura 15- Classificação do fluxo luminoso.
Fonte: Oliveira e Lopes (2013).

3 MODELO DE AVALIAÇÃO DE ILUMINAÇÃO

3.1 LUZ EM AMBIENTES DA UNIVERSIDADE

As características positivas de uma construção estão relacionadas com os parâmetros físicos das edificações e fatores psicológicos dos seres humanos. Reis e Lay (2006) definem que uma edificação deve ser projetada e construída, levando em conta características físico-espaciais que atendam às necessidades de seus usuários. Com relação à iluminação, pode-se afirmar que é considerada adequada quando o ambiente atende aos seguintes aspectos:

- Cria boas condições para visualização;
- Fornece suporte para o desempenho de atividades;
- Fornece a desejável interação e comunicação entre usuários do espaço;
- Contribui para modos situacionalmente apropriados;
- Prove boas condições para a saúde do usuário;
- Contribui para a apreciação estética do espaço.

A qualidade da iluminação está vinculada a três fatores chave: ambiência, conforto visual e ao desempenho proporcionado pela luz aos usuários da edificação construída. Na Figura 16, podemos ver uma imagem que ilustra os fatores relatados acima.

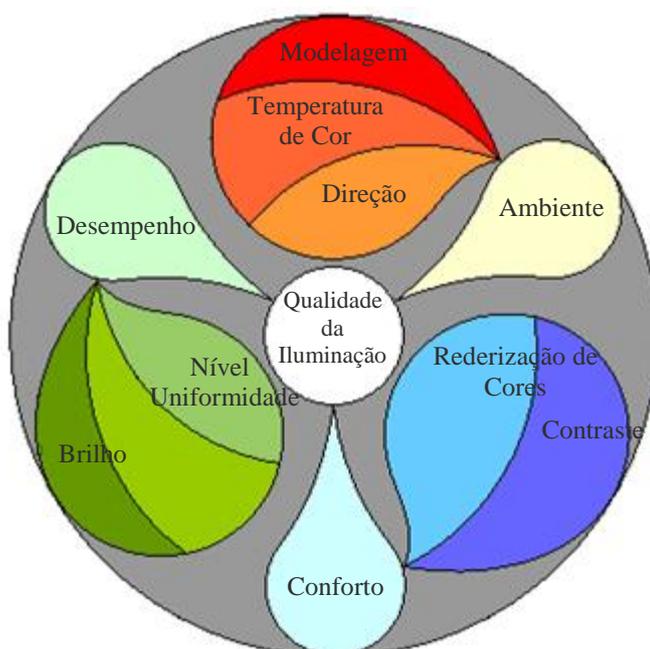


Figura 16 - A qualidade da iluminação depende de fatores como: ambiência, desempenho e conforto.

Fonte: Disponível em: <<http://new-learn.info/packages/clear/visual/people/index.html>>. Acesso em: outubro /2016.

Tratando-se de ambientes acadêmicos, uma boa visão do quadro e plano de trabalho é muito importante, mas existem outros efeitos não visuais que são determinantes no processo de aprendizagem, como a produtividade e o aumento da atenção. Segundo a IDAE (2001), as iluminações dos ambientes educacionais precisam estar equipadas com sistemas que proporcionam um ambiente visual confortável e adequadas às diversas atividades que serão desenvolvidas em cada uma das unidades que compõem o estabelecimento de ensino.

IDAE (2001) ainda salienta a importância de que a iluminação seja sensível às necessidades psicológicas e emocionais dos alunos e professores, proporcionando um ambiente de estudo agradável e atraente, reforçando sentimentos de espaço, delineando áreas de diferentes funções, induzindo e estimulando aprendizagem.

De acordo com as normas NBR ISO/CIE 8995-1:2013 e INTERNATIONAL LIGHTING HANDBOOK (IESNA, 2000), existem três fatores básicos de desempenho que devem ser levados em consideração no projeto de iluminação de ambientes educacionais, satisfazendo alguns aspectos quantitativos e qualitativos exigidos:

- a) **Níveis adequados de iluminância:** É recomendado pela norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013 e pelo FUNDESCOLA (2002) um valor de iluminância igual a 500 lux no plano de trabalho e de 300 lux no entorno imediato. A IESNA (2000) recomenda de 300 – 500 lux as iluminância das salas de aula. Vale ressaltar que a janela é um meio de entrada de luz natural, deste modo, existem algumas recomendações do regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações comerciais, de serviços públicos (RTQ-C) ELETROBRÁS/PROCEL(2013) e FUNDESCOLA (2002) que relacionam a área da abertura da janela em relação a área do piso. A Figura 17 ilustra a representação dos feixes de da iluminação no plano de trabalho.

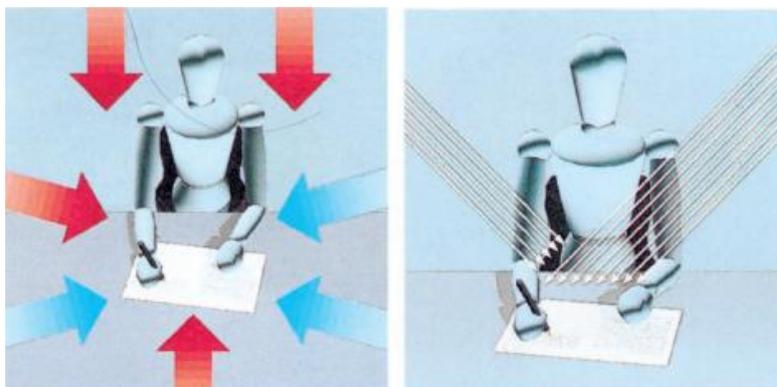


Figura 17 - Representação dos feixes de lux (vetores) no plano de trabalho
Fonte: IDAE, 2001.

A Tabela mostra a relação da área de abertura em relação ao piso.

Tabela 4 - Relação entre área da abertura e área do piso

	Área da abertura / Área do piso
RTQ – C	1/8 da área do piso
FUNDESCOLA	1/4 da área do piso

Fonte: FUNDESCOLA, 2002; ELETROBRÁS/PROCEL, 2013.

A refletância das superfícies pode afetar a quantidade de iluminação, trazendo ou não, para níveis de iluminação exigidos em um espaço interior.

A IESNA (2000) recomenda que as refletâncias:

- **Paredes, quadros e lousas**, devem ter superfícies não especulares ou seja, todos os raios que incidirem com a mesma direção serão refletidos com o mesmo ângulo, e iluminância de pelo menos metade das do teto: 40 a 60%;
- **Teto** deve ser reflexivo (branco) e não especular. Refletância de 70 – 90%;
- **Pisos** também devem ser não especulares: 30 – 50%.

Na NBR ISO/CIE 8995-1:2013, as faixas de refletâncias úteis para as superfícies internas mais importantes são:

- **Paredes:** 30 – 80%;
- **Teto:** 60 – 90%;
- **Plano de trabalho:** 20 – 60%;
- **Piso:** 10 – 50%.

Logo abaixo, podemos ver ilustrado na Figura 18 os níveis de refletância recomendada para salas de aula.

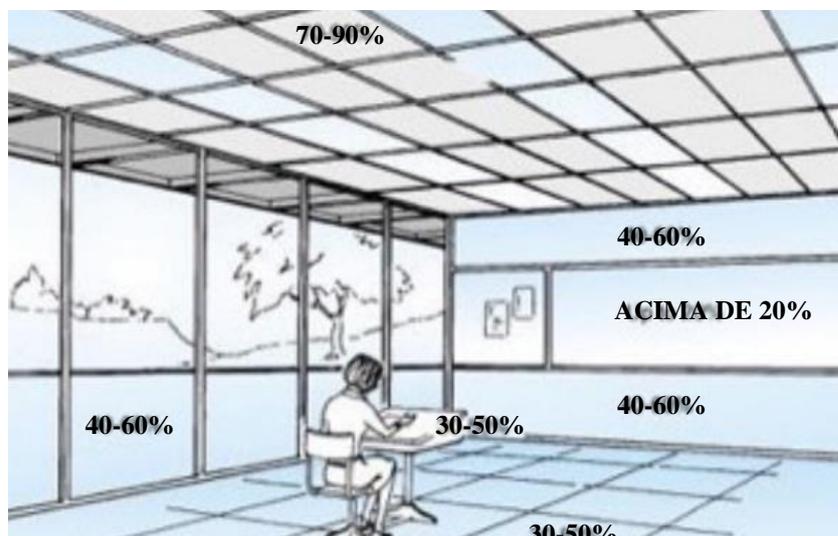


Figura 18 - Refletância recomendada para superfícies em salas de aula.
Fonte: IESNA, 2000.

b) Ausência de ofuscamento: Para IESNA (2000), o brilho de diversas superfícies no campo normal da visão precisa ser mantido dentro dos limites aceitáveis para o bom desempenho visual e o conforto da visão, logo em uma sala de aula, a iluminância das superfícies não deverá ser muito diferente daquela da tarefa visual. A luminosidade de qualquer plano visto diretamente não poderá ser maior do que cinco vezes a luminosidade da tarefa (IESNA, 2000). A mudança do olhar do caderno para o quadro deverá acontecer de modo que o tempo de adaptação da visão seja o menor possível, ou seja, é necessário um período de tempo para o olho ajustar-se à nova situação (IESNA, 2000).

A partir disto, as salas e laboratórios da UTFPR–CT foram analisados quanto a fatores básicos de desempenho da luz que abordam aspectos quantitativos como o nível de iluminância, para assim projetar a iluminação adequada a cada ambiente, respeitando as normas vigentes relacionadas a ambientes educacionais, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Planejamento das áreas, tarefas e atividades com a especificação da iluminância

(continua)

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	Ēm (lux)	Ra	Observações
1. Áreas gerais da edificação			
Áreas de circulação e corredores	100	40	Nas entradas e saídas, estabelecer uma zona de transição, a fim de evitar mudanças bruscas.
Escadas, escadas rolantes e esteiras rolantes	150	40	
Refeitório / Cantinas	200	80	
Salas para exercícios físicos	300	80	
Vestiários, banheiros, toaletes	200	80	
Enfermaria	500	80	
Salas para atendimento médico	500	90	
Quadros de distribuição	500	80	
Laboratórios	500	80	
Teatros e salas de concerto	200	80	
26. Bibliotecas			
Estantes	200	80	
Área de leitura	500	80	
Bibliotecárias	500	80	
28. Construções educacionais			
Salas de aula, salas de aulas particulares	300	80	Recomenda-se que a iluminação seja controlável.
Salas de aulas noturnas, classes e educação de adultos	500	80	
Quadro negro	500	80	Prevenir reflexões especulares.
Salas de arte e artesanato	500	80	

(conclusão)

Salas de desenho técnico	750	80	
Salas de ensino de computador	500	80	Para trabalho com VDT, ver 4.10.
Salas comuns de estudantes e salas de reunião	200	80	
Sala dos professores	300	80	
Sala de esportes, ginásios e piscinas	300	80	Para as instalações de acesso público, ver CIE 58 - 1983 e CIE 62 - 1984.

Fonte: NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

3.2 PROGRAMA PARA CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

“A luz é parte integrante da arquitetura, cuja estrutura interna e externa, elementos de construção e materiais colocam grandes demandas na luz. Algumas dessas exigências podem ser atendidas à luz do dia, outras só podem ser cumpridas com luz artificial” (DIAL, 2016).

Para a realização do cálculo luminotécnico serão utilizados *softwares* livres, desenvolvidos na Alemanha pela empresa DIAL, cujos nomes são DIALux 4 e DIALux EVO, utilizados como ferramentas de projeto por mais de 600.000 profissionais da área de iluminação em todo o mundo, atendendo os requisitos de iluminação moderna e cálculo de iluminação (DIAL, 2016).

Com esses programas é possível projetar, calcular (através de uma mistura dos métodos de cálculo ponto a ponto e método das cavidades zonais), e visualizar os resultados da luz através de cores falsas, em 3D, e resultados ponto a ponto, em 2D, de ambientes separados (sala, quartos, laboratórios, edifícios, entre outros) e cenas ao ar livre (fachada, ruas, quadras externas, entre outros), utilizando catálogos eletrônicos dos principais fabricantes de luminárias e lâmpadas.

3.3 PERCEPÇÃO DA ILUMINAÇÃO PELO USUÁRIO

Através de uma pesquisa realizada *online* (APÊNDICE C - PESQUISA ONLINE: ILUMINAÇÃO UTFPR-CENTRO), com duração de dois meses, 761 pessoas entre alunos, egressos, professores e técnicos administrativos responderam questões referentes à atual iluminação na UTFPR-CT, campus centro, como: “A iluminação influência no rendimento acadêmico?”.

O Gráfico 1 é referente à distribuição de cargos das pessoas que responderam à pesquisa.

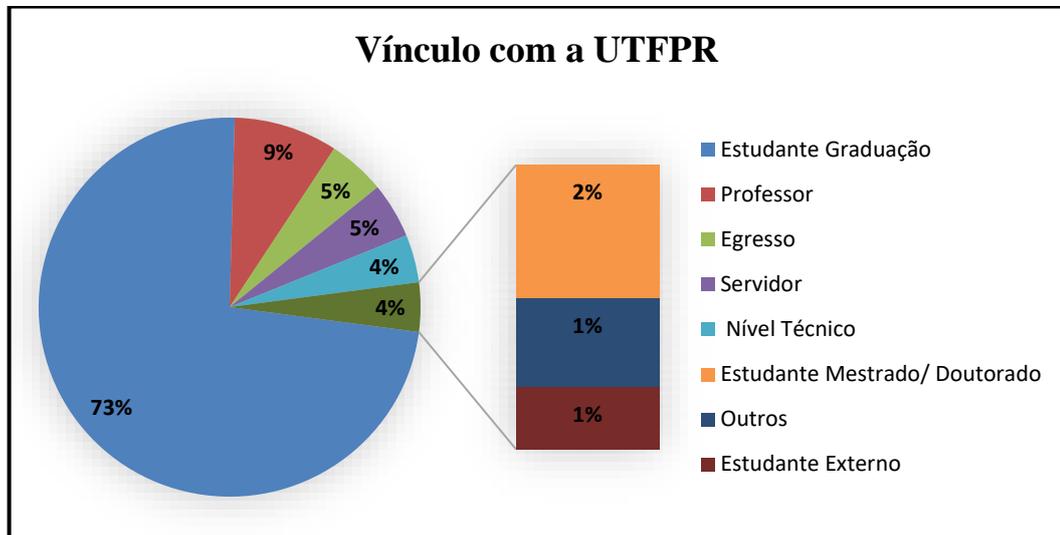


Gráfico 1 - Gráfico referente à porcentagem de pessoas que participaram da pesquisa.
Fonte: Própria.

O Gráfico 2 é referente à pergunta: “Para você, a qualidade da iluminação dos ambientes de estudo (salas de aula, laboratórios, auditórios, biblioteca) influenciam no rendimento acadêmico?”.



Gráfico 2 - Influência da iluminação no rendimento acadêmico.
Fonte: Própria.

O Gráfico 3 é referente à pergunta: “Na sua opinião, quais são os ambientes mais críticos com relação à qualidade da iluminação existente dentro da UTFPR campus centro?”.

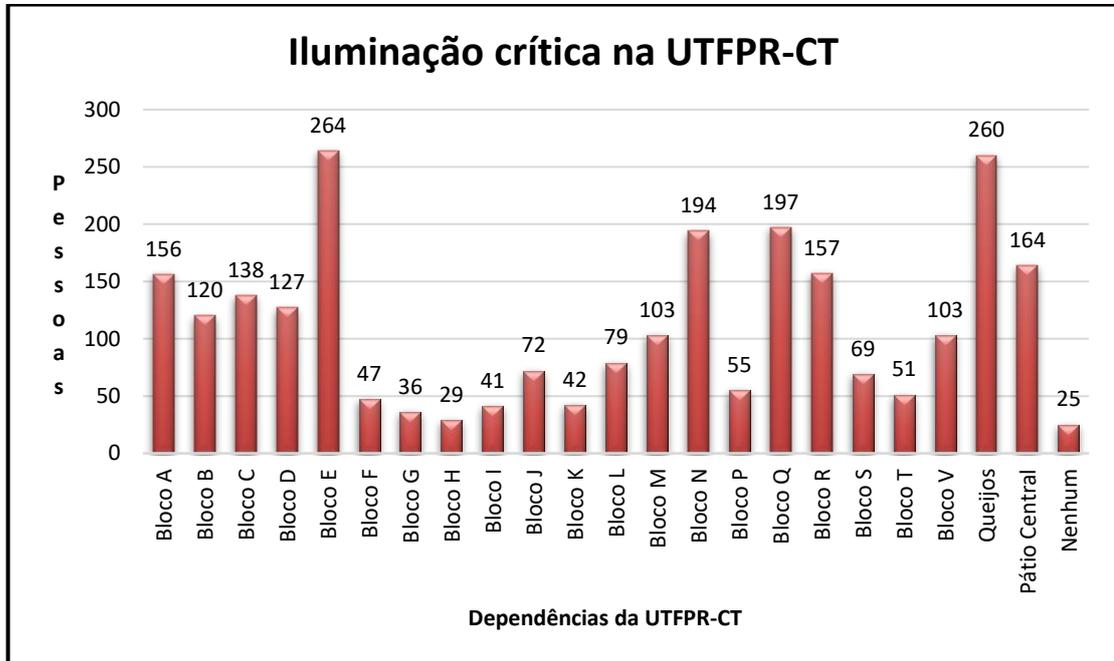


Gráfico 3 - Iluminação crítica na UTFPR-CT.

Fonte: Própria.

A partir do Gráfico 3 é possível notar que, segundo os usuários, a deficiência da iluminação nas dependências do campus, sendo que os locais que possuem uma iluminação mais crítica, são o Bloco E, os “Queijos” e o Bloco Q, seja pela má distribuição das luminárias, deficiência no iluminamento local ou vida útil das lâmpadas depreciadas. Assim, estes locais tornam-se vitais para uma avaliação do sistema de iluminação atual.

3.4 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO ATUAL

A iluminação de ambientes, de um modo geral, possui um potencial de redução de consumo de energia elétrica muito grande, pois aspectos como utilização de equipamentos de tecnologia obsoleta, com alto consumo energético e projetos que não levam em consideração o uso adequado da energia luminosa proveniente da luz solar, contribuem para o baixo índice de eficiência energética.

A análise da qualidade da iluminação de ambientes internos deve levar em consideração exigências tais como: conforto visual, distribuição adequada da iluminação e eficiência energética. Para LAMBERTS (1997), conforto visual é a existência de um conjunto

de condições, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com precisão, sem muito esforço e sem prejuízo à sua visão.

A avaliação do campus centro consistiu nas seguintes etapas:

- Identificação das salas, avaliação e levantamento do sistema de iluminação atual da UTFPR-CT Campus Centro;
- Identificação de locais que exijam a elaboração de um novo projeto de iluminação, com o intuito de atender as normas vigentes;
- *Retrofit* de toda iluminação atual do Campus, empregando o uso da tecnologia LED;
- Avaliação da viabilidade do novo projeto, indicando *payback* em anos adquirido com a economia obtida com o emprego da nova tecnologia.

3.4.1 Consumo Energético do Atual Sistema de Iluminação

Para determinar a potência total do sistema, com o intuito de se obter a energia que deixará de ser consumida com o *retrofit* do atual sistema, foi realizado o levantamento de todos os pontos de iluminação da Universidade, onde foi realizado a contagem das luminárias, lâmpadas e reatores, com suas respectivas potências e modelos, em cada ambiente. Utilizando uma trena foi medido o pé direto de todos os ambientes, assim como a altura da luminária em relação ao solo. Os dados relativos à identificação do ambiente em blocos e potência total da iluminação por bloco podem ser conferidos no APÊNDICE A - Levantamento sistema de iluminação UTFPR-CT, contudo, a potência total de iluminação atual é de aproximadamente 247 kW.

3.4.2 Análise do Sistema de Iluminação

A norma NBR ISO/CIE 8995-1 – Iluminação de Ambientes de Trabalho – estabelece que os níveis de iluminância média recomendados para cada tarefa conforme, Tabela 5, não podem estar abaixo do valor definido em norma, independentemente da idade e condições de instalação do sistema.

Avaliando as condições do sistema de iluminação atual da universidade, chega-se às seguintes situações:

- 1) Os níveis de iluminância próximo do recomendado:

Nesta situação, deve-se manter o número de luminárias instaladas, substituindo apenas por luminárias novas, com a respectiva lâmpada LED equivalente em iluminância, reduzindo assim a potência total instalada.

2) Os níveis de iluminância abaixo do recomendado:

Nesta situação, deve-se realizar um estudo adequado utilizando o Dialux software, simulando o ambiente, a fim de se obter o número correto de pontos onde deverão ser instaladas as luminárias, para que o nível de iluminância mínima exigida por norma seja atendida, com a menor potência instalada.

As situações descritas acima devem ser corrigidas no novo projeto de iluminação.

3.4.3 Critério de Escolha das Lâmpadas e Luminárias

Neste trabalho utilizaremos, no sistema de iluminação, lâmpadas com a tecnologia LED, no desenvolvimento do novo projeto e *retrofit* da iluminação. Utilizaremos lâmpadas LED por sua alta eficiência energética, alto rendimento luminoso, vida útil elevada, redução com os custos de manutenção, alta qualidade de reprodução de cor e a não contaminação do meio ambiente, levando em consideração a temperatura de cor adequada para cada ambiente, e os valores mínimos de iluminância exigidos pela NBR ISSO/CIE 8995-1, conforme indicado na Tabela 05.

Na escolha das luminárias, deve-se observar quais os requisitos para a execução das tarefas nos ambientes. O principal parâmetro para a escolha das luminárias deve ser suas curvas fotométricas e propriedades reflexivas. A eficiência luminosa da luminária também dependerá das características de seu refletor, das luminárias possuírem ou não aletas, do tipo de pintura do refletor e aletas e da utilização de difusor.

As informações para análise das lâmpadas e luminárias são fornecidas pelos fabricantes. Os catálogos contendo tais informações estarão disponíveis para consulta em anexo.

3.4.4 Simulação e Cálculo do Número de Luminárias

Escolhidas as lâmpadas e/ou luminárias mais adequadas para cada ambiente, realiza-se a simulação utilizando o *software* DIALUX, no qual após desenhado, descrito todas as características dos ambientes e realizado a simulação e cálculo do número necessário de luminárias de acordo com dados de características técnicas de cada lâmpada e luminária

fornecidas pelos fabricantes. É possível gerar relatórios completos dos níveis de iluminância dos ambientes, assim como apresentar uma prévia de como ficará a execução do projeto, dando ao projetista um *feedback* que o torna capaz de identificar problemas e realizar alterações que garantam os níveis de iluminância e conforto visual esperados, aumentando a confiabilidade da execução do projeto.

3.4.5 Resultado da análise da iluminação atual

Utilizando o luxímetro do fabricante ICEL modelo LD-550, Figura 19, foram realizadas as medições do fluxo luminoso incidido sobre as áreas de trabalho nos ambientes correspondentes aos blocos A, B, C, D, E, F, G, H, J, L, M, N, Q, R, S, T. Como descrito na delimitação do tema na página 15, os blocos I, V, auditório, mini auditório e do campus Ecoville e Neoville ficaram fora do escopo do estudo realizado neste trabalho.



**Figura 19 - Luxímetro utilizado nas medições, fabricante ICEL, modelo: LD-550.
Fonte: Própria.**

Para uma melhor visualização da abrangência dos locais colocados sob análise, foi incluído a Figura 20, página 46, que corresponde ao mapa da instituição.

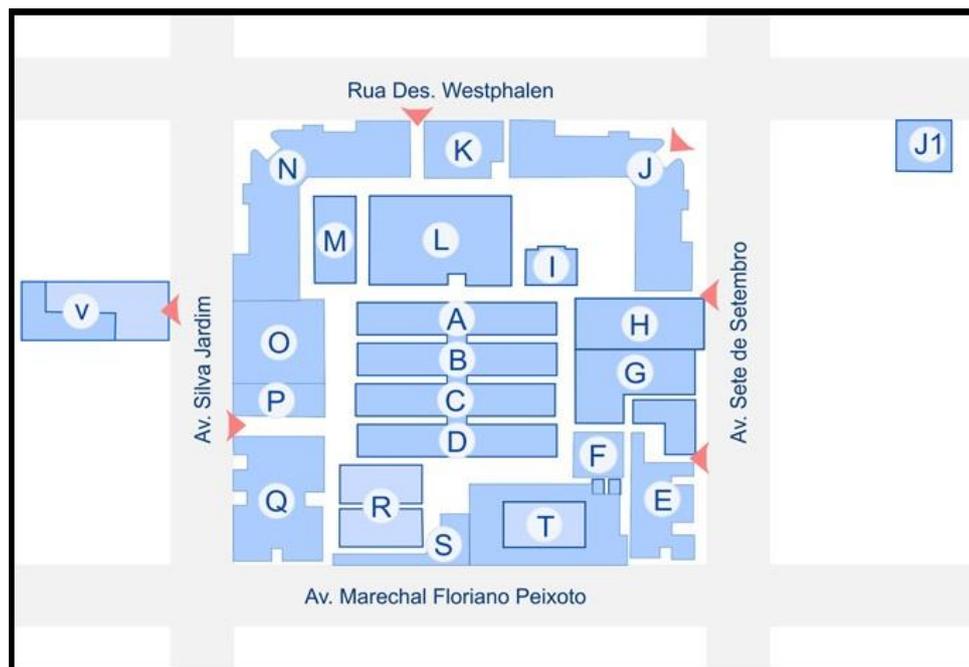


Figura 20 – Mapa UTFPR-CT.

Fonte: Disponível em: < <http://200.134.25.110/mapa/mapa.html>>. Acesso em: novembro /2017.

O bloco A, as salas de aula e os corredores possuem uma iluminação artificial composta principalmente por luminárias tipo *batten* com lâmpadas fluorescentes de 32W, conforme Apêndice A. Figura 21, nota-se que as luminárias estão instaladas na laje e que não há manutenção adequada, onde existe diferenças de temperatura de cor entre as lâmpadas em um mesmo local, o que pode causar o desconforto nos usuários, além de comprometer a estética da iluminação. Também existe o problema ocasionado pelo decaimento do fluxo luminoso, inerente a vida útil das lâmpadas fluorescentes, deixando a eficiência luminosa do ambiente entre 350-450 lux, ou seja, abaixo dos limites mínimos exigidos por norma, em que o valor mínimo exigido para sala de aula e ambientes de estudo é de 500 lux, já em corredores e locais de circulação de pessoas o mínimo exigido é de 100 lux.

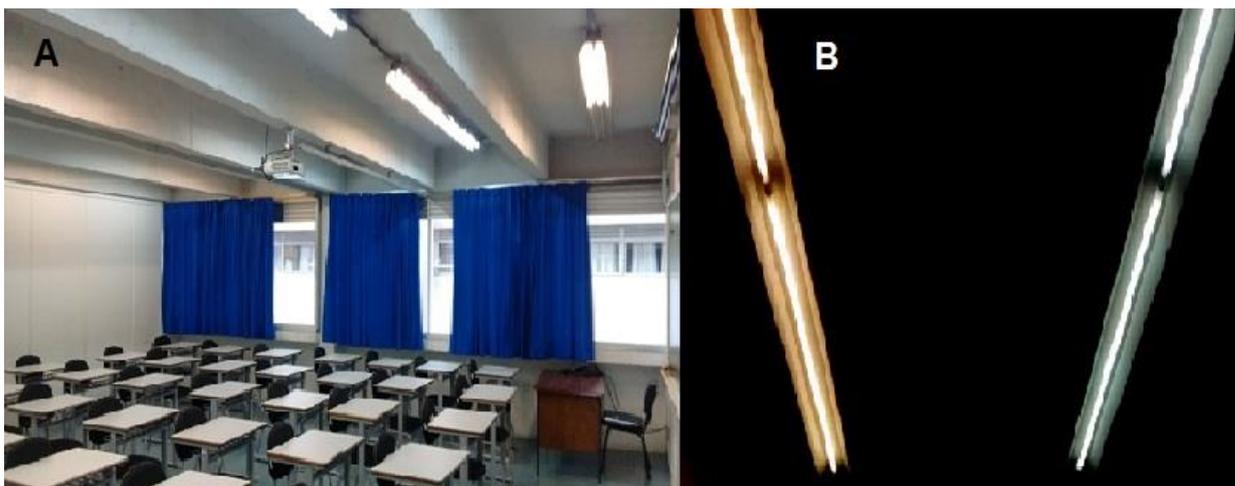


Figura 21 - Item A: Sala de aula A-206 no bloco A, item B: diferença de temperatura de cor na iluminação bloco A.

Fonte: Própria.

As salas com luminárias que utilizam lâmpadas fluorescentes de 58W e 65 W também sofrerão alteração, pois não há no mercado lâmpadas LED que as substituem de forma equivalente para um *retrofit*.

Os ambientes administrativos localizados no bloco A, tais como: Diretoria de Pesquisa e Pós-graduação (DIRPPG), Assessoria de Pesquisa (ASPEQ), Assessoria de Pós-Graduação Stricto Sensu (ASPPG), Assessoria de Pós-Graduação Lato Sensu (ASESP), os banheiros localizados no térreo, primeiro, segundo e terceiro andares, sofreram apenas um *retrofit* um para um, pois estes ambientes estão com um fluxo luminoso adequado, onde para escritórios e salas administrativas o mínimo exigido por norma é 500 lux e banheiros 200 lux.

As lâmpadas fluorescentes de 32 W utilizadas nestes locais serão substituídas apenas por lâmpadas tubulares LED T8 de 18 W e temperatura de cor 4000 K, recomendável para ambientes de escritório. Além disso, em nossa análise, propomos rebaixar as luminárias com perfilado até a altura do começo das vigas da estrutura de algumas salas, para evitar perdas de fluxo nas vigas e uma limpeza nas luminárias para que sejam reutilizadas na aplicação do *retrofit*.

Os blocos E e Q foram os locais que receberam as maiores críticas com relação ao seu baixo nível de iluminamento, na pesquisa realizada com alunos, servidores e comunidade externa, localizada no item 3.3 deste trabalho. Deste modo, foi levantado o valor médio do fluxo luminoso destes locais, que pode ser acompanhado na Tabela 6.

Tabela 6 - Resultados obtidos dos iluminamentos médios do bloco E e bloco Q

BLOCO E			BLOCO Q	
Nº.	Indicação salas de aula	Eav (Lux)	Indicação salas de aula	Eav (Lux)
1	E101	268	Q001	350
2	E102	267	Q002	200
3	E103	266	Q003	280
4	E104	265	Q004	250
5	E105	264	CORREDORES	110
6	E106	263	Q101	389
7	E107	164	Q102	322
8	E108	198	Q103	319
9	CORREDORES	98	Q104	346
10	RAMPAS	201	Q105	322
11	E201	256	Q106	458
12	E202	267	Q107	407
13	E203	266	Q108	404
14	E204	245	Q109	401
15	E205	235	Q110	398
16	E206	270	Q111	315
17	E207	181	Q112	312
18	E208	180	Q201	352
19	E301	262	Q202	480
20	E302	268	Q203	298
21	E303	235	Q204	382
22	E304	228	Q205	345
23	E305	214	Q206	450
24	E306	201	Q207	484
25	E307	169	Q208	220
26	E308	197	Q209	350
27	-	-	Q210	400
28	-	-	Q211	425
29	-	-	Q212	403
30	-	-	Q301	302
31	-	-	Q302	315
32	-	-	Q303	345
33	-	-	Q304	312
34	-	-	Q305	346
35	-	-	Q306	348
36	-	-	Q307	422
37	-	-	Q308	358
38	-	-	Q309	405
39	-	-	Q310	421
40	-	-	Q311	489
41	-	-	Q312	409

Fonte: Própria.

Com a análise dos dados levantados em campo, verificamos que no bloco E e no bloco Q será necessária a realização de um novo projeto e simulação para a adequação da iluminância mínima exigida por norma, em que o valor mínimo exigido para sala de aula e ambientes de estudo é de 500 lux, já em corredores e locais de circulação de pessoas o mínimo exigido é de 100 lux. Na Figura 22, podemos ver detalhes da iluminação atual da sala E-206 (item C) e da iluminação do corredor do terceiro andar do bloco E (item D).



Figura 22 – Item C: Sala de aula E-206. Idem D: Corredor do terceiro andar localizado no bloco E. Fonte: Própria.

Os ambientes administrativos, departamentos, portarias, posto de bancos, banheiros, localizados no bloco E e bloco Q, receberam um *retrofit* um para um de suas lâmpadas, pois os níveis de iluminamento desses ambientes estão adequados ou muito próximo dos valores exigidos por norma.

As fachadas da instituição de ensino podem ser vistas na Figura 23 e Figura 24, ambas as fotos foram tiradas a noite, onde nota-se nitidamente o baixo iluminamento existente atualmente, o que desvaloriza todos os detalhes arquitetônicos do campus sede da UTFPR. Existe uma frase famosa do arquiteto brasileiro Oscar Niemeyer que reflete um pouco a atual situação da fachada da Universidade. Ele dizia “Uma boa iluminação levanta uma arquitetura medíocre, e uma iluminação ruim acaba com o melhor projeto.”



Figura 23 - Fachada lateral atual do bloco E a noite.
Fonte: Própria.



Figura 24- Fachada atual do bloco J a noite.
Fonte: Própria.

Desta forma, fará parte do escopo deste trabalho projetar uma revitalização da iluminação da fachada lateral do bloco E e da fachada do bloco J, contendo imagens das simulações em 3D feitas no *software* DIALux.

Na marcenaria situada no térreo do bloco G, será realizado um novo projeto de iluminação com possibilidade de dimerização. A norma NBR ISSO/CIE 8995-1:2013 informa que para trabalhos em máquinas de marcenaria, como toronar, desempenar, cortar, rebaixar e

chanfrar, o iluminamento médio mínimo deve ser de 500 lux e, a partir de levantamento em campo com o luxímetro, atualmente há um iluminamento médio de 160 lux. A Figura 25 mostra a iluminação atual da marcenaria.

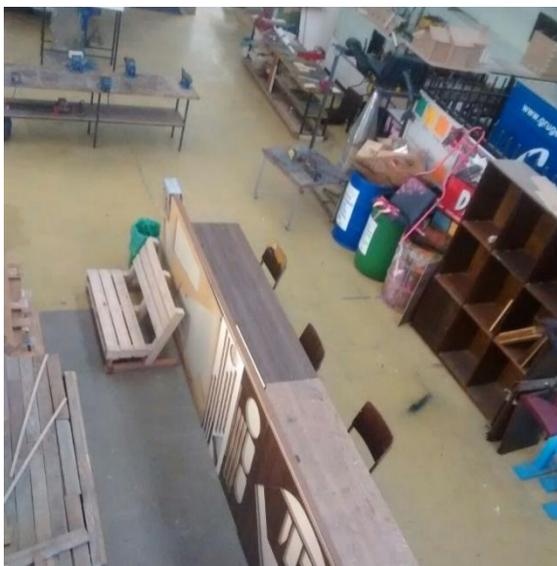


Figura 25 - Visualização da marcenaria no bloco G
Fonte: Própria.

No bloco L, onde está situada a biblioteca do campus, propomos um *retrofit* um para um da iluminação atual para LED. Este já será suficiente para se adequar a norma. Podemos verificar, na Figura 26, lâmpadas queimadas em uma luminária sobre a estante de livros e outras lâmpadas queimadas em duas luminárias sobre as mesas destinadas a leitura.

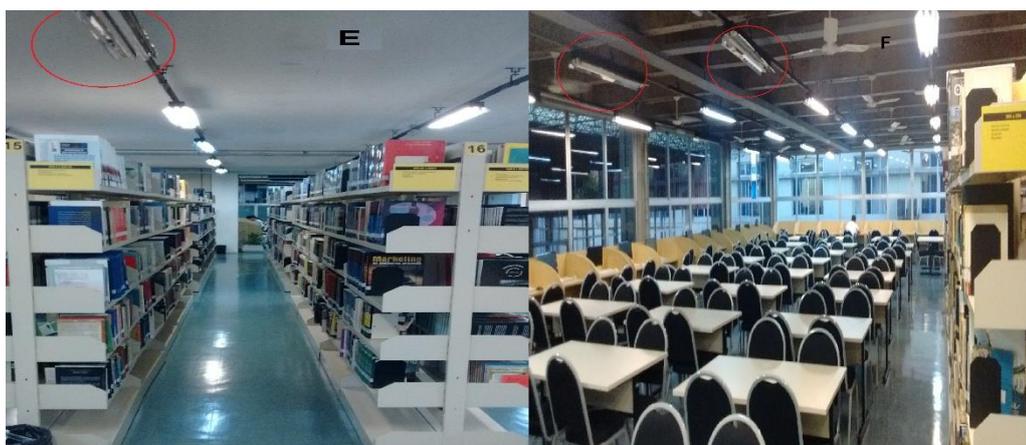


Figura 26 – Iluminação atual da biblioteca localizado no bloco L, onde no item E e no item F podemos verificar algumas lâmpadas queimadas
Fonte: Própria.

No bloco G onde se situa a diretoria de projetos e obras (DIRPRO), divisão de projetos civis (DIPROC), divisão de obras e manutenção de imóvel (DIOMAI), também ganhará um

novo projeto com uma melhor distribuição das luminárias com lâmpadas LED, adequando as instalações a padrões mínimos de fluxo luminoso exigidos pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

As quadras externas localizadas no bloco R, assim como o miniginásio localizado no bloco S, receberam um novo projeto com simulação do ambiente em 3D, representando o nível de iluminação esperado após a execução do projeto. Nas Figuras 27 e 28, temos vistas do estado atual do sistema de iluminação das quadras externas e do miniginásio, sendo que atualmente o iluminamento médio nesses ambientes é de 181 lux e 231 lux, respectivamente, quando deveriam atender o mínimos exigido por norma de 300 lux.



Figura 27 - Quadra externa.
Fonte: Própria.



Figura 28 - Miniginásio
Fonte: Própria.

O bloco T abriga o departamento acadêmico de educação física onde nas salas de reunião, recepção, sala dos professores propomos o *retrofit* um para um, substituindo as atuais lâmpadas fluorescentes, por novas lâmpadas LED de fluxo luminoso equivalente e temperatura de cor na faixa dos 5000 K. Já as áreas que abrigam a piscina coberta e academia de musculação, iremos realizar um novo projeto contendo a simulação em 3D do ambiente, onde poderemos ver o fluxo luminoso atingido com as modificações propostas em projeto.

Um dos problemas na iluminação atual é por ser um ambiente úmido, a iluminação deve ser com luminárias herméticas, para evitar a rápida depreciação das luminárias e componentes desta, contudo, as luminárias ao redor da piscina e na academia são abertas do tipo *batten*. Na Figura 29, temos uma vista atual da iluminação da piscina e academia da área esportiva.



Figura 29 - Piscina e academia
Fonte: Própria.

Para os blocos A, B, C, D, E, F, G, H, J, L, M, N e Q propomos neste trabalho o *retrofit* um para um de todo o sistema de iluminação neste blocos (exceto áreas que se encontram nesses ambientes, citadas anteriormente, que há necessidade de um novo projeto), aumentado assim o fluxo luminoso médio com intuito de atender as exigências da norma, além do ganho em eficiência energética com a diminuição considerável da carga instalada dos dez blocos citados acima, conforme APÊNDICE B – *Retrofit* do sistema de iluminação UTFPR-CT. Contudo, a potência total de iluminação após o *retrofit* será de aproximadamente 146 kW, significando um consumo de 41 % a menos que o sistema atual.

4 SIMULAÇÃO DO NOVO PROJETO DE ILUMINAÇÃO

Este capítulo irá tratar dos resultados da simulação dos ambientes necessários para um novo projeto, mostrando o índice de iluminamento médio, altura de instalação e modelo escolhido.

Para a simulação foi considerado os seguintes fatores no *software* do DIALux:

1. O fator de manutenção para iluminação em LED utilizado foi de 0,85;
2. A altura de trabalho considerada foi de 0,75 metros;
3. Considerou-se a utilização dos ambientes a noite, pois é o momento em que não há luz natural e também há atividades nos ambientes.

Para valores diferentes dos citados acima, será apresentado na devida área.

4.1 BLOCO E

As salas e corredores do primeiro andar do Bloco E são iguais às do segundo e do terceiro andar, assim há necessidade de simular apenas um dos andares e, conseqüentemente, os demais seguiram o mesmo padrão.

Assim, propomos uma iluminação com luminárias de sobrepor LED Celino LED BCS680 C com interface DALI (ANEXO G). Assim, quando houver e quando não houver incidência de luz natural nas salas, os fluxos das luminárias serão regulados automaticamente, mantendo um iluminamento mínimo de 500 lux nas salas de aula conforme a Tabela 7.

Tabela 7- Resultado de iluminamento médio das salas do primeiro andar do bloco E

Nº.	Indicação	Eav (lux)
1	E101	559
2	E102	524
3	E103	520
4	E104	524
5	E105	517
6	E106	504
7	E107	582
8	E108	580
9	CORREDOR	226

Fonte: Própria.

A Figura 30 mostra a localização das salas analisadas no Bloco E.

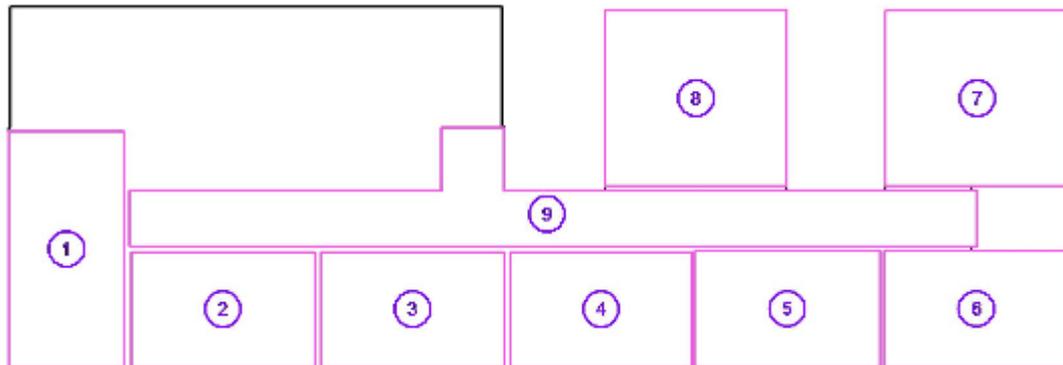


Figura 30 - Planta de identificação das salas do primeiro andar do bloco E
Fonte: Própria.

Para obter os iluminamentos médios descritos na Tabela 7, a sala E-101 deverá ter 14 luminárias LED; as salas E-102, E-103, E-104, E-105 e E-106 deverão ter 10 luminárias LED em cada sala; as salas E-107 e E-108 deverão ter 16 luminárias LED em cada; nos corredores haverá 11 luminárias LED. Todas as luminárias estarão instaladas a 3 metros de altura e distribuídas conforme a Figura 31.

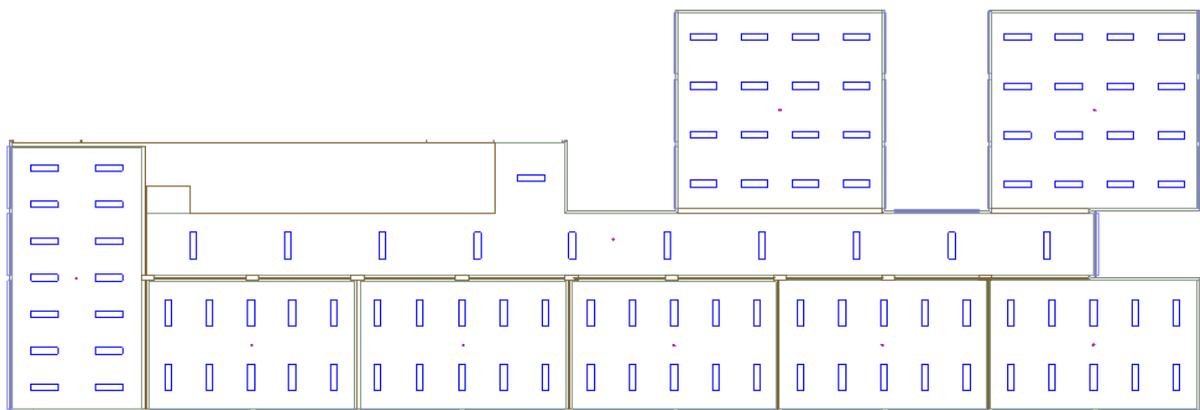


Figura 31 - Distribuição das luminárias LED nas salas e corredores do bloco E
Fonte: Própria.

Nos banheiros propomos um *retrofit* de um para uma da iluminação atual. Em cada andar há 6 luminárias no banheiro feminino, 6 luminárias no banheiro masculino e 3 luminárias no banheiro de deficientes físicos, em que cada luminária tem duas lâmpadas fluorescentes compactas de 14 W. Assim, apenas trocar a lâmpadas existentes por lâmpadas LEDbulb de 9,5 W 865 (ANEXO D).

4.2 FACHADA DO BLOCO E

Para a iluminação da fachada do bloco E, propomos a instalação de fitas LED *plug & play* RGB IP66 (ANEXO H), fixadas nas pilastras da estrutura, a uma altura inicial de 4 metros à 17 metros. Escolheram-se fitas com a temperatura de cor RGB, pois a instituição poderá iluminar a fachada com as cores que convém, como em datas comemorativas ou campanhas. Para a iluminação dos letreiros da instituição, propomos a instalação de 4 projetores Smart LED Flood de 30 W, sendo 2 projetores em cada letreiro.

Observações: as fitas LEDs devem ser instaladas no meio de cada pilastra, para que não atrapalhe os usuários que estiverem dentro do prédio, nos ambientes onde há janelas; as fachadas que devem ser instaladas as fitas LEDs são voltadas para a Avenida 7 de setembro e Avenida Marechal Floriano, conforme a Figura 32 e Figura 33, não havendo a necessidade de instalação nas fachadas que são voltadas para dentro do campus.



Figura 32 - Proposta de iluminação da fachada do bloco E.
Fonte: Própria.

Conforme a Figura 33, página 57, os letreiros da instituição estarão mais iluminados do que a estrutura do prédio, para que primeiramente chame-se a atenção para o nome da universidade para depois os detalhes da arquitetura.

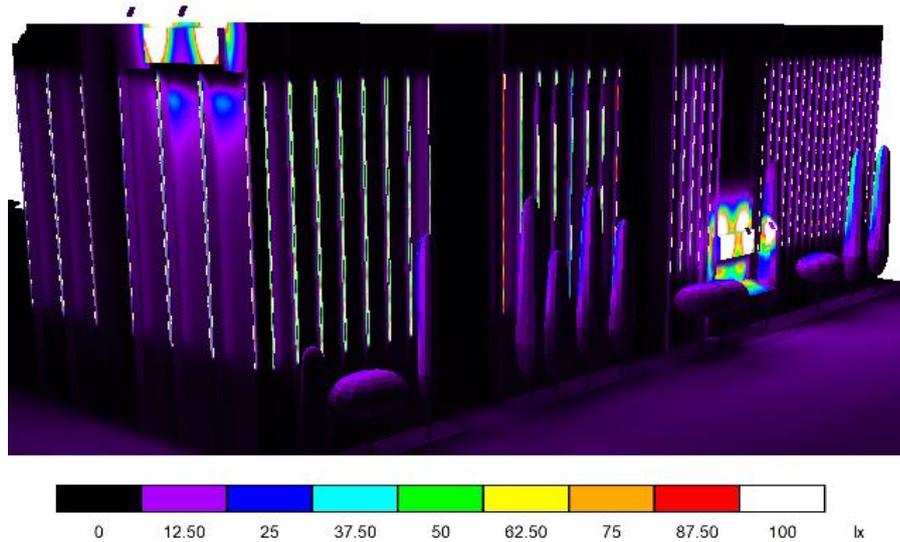


Figura 33 - Resultado com cores falsas da fachada do bloco E.
Fonte: Própria.

4.3 MARCENARIA - BLOCO G

A marcenaria é um ambiente onde há partículas em suspensão derivada das madeiras, assim, propomos uma iluminação com luminárias herméticas, com um índice de proteção 65. Na área de produção, onde serão moldadas as madeiras, propomos a instalação de 48 luminárias BCW062 53W PSD (ANEXO J) da Philips, onde deverão ser instalados a 4,90 metros de altura, nos perfilados existentes, conforme a Figura 34.

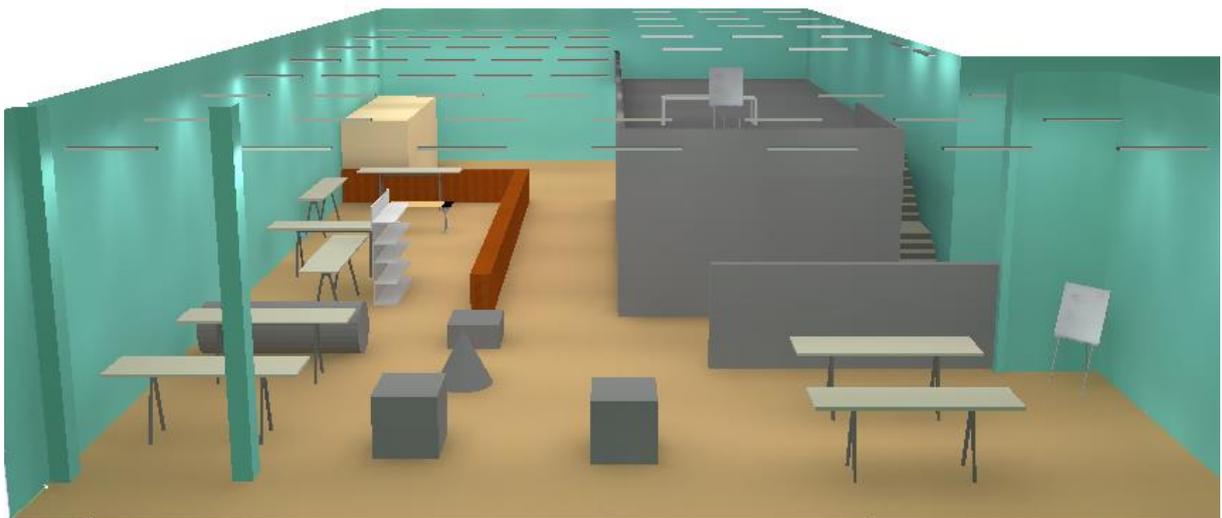
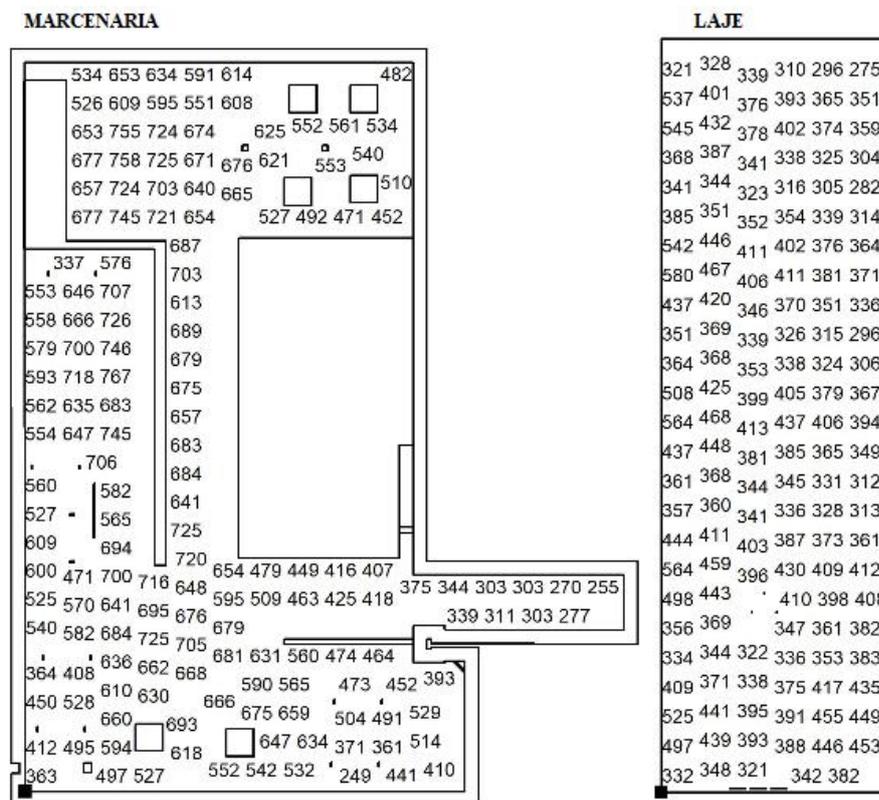


Figura 34 - Visualização em 3D da Marcenaria com iluminação LED
Fonte: Própria.

A Laje é destinada para o centro acadêmico de design, para uma atividade administrativa e de descanso. Assim, propomos a instalação de 16 herméticas TCW 060 (ANEXO B) da Philips, com duas lâmpadas LEDTube de 18 W 865 (ANEXO C) também da Philips, a uma altura de 2,50 metros em relação ao piso da Laje. Duas dessas 16 luminárias estarão exclusivamente para a iluminação da escada de acesso a Laje.

Na área de depósito perto do portão de saída para a Avenida Sete de Setembro, propomos 12 luminárias herméticas TCW 060 (ANEXO B) da Philips, com duas lâmpadas LEDBulb de 18 W 865 (ANEXO C) também da Philips, a uma altura de 3 metros.

Após a instalação das novas luminárias, a Marcenaria e depósito passam a ter um iluminamento médio de 550 lux e a Laje de 370 lux, conforme a Figura 35.



**Figura 35 – Resultados do índice de fluxo luminoso ponto a ponto da Marcenaria e Laje.
Fonte: Própria.**

4.4 FACHADA DO BLOCO J E BLOCO N

Para a iluminação da fachada do bloco J e, conseqüentemente, bloco N, pois são espelhados, propomos a instalação de fitas LED *plug & play* RGB IP66 (ANEXO H), fixadas nas laterais do prédio, a uma altura de 4 metros. Esta fita também será implementada para a iluminação das calçadas, fixadas na mureta entre o pavimento e área gramada. Para a

iluminação dos letreiros da instituição, propomos a instalação de três projetores Smart LED Flood de 30 W, sendo 2 projetores para o letreiro de fachada e 1 para o letreiro na vertical, conforme a Figura 36 e Figura 37.



Figura 36 - Visualização em 3D da fachada do bloco J/bloco N.
Fonte: Própria.

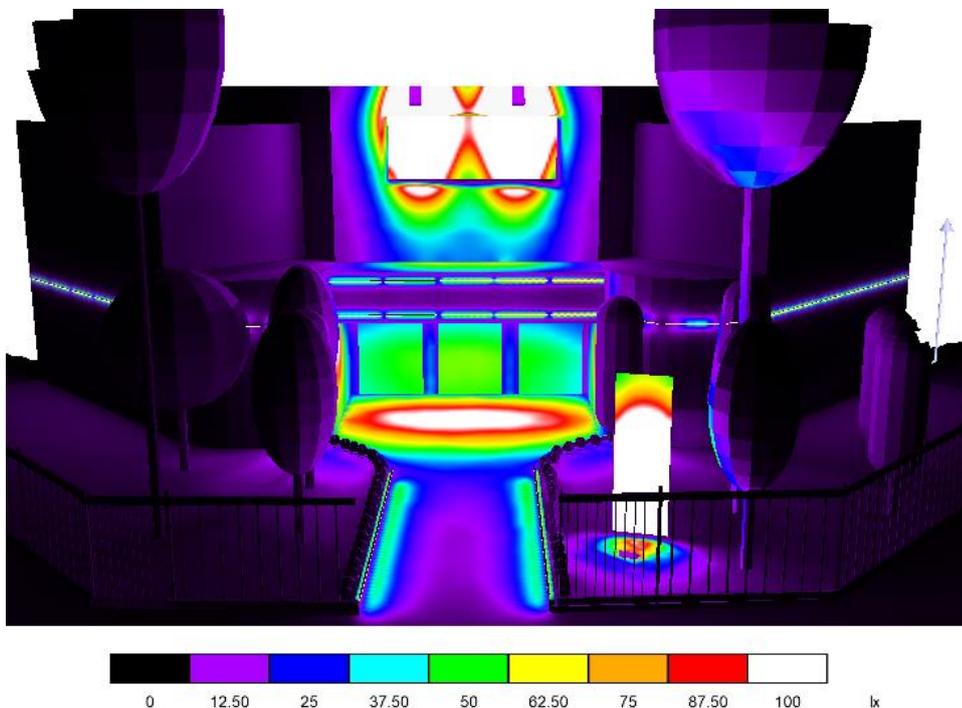


Figura 37 - Resultado com cores falsas da fachada do bloco J/bloco N.
Fonte: Própria.

4.5 BLOCO Q

As salas e corredores do primeiro andar do Bloco Q são iguais às do segundo e do terceiro andar, assim há necessidade de simular apenas um dos andares e, conseqüentemente, os demais seguiram o mesmo padrão. Assim, propomos uma iluminação com luminárias de sobrepor LED Celino LED BCS680 C com interface DALI. Assim, quando houver e quando não houver incidência de luz natural nas salas, o fluxo das luminárias será regulado automaticamente, mantendo um iluminamento mínimo de 500 lux nas salas de aula conforme a Tabela 8 e a Figura 38 mostra a localização das salas analisadas no Bloco Q.

Tabela 8 - Resultado de iluminamento médio das salas do primeiro andar do bloco Q

Nº.	Indicação	Eav (lux)
1	Q101	503
2	Q102	502
3	Q103	518
4	Q104	511
5	Q105	501
6	Q106	516
7	Q107	526
8	Q108	521
9	Q109	524
10	Q110	522
11	Q111	596
12	Q112	521
13	CORREDOR	227

Fonte: Própria.

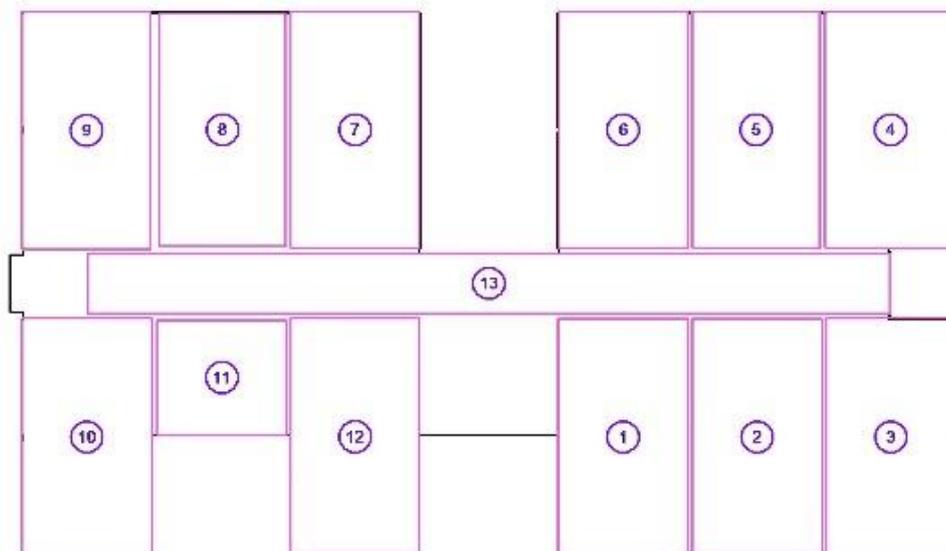


Figura 38 - Planta de identificação das salas do primeiro andar do bloco Q

Fonte: Própria.

Para obter os iluminamentos médios descritos na Tabela 8, as salas Q-101, Q-102, Q-103, Q-104, Q-105, Q-106, Q-110 e Q-112 deverão ter 12 luminárias LED em cada sala; a sala Q-111 deverá ter 8 luminárias LED; nos corredores haverá 10 luminárias LED; nas escadas da esquerda e central, deverão ter 2 e 4 luminárias LED, respectivamente. Todas as luminárias estarão instaladas a 2,90 metros de altura e distribuídas conforme a Figura 39.

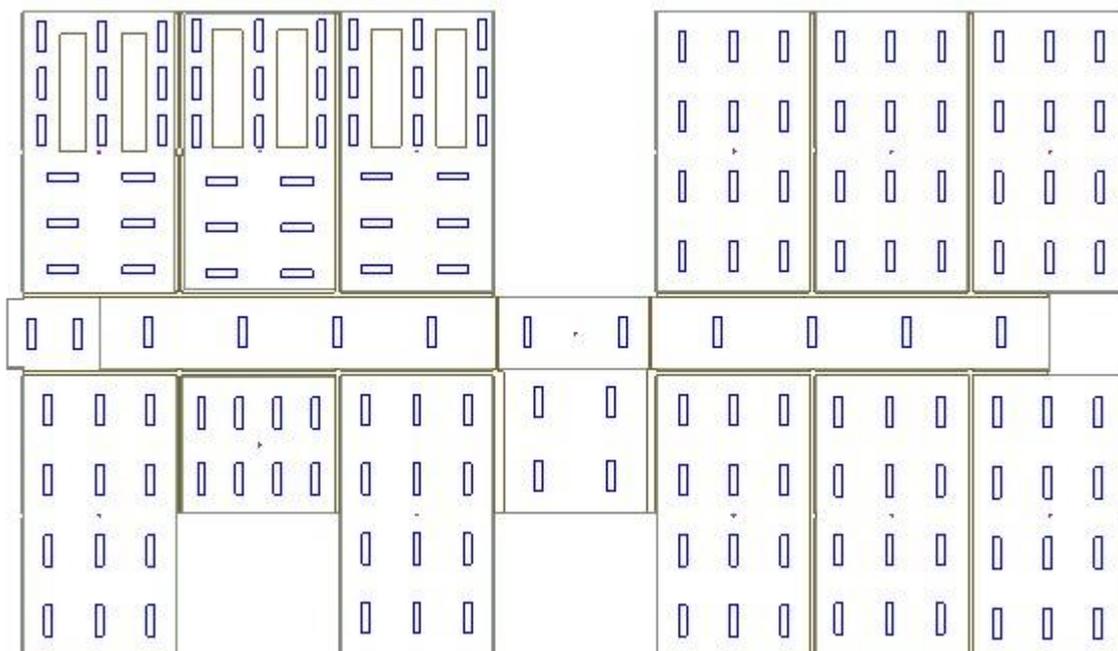


Figura 39 - Distribuição das luminárias LED nas salas e corredores do bloco Q
Fonte: Própria.

4.6 QUADRA EXTERNA – BLOCO R

Para a quadra externa propomos uma iluminação com 18 projetores SmartLED BVP 163 857 220W (ANEXO A) da Philips, onde deverão ser instalados a 7 metros de altura, sendo 9 projetores em cada lado da quadra, estes distribuídos uniformemente. Assim, será possível alcançar um nível de iluminamento médio de 301 lux na quadra externa, com um plano de trabalho a 30 centímetros do chão.

Na arquibancada, propomos a instalação de 10 luminárias TCW 060 (ANEXO B) da Philips, com duas lâmpadas LEDBulb de 18 W 865 (ANEXO C) também da Philips, no teto da arquibancada, distribuídas em duas fileiras com cinco luminárias cada, distribuídas uniformemente, para assim, alcançar um iluminamento em torno de 150 lux.

Os resultados de iluminação LED podem ser conferidos na Figura 40 e Figura 41, na página 62.

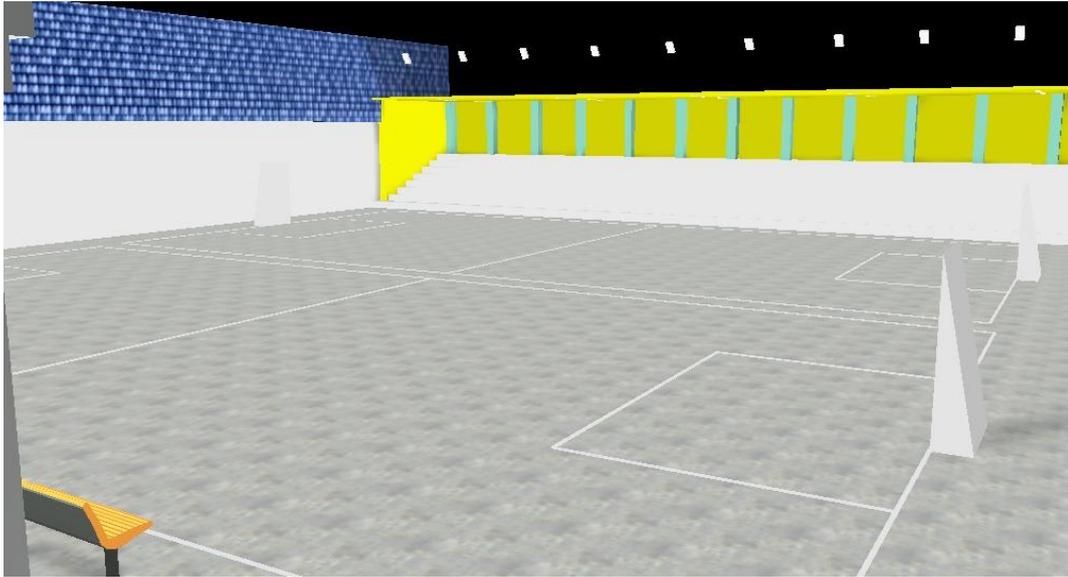


Figura 40 - Visualização em 3D da quadra externa com iluminação LED.
Fonte: Própria.

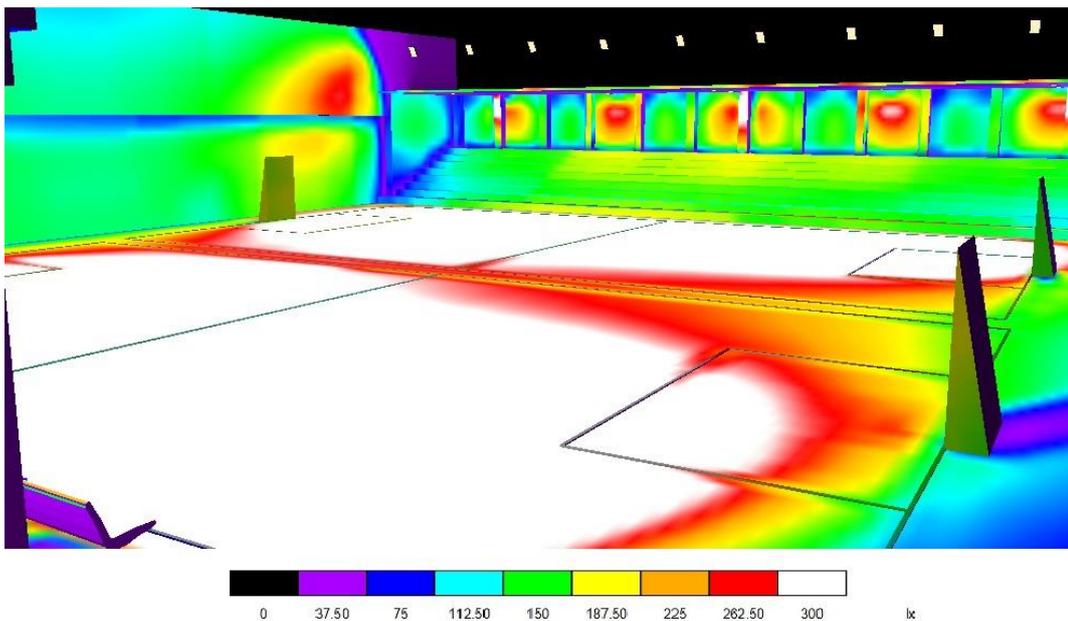


Figura 41 - Resultado com cores falsas da quadra externa.
Fonte: Própria.

4.7 MINIGINÁSIO – BLOCO S

Para o miniginásio propomos uma iluminação com 20 projetores SmartLED BVP 162 857 110W (ANEXO A) da Philips, onde deverão ser instalados a 6 metros de altura, sendo 10 projetores em cada lado do ginásio, estes distribuídos uniformemente, conforme a Figura 42. Na entrada do miniginásio deverá ser instalado uma luminária plafon PF15-S

(ANEXO E) da Abalux, com duas lâmpadas LEDBulb de 9,5W 865 (ANEXO D) da Philips, pois atualmente não há luminária para iluminar a entrada. Assim, será possível alcançar um nível de iluminação médio de 327 lux na quadra conforme a Figura 43, com um plano de trabalho a 30 centímetros do chão.



Figura 42 - Visualização em 3D do Miniginásio com iluminação LED
Fonte: Própria.

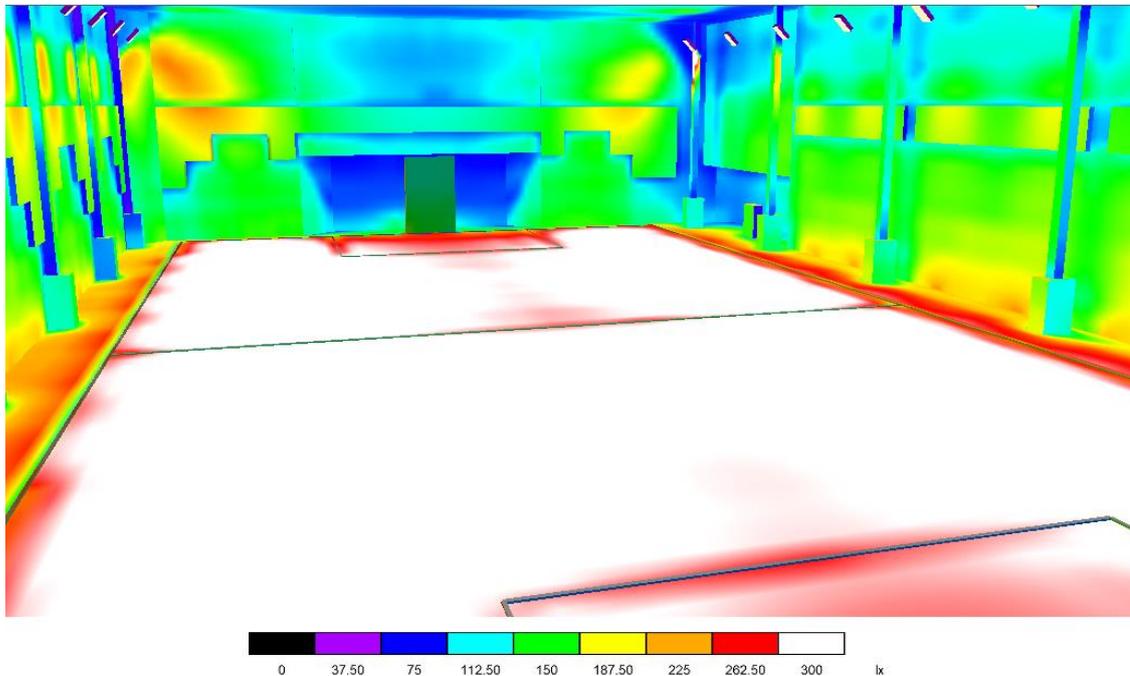


Figura 43- Resultado com cores falsas do Miniginásio
Fonte: Própria.

4.8 PISCINA – BLOCO T

Para a área da Piscina propomos uma iluminação com 14 projetores SmartLED BVP 163 857 220W (ANEXO A) da Philips, onde deverão ser instalados a 3,80 metros de altura, sendo 7 projetores em cada lado da piscina, estes distribuídos uniformemente, conforme a Figura 44.



Figura 44 - Visualização em 3D da Piscina com iluminação LED
Fonte: Própria.

Nas laterais da piscina e na área de academia deverão ser instalados 41 luminárias herméticas TCW060 (ANEXO B) da Philips, com duas lâmpadas LEDBulb de 18 W 865 (ANEXO C) também da Philips, a uma altura de 3 metros. Assim, será possível alcançar um nível de iluminamento médio de 380 lux, este acima do atual 180 lux médio encontrado nas medições, conforme a Figura 45, página 65.

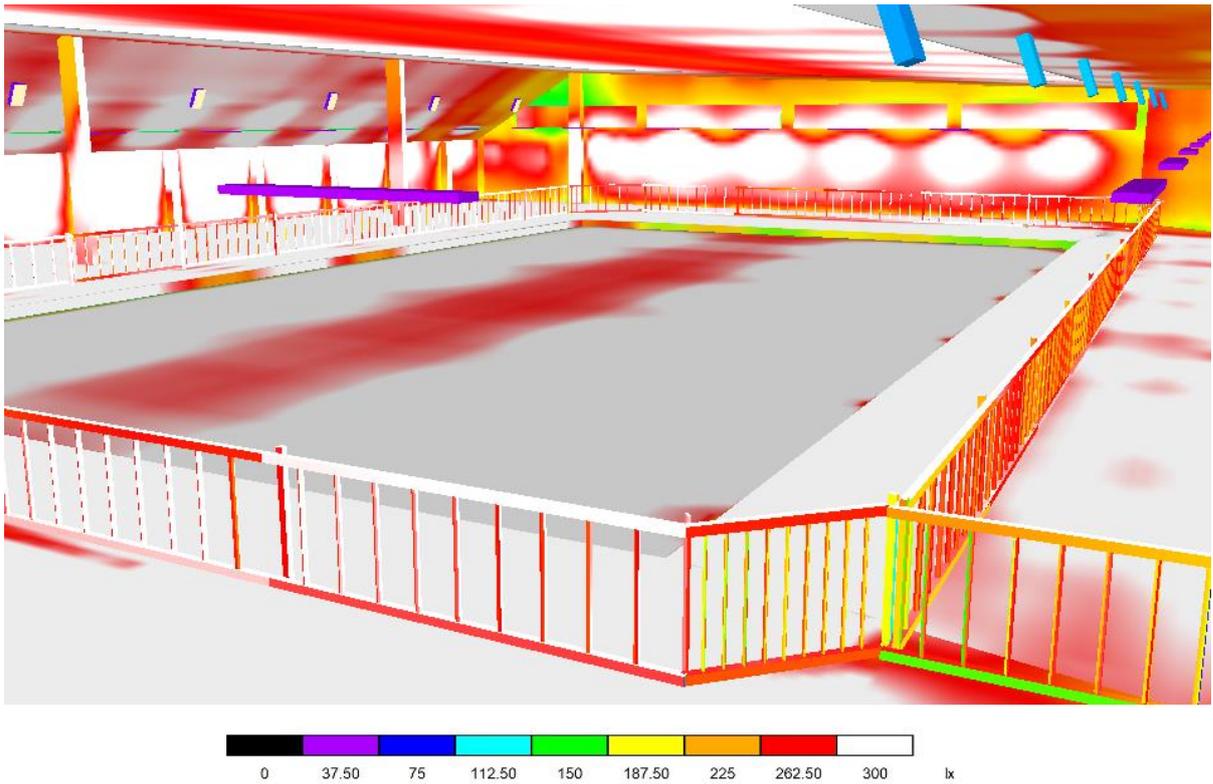


Figura 45 - Resultado com cores falsas da Piscina
Fonte: Própria.

5 RETORNO DE INVESTIMENTO DO PROJETO LUMINOTÉCNICO

Para o cálculo do retorno de investimento da modernização da iluminação do campus Curitiba, primeiramente buscou-se saber qual é a concessionária, o subgrupo e a modalidade tarifária que atende atualmente a UTFPR-CT. A partir da fatura de energia cedida pelo campus, soube-se que a companhia que atende é a COPEL, subgrupo A4 e modalidade tarifária horossazonal verde. As tarifas utilizadas para o cálculo de *payback* foram as vigentes, conforme a resolução da ANEEL nº 2.225, sendo estas disponíveis no ANEXO F.

O cálculo foi realizado para cada ambiente, conforme os seguintes passos:

1. Identificar o tipo de sistema de iluminação atual e proposto em LED (potência média de cada luminária ($P_{\text{médio}}$), número de luminárias (N_{lum}), número de lâmpadas por luminária, fator de potência do reator ($\cos(\varphi)$), para então calcular a potência total do sistema de iluminação por meio de (1):

$$P_{\text{total atual/LED}} = \frac{P_{\text{médio}} \times N_{\text{lum}}}{1000 \times \sqrt{3} \times \cos(\varphi)} [\text{kW}] \quad (1)$$

2. Identificar os custos da energia elétrica (as tarifas da energia elétrica) e manutenção do sistema de iluminação atual e a LED (custo unitário de luminária, lâmpada, reator, ignitor, custo unitário de descarte de lâmpada² e custo homem-hora para manutenção³);
3. Identificar as características do sistema atual e a LED (vida útil da lâmpada, vida útil do reator e tempo médio para manutenção de uma luminária⁴);
4. Identificar a utilização do sistema de iluminação (tempo considerado para o cálculo de *payback*⁵, dias de utilização do sistema em um mês⁶ e horas de utilização do sistema de iluminação na hora de ponta e fora de ponta⁷);
5. Calcular o consumo mensal do horário ponta e fora de ponta do consumo de energia e demanda, conforme (2) e (3) respectivamente:

² Custo médio utilizado para descarte de lâmpada: R\$ 1,50.

³ Custo médio utilizado para homem-hora para a manutenção: R\$60,00/hora.

⁴ Tempo médio utilizado para manutenção de uma luminária: 50% da vida útil.

⁵ Tempo considerado nos cálculos: 10 anos.

⁶ Média de dias utilizados no mês: 22 dias.

⁷ A consideração da quantidade de horas de utilização do sistema de iluminação foi baseada no mapa de aulas e observação do sistema.

$$E_{\text{ponta/f.ponta}} = P_{\text{total atual/LED}} \times \text{Média}_{\text{dias}} \times \text{HEE}_{\text{ponta/f.ponta}} \text{ [kWh]} \quad (2)$$

$$D_{\text{ponta/f.ponta}} = P_{\text{total atual/LED}} \times \text{Média}_{\text{dias}} \times \text{HD}_{\text{ponta/f.ponta}} \text{ [kWh]} \quad (3)$$

6. Após os cálculos dos passos 1 ao 5, chega-se aos dados financeiros como a comparação do: custo de instalação do sistema, custo mensal de reposição de iluminação, custo mensal do consumo de energia elétrica, custo mensal de descarte de lâmpadas, custo mensal homem-hora para manutenção e custo mensal total do sistema, conforme (4) – (9), respectivamente;

$$\$_{\text{instalação}} = N_{\text{lum}} \times (\$_{\text{luminárias}} + N_{\text{lamp/lum}} \times \$_{\text{lamp}} + N_{\text{reator}} \times \$_{\text{reator}} + N_{\text{ignitor}} \times \$_{\text{ignitor}}) \text{ [R\$]} \quad (4)$$

$$\text{Reposição} = H_{\text{utilizadas}} \times \text{Média}_{\text{dias}} \times \frac{\$_{\text{lamp}} \times N_{\text{lamp/lum}}}{\text{Vida útil lamp}} \times N_{\text{luminárias}} \text{ [R\$/mês]} \quad (5)$$

$$\$_{\text{Energia}} = E_{\text{ponta}} \times \$_{\text{ponta}} + E_{\text{f.ponta}} \times \$_{\text{f.ponta}} \text{ [R\$/mês]} \quad (6)$$

$$\text{Descarte} = \frac{N_{\text{lamp/lum}} \times \$_{\text{descarte}} \times H_{\text{utilizadas}} \times \text{Média}_{\text{dias}} \times N_{\text{lum}}}{\text{Vida útil lamp}} \text{ [R\$/mês]} \quad (7)$$

$$\$_{\text{manutenção}} = \frac{H_{\text{utilizadas}} \times \text{Média}_{\text{dias}} \times N_{\text{lum}}}{\text{Vida útil lamp}} \times t_{\text{manutenção}} \times \$_{\text{homem hora}} \text{ [R\$/mês]} \quad (8)$$

$$\text{Custo mensal} = \text{Reposição} + \$_{\text{Energia}} + \text{Descarte} + \$_{\text{manutenção}} \text{ [R\$/mês]} \quad (9)$$

7. Depois do passo 6 é possível calcular a economia mensal gerada, o tempo aproximado de retorno de investimento e a economia total gerada durante o período de 10 anos já considerando a instalação do sistema, conforme (10), (11) e (12) respectivamente.

$$\text{Economia mensal} = \text{Custo Mensal Atual} - \text{Custo Mensal LED} \text{ [R\$]} \quad (10)$$

$$\text{Retorno Investimento} = \frac{\text{Custo Sistema LED}}{\text{Economia Mensal}} / 12 \text{ [anos]} \quad (11)$$

$$Economia\ Total = (Economia\ mensal \times 12 \times 10) - \$_{instalação} [R\$] \quad (12)$$

Os resumos dos cálculos de retorno de investimento por área estão contidos na Tabela 9, contudo os cálculos não contemplam a variação do preço da energia elétrica ao longo dos anos.

Tabela 9 - Retorno de investimento da iluminação

(continua)

LOCAIS	MODELOS ATUAIS	SUGESTÃO EM LED			
		MODELO SUGERIDO	PREÇO POR RETIROFIT (R\$)	ECONOMIA EM 10 ANOS	RETORNO DE INVESTIMENTO
BLOCO A	FLUOR T8 1x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 17.583,72	R\$ 194.884,70	1,5 anos
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 3.342,36		
	FLUOR T12 1x58 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 7.545,24		
	FLUOR T12 1x65 W 1200mm	LUM TCS068 + LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 6.287,70		
	FLUOR COMPACTA 2x15 W E27	LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	R\$ 226,68		
BLOCO B	FLUOR T8 1x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 5.376,84	R\$ 240.795,02	1,2 anos
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 22.742,58		
	FLUOR T12 1x65 W 1200mm	LUM TCS065 + LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 3.563,03		
	FLUOR COMPACTA 2x15 W E27	LAMP LEDBULB E27 9,5 W	R\$ 906,72		
BLOCO C	FLUOR T8 1x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 6.176,10	R\$ 249.229,68	1,7 anos
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 11.189,64		
	FLUOR T5 1x54 W 1200mm	LUM TCS068 + LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 15.928,84		
	FLUOR T12 1x65 W 1200mm	LUM TCS068 + LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 7.126,06		
BLOCO D	FLUOR T8 1x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 23.033,22	R\$ 208.981,81	1,1 anos
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 2.906,40		
	FLUOR COMPACTA 15 W E27	LAMP LEDBULB E27 9,5 W	R\$ 37,78		
BLOCO E	FLUOR T8 1x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 2.543,10	R\$ -	17,4 anos
	CORREDOR - FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LUM CELINO 48 PSD	R\$ 19.140,00		
	LED T8 2x18 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 7.120,68		
	FLUOR T8 3x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 3x18 W	R\$ 108,99		
	FLUOR T8 4x32 W 1200mm	LUM CELINO 48 PSD	R\$ 167.040,00		
	FLUOR T10 1x40 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 72,66		
	FLUOR COMPACTA 2x15 W E27	LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	R\$ 2.077,90		
	LED T8 2x18 W 1200mm	LUM 2x18 W LED T8 1200mm	R\$ -		
	MISTA 100 W	Fita LED 15W/m RGB	R\$ 39.312,00		
	PROJETOR LED 30 W	R\$ 1.276,00			

(continua)

LOCAIS	MODELOS ATUAIS	SUGESTÃO EM LED			
		MODELO SUGERIDO	PREÇO POR REIROFIT (R\$)	ECONOMIA EM 10 ANOS	RETORNO DE INVESTIMENTO
BLOCO F	FLUOR T8 1x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 3.741,99	R\$ 76.370,07	5,2 meses
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 5.740,14		
	FLUOR T8 1x16 W 600mm	LAMP LED 600mm 9 W	R\$ 53,26		
	FLUOR COMPACTA 15 W E27	LAMP LEDBULB E27 9,5 W	R\$ 113,34		
BLOCO G	FLUOR T8 1x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 217,98	R\$ 63.397,89	3,7 anos
	FLUOR T10 2x40 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 145,32		
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 11.698,26		
	LAJE E DEPÓSITO FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAJE - HERMÉTICA + LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 2.935,10		
	MARCENARIA FLUOR T8 2x32 W 1200mm	MARCENARIA HERMÉTICA LED 53 W PSD	R\$ 21.696,00		
	FLUOR T8 2x16 W 600mm	LAMP LED 600mm 9 W	R\$ 197,04		
BLOCO H	FLUOR T8 1x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 2.979,06	R\$ 90.606,26	1,3 anos
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 9.663,78		
	FLUOR T8 4x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 4x18 W	R\$ 581,28		
	FLUOR T10 1x40 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 36,33		
	FLUOR T8 1x16 W 600mm	LAMP LED 600mm 9 W	R\$ 246,30		
	FLUOR COMPACTA 2x15 W E27	LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	R\$ 75,56		
	FLUOR PLC 2x26 W	-	R\$ -		
	FLUOR COMPACTA 23 W E27	LAMP LEDBULB E27 13,5 W	R\$ 429,25		
BLOCO J	FLUOR T8 1x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 145,32	R\$ 329.225,25	1 ano
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 22.233,96		
	FLUOR T8 2x16 W 600mm	LAMP LED 600mm 2x9 W	R\$ 197,04		
	FLUOR T8 4x16 W 600mm	LAMP LED 600mm 4x9 W	R\$ 935,94		
	FLUOR COMPACTA 2x15 W E27	LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	R\$ 2.644,60		
	FLUOR COMPACTA 23 W E27	LAMP LEDBULB E27 13,5 W	R\$ 858,50		
	FLUOR PLC 2x26 W	-	R\$ -		
	INCANDESCENTE 100 W E27	LAMP LEDBULB E27 13,5 W	R\$ 101,00		
	Projektor Halogena 150 W	LUM PF15 + LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	R\$ 584,34		
	Spot PAR 30 75 W	Fita LED 15W/m RGB	R\$ 3.640,00		
	VAPOR METÁLICO 250 W	PROJETOR LED 30 W	R\$ 319,00		
	MISTA 100 W	PROJETOR LED 30 W	R\$ 638,00		

(continua)

LOCAIS	MODELOS ATUAIS	SUGESTÃO EM LED			
		MODELO SUGERIDO	PREÇO POR REIROFIT (R\$)	ECONOMIA EM 10 ANOS	RETORNO DE INVESTIMENTO
BLOCO L	FLUOR T8 1x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 6.466,74	R\$ 154.522,66	1,4 anos
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 18.528,30		
	FLUOR T5 1x54 W 1200mm	LUM TCS068 + LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 419,30		
	PROJETOR HALOGENA	-	R\$ -		
	FLUOR COMPACTA 23 W E27	LAMP LEDBULB E27 13,5 W	R\$ 75,75		
	FLUOR T8 1x16 W 600mm	LAMP LED 600mm 9 W	R\$ 49,26		
	LED T8 1x9 W 600mm	-	R\$ -		
	LEDBULB 9,5 W E27	-	R\$ -		
BLOCO M	FLUOR T8 1x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 2.397,78	R\$ 117.504,71	1 ano
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 5.594,82		
	FLUOR T8 4x16 W 600mm	LAMP LED 600mm 9 W	R\$ 4.926,00		
	FLUOR COMPACTA 15 W E27	LAMP LEDBULB E27 9,5 W	R\$ 75,56		
	FLUOR PLC 2x26 W	-	R\$ -		
BLOCO N	FLUOR T8 1x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 1x18 W	R\$ 2.325,12	R\$ 336.039,72	1,2 anos
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 42.215,46		
	FLUOR T8 2x16 W 600mm	LAMP LED 600mm 2x9 W	R\$ 197,04		
	FLUOR T10 2x40 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 363,30		
	FLUOR T10 3x40 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 3x18 W	R\$ 326,97		
	FLUOR COMPACTA 2x15 W E27	LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	R\$ 75,56		
BLOCO Q	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LUM CELINO 48 PSD	R\$ 287.100,00	R\$ -	10,6 anos
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 10.753,68		
	FLUOR T10 2x40 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 799,26		
	FLUOR T10 3x40 W 1200mm	LAMP LED 1200mm 3x18 W	R\$ 871,92		
	FLUOR T8 2x16 W 600mm	LAMP LED 600mm 2x9 W	R\$ 98,52		
	FLUOR COMPACTA 2x15 W E27	LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	R\$ 75,56		
BLOCO R - QUADRA EXTERNA E ARQUIBANCADA	VAPOR METÁLICO 400 W	PROJETOR LED 220 W	R\$ 27.685,62	R\$ -	13,9 anos
	FLUOR COMPACTA 2x23 W E27	HERMÉTICA + LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 2.096,50		
BLOCO S - MINI GINÁSIO	VAPOR METÁLICO 250 W	PROJETOR LED 110 W	R\$ 20.313,60	R\$ 30.020,36	4,1 anos
	-	LUM LED 2x9,5 W	R\$ 157,78		

(conclusão)

LOCAIS	MODELOS ATUAIS	SUGESTÃO EM LED			
		MODELO SUGERIDO	PREÇO POR REIROFIT (R\$)	ECONOMIA EM 10 ANOS	RETORNO DE INVESTIMENTO
BLOCO T - PISCINA, VESTIÁRIOS, DAEFI	VAPOR METÁLICO 400 W	PROJETOR LED 220 W	R\$ 21.533,26	R\$ 81.867,38	1,8 anos
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm - DAEFI	LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 1.671,18		
	FLUOR T8 1x16 W 600mm - DAEFI	LAMP LED 600mm 9 W	R\$ 24,63		
	FLUOR T8 2x32 W 1200mm - VESTIÁRIOS E PISCINA	HERMÉTICA + LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 12.998,30		
	FLUOR COMPACTA 23 W E27	LAMP LEDBULB E27 13,5 W	R\$ 25,25		
ÁREAS EXTERNAS	MISTA 260 W	PROJETOR LED 110 W	R\$ 6.094,08	R\$ -	25,1 anos
	VAPOR MERCÚRIO 126 W	LUM LED POST-TOP 43W	R\$ 38.316,16		
	FLUOR COMPACTA 23 W E27	LAMP LEDBULB E27 13,5 W	R\$ 50,50		
	PROJETOR VAPOR MERCÚRIO 126 W	PROJETOR LED 110 W	R\$ 2.031,36		
	VAPOR SÓDIO 70 W	PROJETOR LED 110 W	R\$ 4.062,72		
	FLUOR COMPACTA 45 W E27	PROJETOR LED 30 W	R\$ 1.276,00		
OUTROS	FLUOR T12 1x65 W 1200mm	LUM TCS065 + LAMP LED 1200mm 2x18 W	R\$ 31.438,50	R\$ 52.101,16	3,8 anos
	FLUOR COMPACTA 23 W E27	LAMP LEDBULB E27 13,5 W	R\$ 151,50		

TOTAL PROPOSTO	ECONOMIA EM 10 ANOS
R\$ 1.019.174,77	R\$ 2.225.546,67

Fonte: Própria.

Conforme a Tabela 9, o retorno de investimento por áreas, em sua maioria ficou ente 1,8 anos a 2,5 anos. Os ambientes que não contemplam um retorno investimento, como o bloco E, bloco Q e o bloco R, encontra-se um iluminamento atual médio distante do recomendado por norma. Assim, foi necessário incluir mais luminárias do que as existentes para que haja uma adequação a norma. No bloco E, perto da Caixa Econômica, há lâmpadas LED, assim não haverá a necessidade de um *retrofit*.

No bloco E, em particular, a iluminação com as fitas LEDs fica em torno de 16 % do valor total do *retrofit* deste bloco. Assim, se desconsiderar as fitas LEDs na modernização, o retorno de investimento passa de 17,4 anos para 14,5 anos. Logo, é de se considerar a instalação apenas dos projetores LED para a fachada, do que adicionar as fitas LEDs.

Há luminárias, especialmente no bloco J, embutidas em gesso com lâmpadas fluorescentes PLC, mas no mercado atual, não há lâmpadas que substituem diretamente, apenas luminárias. Contudo, para a realização desta troca de luminárias, há a necessidade de conhecer o diâmetro das luminárias existe, para não haja defeitos nos forros de gessos, assim, não foi considerado um *retrofit* para estas.

No bloco M, na marcenaria, além da troca das luminárias atuais, é interessante a limpeza das telhas translúcidas existentes, pois assim, as luminárias dimerizáveis a ser instaladas consumiriam menos nos períodos diurnos.

Através de simulações pelo Dialux, notou-se que as luminárias com uma lâmpada fluorescente de 54 W, 58 W ou 65 W, poderiam ser substituídas por uma luminária aletada (ANEXO L) com duas lâmpadas LED de 18W, assim é possível manter os mesmos pontos atuais das luminárias fluorescentes, sem a necessidade de reforma da infraestrutura.

As áreas externas tiveram um *payback* de 25,1 anos, mesmo realizando apenas um *retrofit* de 1 para 1. Isso deve-se aos custos elevados dos projetores e luminárias poste, ambas em LED, além do tempo de utilização das mesmas ser menor que 10 horas diárias.

Nos demais blocos, o retorno de investimento ficou entre 1 ano a 4,1 anos, com exceção do bloco F, em que o retorno de investimento ficou em aproximadamente 5,2 meses. Este bloco pode ser um dos primeiros a ter sua iluminação modernizada para os LEDs, pois além de um excelente *payback*, sua economia em 10 anos também é significativa, em aproximadamente R\$ 76.370,07.

Também é possível notar que além da redução da potência instalada, em um período de 10 anos, a universidade economizaria aproximadamente R\$2.225.546,67 gastando aproximadamente R\$ 1.019.174,77, ou seja, uma economia de mais de 100 % do valor utilizado com os materiais. Vale ressaltar que esses valores são correspondentes apenas para a compra das luminárias, lâmpadas e projetores, logo, não inclui mão-de-obra, cabeamento e infraestrutura.

Assim, com a troca da iluminação atual pelo sistema LED proposto, a universidade sai ganhando com a economia de energia, manutenção das luminárias e, conseqüentemente, mão-de-obra. Já os usuários da instituição ganham uma iluminação eficiente e de qualidade, e que foi pensada nas necessidades que cada ambiente necessita de iluminação e a adequação aos níveis mínimos de iluminamento recomendados pela norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

6 CONCLUSÃO

Com a metodologia proposta e a realização de um levantamento de campo, verificando a real situação do sistema de iluminação atual, juntamente com a pesquisa online de verificação da satisfação dos usuários com relação ao nível de iluminamento da Universidade, tendo em mente que uma boa iluminação está intrinsecamente ligada ao bom desempenho acadêmico dos alunos da instituição, teve-se a preocupação de verificar que todas os ambientes analisados se encontram com o valor da iluminância média abaixo da recomendada pela norma NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

Alguns locais exigiram um novo projeto, com a revisão do número de pontos de iluminação e remanejamento das luminárias, onde o Dialux mostrou ser uma excelente ferramenta para o auxílio da percepção da iluminação por meio da simulação dos ambientes. Em outros locais o *retrofit* foi a solução mais eficiente, pois o fluxo médio destes ambientes está pouco abaixo dos valores exigidos por norma, o que se justifica pelo fato das lâmpadas fluorescentes possuírem uma curva de decaimento muito mais acentuada com relação ao tempo do que a tecnologia LED, além de o fator manutenção influenciar muito na qualidade da iluminação, pois as luminárias acumulam poeira, além da queima de reatores e lâmpadas ser algo encontrado com uma certa frequência no levantamento realizado.

A proposta de substituição do sistema de iluminação atual pela tecnologia LED atendeu as exigências de projeto, assim como trouxe um ganho considerável na eficiência energética do campus, pois houve uma diminuição da carga instalada em 101 kW. Esta diminuição no consumo refletiu diretamente na recuperação do investimento, pois utilizando cálculo de *payback*, foi obtida uma taxa de retorno média por ambiente de 26 meses. Esta taxa é considerada por investidores e economistas como uma taxa de retorno médio no mercado financeiro, o que torna o projeto viável economicamente. Outro ponto a se observa é que o projeto é ecologicamente correto por se tratar de uma tecnologia limpa e segura.

Com isso, a execução de um projeto de iluminação não envolve apenas a instalação de equipamentos, mas também a verificação de todo o conjunto de informações como a composição do ambiente, a finalidade da tarefa, as exigências visuais, o fluxo luminoso exigido por norma, o conforto visual dos usuários e a eficiência energética do sistema.

Este trabalho abre caminho para outras pesquisas relevantes na área de iluminação e eficiência energética. Algumas sugestões são a continuidade do estudo de viabilidade econômica da aplicação de dimerização em toda iluminação da UTFPR campus Curitiba sede centro, com o intuito de tornar o sistema de iluminação ainda mais eficiente.

Outra pesquisa é a realização do estudo de viabilidade da modernização da iluminação e estudo de eficiência energética dos demais equipamentos e instalações elétricas no campus Ecoville, Neoville, bloco V e prédios administrativo, todos em Curitiba, que não entraram no escopo deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FOMENTO ÀS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS. **PCH'S entenda melhor o setor**. Disponível em <<http://www.abrapch.org.br/pchs/entenda-melhor-o-setor>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

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 Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. Portaria interministerial nº N°1.007, de 31 de dezembro de 2010. **Ministério de Minas e Energia**. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/904396/Portaria_interminestral+1007+de+31-12-2010+Publicado+no+DOU+de+06-01-2011/d94edaad-5e85-45de-b002-f3ebe91d51d1?version=1.1>. Acesso em: 14 mai. 2016.

CASTRUCCI, Ana Maria de Lauro. **A percepção da luz**. Ciência Hoje, v.55, n.326, p.24-27, jun. 2015. Disponível em:<http://www.cienciahoje.org.br/revista/materia/id/960/n/efeitos_da_luz_nos_ritmos_humanos>. Acesso em: 28 out. 2016.

Círculo Electricidad Chile, 2014. Disponível em: <<http://circuloelectricidad.blogspot.com.br/2014/12/conceptos-de-iluminacion-curvas-y.html>>. Acessado em: 11 nov.2016.

Centro Universitário Franciscano. **Iluminação na Arquitetura**. Prof. Arq. Minéia Johann Scherer. Disponível em:<<http://www.unifra.br/professores/arquivos/20981/88030/Aula%204b%20-%20L%C3%A2mpadas%201.pdf>>. Acessado em: 12 nov.2016.

CLEAR – COMFORTABLE LOW ENERGY ARCHITECTURE. **A qualidade da iluminação depende de um número de fatores**. Disponível em <<http://new-learn.info/packages/clear/visual/people/index.html>>. Acesso em: 30 out.2016.

ConstruindoDecor 1001 ideias de decoração, 2016. **Lâmpadas Fluorescentes – Vantagens e Desvantagens**. Disponível em: <<http://construindodecor.com.br/lampadas-fluorescentes/>>. Acesso em: 13 nov.2016.

CUNHA, Livia. Gerenciamento de Energia no Brasil. **Portal O Setor Elétrico**, jun. 2010. Disponível em: <<http://www.osestoreletrico.com.br/web/a-empresa/393-gerenciamento-de-energia-no-brasil.html>>. Acesso em: 13 mai. 2016.

DIAL. **Lighting design software DIALux**. Disponível em: <<https://www.dial.de/en/dialux/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

DIAS, Enersto Manuel. **Iluminação nos locais de trabalho**. 2007. Disponível em: <<http://opac.iefp.pt:8080/images/winlibimg.aspx?skey=&doc=55652&img=1277>>. Acesso em: 29 out. 2016.

ELETROBRÁS/PROCEL. **Manual para aplicação do RTQ-C**. v.02,2013.

EMPALUX. **Informações luminotécnicas**. 2016. Disponível em: <<http://www.empalux.com.br/?a1=1>>.

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).

FIORINI, THIAGO M. S. **Projeto de Iluminação de ambientes internos especiais**. 2006. Trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Elétrica – Universidade Federal do Espírito Santo, 2006.

FUNDESCOLA, **Espaços educativos ensino fundamental: subsídios para colaboração de projetos e adequação de edificações escolares** – cadernos técnicos 4, v.2. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

GARROCHO, J. S. Luz natural e projeto de arquitetura: Estratégias para Iluminação Zenital em Centros de Compras. 2005. 117f. Dissertação (Mestrado em 84 Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

GHISI, Enedir. **Desenvolvimento de uma Metodologia para Retrofit em Sistemas de Iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina**. Florianópolis, 1997. 246 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. [Online]. 1997. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/dissertacao_ghisi.pdf>. Acesso em: 13 nov.2016.

GRANDJEAN, Etienne. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem. Porto Alegre.** Editora Artes Médicas Sul Ltda, 1998. HOSPITAL DAHER LAGO SUL. **Radiação ultravioleta emitida por lâmpadas fluorescentes causa danos à pele.** 25 jul. 2012. Disponível em <<http://www.hospitaldaher.com.br/daher/radiacao-ultravioleta-emitida-por-lampadas-fluorescentes-causa-danos-a-pele-25072012>>. Acesso em: 13 mai. 2016.

HYBINER, Juliana Mara Batista Menezes. **Análise da iluminação em salas de aulas de escolas da rede de ensino público das Superintendências Regionais de Ensino de Juiz de Fora.** Ponte Nova e Ubá, MG / Juliana Mara Batista Menezes Hybiner. – Viçosa, MG, 2015.

IDAE – Instituto para la diversificación y Ahorro de la Energía. **Guia Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación:** Centro docentes. Madri, 2001.

INTERNATIONAL LIGHTING HANDBOOK (IESNA). **The IESNA lighting handbook. New York: Illuminating Engineering Society of North America, 2000.**
MAHER, Michael. **Color Temperature and 3 Point Lighting Basics.** 13 abr. 2016. Disponível em: <<http://www.shutterstock.com/blog/color-temperature-3-point-lighting-basics>>. Acesso em: 14 out. 2016.

LAMBERTS, Roberto. **Eficiência Energética na Arquitetura, 1997.**

MAHER, Michael. **Color Temperature and 3 Point Lighting Basics.** 13 abr. 2016. Disponível em: <<http://www.shutterstock.com/blog/color-temperature-3-point-lighting-basics>>. Acesso em: 14 out. 2016.

MAJOROS, A. Daylighting. PLEA Notes, Note 4. **PLEA in Association with Department of Architecture, the University of Queensland.** Edited by S.V. Szokolay, 1998.

NBR ISO/CIE 8995-1: **Iluminação de ambientes de trabalho parte 1: Interior.** Rio de Janeiro, 2013.

OLIVEIRA, A. M. S. R. **Desenhar a luz – A luz natural como matéria prima na composição arquitetônica.** Coimbra: [s.n.], 2009.

OLIVEIRA, A. P. A.; LOPES, M. J. **Estudo e proposta para eficiência energética em salas de aula da Pontifícia Universidade Católica do Paraná utilizando tecnologia LED.** 2013. Trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Telecomunicações – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2013.

OSRAM. **DALI – interface profissional para todos s componentes de iluminação**, 2016. Disponível em: <http://www.osram.com.br/osram_br/noticias-e-conhecimento/sistemas-de-gerenciamiento-de-luz/tecnologias/dali/index.jsp>. Acesso em: 10 nov. 2016.

PEREIRA, F. O. R. **Curso de Iluminação Natural no Ambiente Construído**. In: III ENCONTRO NACIONAL E I LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1995, Gramado. Anais... Gramado: [s.n.], 1995.

PEREIRA, F. O. R.; LOPES, A. C. S.; MARQUES, A.; TEODORO, E.; BATISTA, J. O.; SANTANA, M. V.; FONSECA, R. W.; ATANÁSIO, V. **Uma investigação sobre a consideração da iluminação natural nas diferentes etapas de projeto**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, VIII, e Encontro Latino Americano, IV, Maceió, 2005. Anais... Maceió: [s.n.], v.1, p. 1471-1479. (CDROM).

PHILIPS. **Manual de Iluminação**. 3. ed. Holland: Philips Lighting Division, 1981. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

PORTAL ECOD. **Alto custo dificulta o descarte de lâmpadas, afirma Eduardo Sebben**, 11 out. 2012. Disponível em: <<http://www.ecodesenvolvimento.org/posts/2012/outubro/alto-custo-dificulta-o-descarte-de-lampadas-afirma#ixzz48v11O0Q5>>. Acesso em: 14 mai. 2016.

PROCEL. **Manual de iluminação**, agosto de 2011. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/MANUAL%20DE%20ILUMINACAO%20-%20PROCEL_EPP%20-AGOSTO%202011.pdf>. Acesso em: 13 out. 2016.

REIS, A. T. da L.; LAY, M. C. D. **Avaliação da qualidade de projetos – uma abordagem perceptiva e cognitiva**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 3, p. 21-34, jul./set. 2006.

ROBBINS, C. L. **Daylighting, design and analysis**. New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1986. 325 p.

SANTOS, Afonso H. M.; et al. **Conservação de Energia Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações**, 3ª. Edição, Eletrobras / PROCEL Educação, Universidade Federal de Itajubá, Fupai, Itajubá, 2006.

SCOPACASA, Vicente A. **Introdução à Tecnologia de LED**. Revista LA_PRO, São Paulo, ed, 2008. Disponível em: <http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/LA_Pro1/02%20-%20pro_leds_Vis%C3%A3o_Geral.pdf>. Acesso em: 21 nov. 2016.

SOUZA, Roberta V. G.; LEITE, Paula R.; SOARES, Carla P. S. **Revista Lumière**, v. 159, p. 114 - 118, julho de 2011.

USP. Laboratório de instalações elétricas, 2016. **Lâmpadas Elétricas**. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/5834654-Departamento-de-engenharia-de-energia-e-automacao-eletricas-escola-politecnica-da-usp-pea-laboratorio-de-instalacoes-eletricas.html>>. Acessado em: 12 nov.2016.

VARGAS, Cláudia Rioja de Aragão. **Os impactos da iluminação: Visão, cognição e comportamento**. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Sa%FAde/artigos/os_impactos_da_iluminacao_visao_congnicao_e_comportamento.pdf>. Acesso em: 29 out. 2016.

VIANA, Augusto N.C.; et al. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. Campinas: ANEEL, 2012.

ANEXOS

ANEXO A – Projetor SmartLED BVP161 (Philips)

SmartLED Projector 2

Robustez e preço acessível para
iluminação de áreas exteriores.



Especificações técnicas*

Descrição	BVP162 e BVP163
Versões (fluxo luminoso e potência)	LED110: 11.000 lm, 110 W LED220: 22.000 lm, 220 W
Temperatura de cor	4000 K
Índice de proteção	IP65, IK07, SPD 6kV
Vida útil @L70	30.000 horas
Material	Alumínio injetado

Benefícios

- Substituição direta para soluções convencionais
- Design robusto, produto em alumínio injetado
- Mais de **50%** de redução do consumo de energia
- Excelente relação custo benefício

Aplicação

Fachadas, outdoors e áreas exteriores

Luminária
convencional



SmartLED
Projector 2



Tipo de lâmpada e Potência	1XHPI-TP 250W 1XHPI-TP 400W	110W 220W
----------------------------	--------------------------------	--------------

Vida útil	20.000 hrs	30.000 hrs
-----------	------------	------------

ANEXO B– Luminária TCW060 (Philips)



TCW060a

TCW060 2xTL-D32W/840 EB PC-L

2 pçs - MASTER TL-D - 32 W - 840 - Policarbonato grande

A nova luminária hermética TCW060 é ideal para ser utilizada em ambientes agressivos onde é necessário proteção à prova de vapores, água e poeira, e foi especialmente desenhada e desenvolvida para a utilização com lâmpadas fluorescentes TL-D / TL5 e reatores eletrônicos. Seu design compacto e econômico proporciona uma perfeita interação ao ambiente. Com grau de proteção IP65, a TCW060 é impermeável, ampliando o seu uso para locais úmidos, como indústrias, galpões, garagens, etc. É fácil de instalar e manter, pois possui cliques de teto ajustáveis tornando a instalação ainda mais flexível e prática.

ANEXO C – Lâmpada LEDTube 18W 865 (Philips)



Essential LEDtube

ESSENTIAL LEDtube 1200mm 18W 865 T8C W G

Essential LEDtube is an affordable LED tube that is suitable for replacing T8 fluorescent lamps. The product provides a natural lighting effect for use in general lighting applications, as well as instant energy savings – an environmentally friendly solution.

Product data

General Information

Cap-Base	G13 [Medium Bi-Pin Fluorescent]
Main Application	Industrial
Nominal Lifetime (Nom)	30000 h
Switching Cycle	50000X
B50L70	30000 h

Light Technical

Color Code	865 [CCT of 6500K]
Beam Angle (Nom)	240 °
Luminous Flux (Nom)	1850 lm
Luminous Flux (Rated) (Nom)	1850 lm
Rated Beam Angle	240 °
Correlated Color Temperature (Nom)	6500 K
Color Consistency	<6
Color Rendering Index (Nom)	82
LLMF At End Of Nominal Lifetime (Nom)	70 %

Operating and Electrical

Input Frequency	50 to 60 Hz
Power (Rated) (Nom)	18 W
Lamp Current (Nom)	72 mA
Starting Time (Nom)	0.5 s

Warm Up Time To 60% Light (Nom)	instant full light s
Power Factor (Nom)	0.92
Voltage (Nom)	100-240 V

Temperature

T-Ambient (Max)	45 °C
T-Ambient (Min)	-20 °C
T-Storage (Max)	65 °C
T-Storage (Min)	-40 °C
T-Case Maximum (Nom)	70 °C

Controls and Dimming

Dimmable	No
----------	----

Mechanical and Housing

Product Length	1200 mm
----------------	---------

Approval and Application

Energy Saving Product	Yes
Suitable For Accent Lighting	No
Energy Efficiency Label (EEL)	A+
Approval Marks	CE marking UL certificate RoHS compliance KEMA Keur certificate

ANEXO D – Lâmpada LEDBulb9,5 W (Philips)



LEDLamps

LEDBulb9.5-75W E27 6500K 100-240V A60 ND

LED Lamps are a perfect fit for general lighting applications. Compatible with most existing fixtures and designed as a retrofit replacement for incandescent and halogen lamps, LED Lamps deliver huge energy savings and minimize maintenance cost

Product data

General Information		Wattage Equivalent	
Cap-Base	E27 [E27]		75 W
Nominal Lifetime (Nom)	25000 h	Starting Time (Nom)	0.5 s
Switching Cycle	50000X	Warm Up Time To 60% Light (Nom)	instant full light
Technical Type	9.5-75W	Power Factor (Nom)	0.7
		Voltage (Nom)	100-240 V
Light Technical		Temperature	
Color Code	865 [CCT of 6500K]	T-Case Maximum (Nom)	100 °C
Beam Angle (Nom)	150 °		
Luminous Flux (Nom)	1055 lm	Controls and Dimming	
Luminous Flux (Rated) (Nom)	1055 lm	Dimmable	No
Color Designation	Cool White (CW)		
Correlated Color Temperature (Nom)	6500 K	Mechanical and Housing	
Luminous Efficacy (rated) (Nom)	111.1 lm/W	Bulb Finish	Frosted
Color Consistency	ANSI		
Color Rendering Index (Nom)	80	Approval and Application	
LLMF At End Of Nominal Lifetime (Nom)	70 %	Suitable For Accent Lighting	No
		Energy Efficiency Label (EEL)	A+
		Energy Consumption kWh/1000 h	10 kWh
Operating and Electrical		Product Data	
Input Frequency	50 to 60 Hz	Full product code	871869652928700
Power (Rated) (Nom)	9.5 W	Order product name	LEDBulb9.5-75W E27 6500K 100-240V A60 ND
Lamp Current (Max)	101 mA		
Lamp Current (Min)	45 mA		

ANEXO E – Luminária PS15-S (Abalux)

PF15-S

Descritivo técnico

Plafon de sobrepor, ideal para a iluminação de residências, restaurantes, escritórios e lojas.

Instalação: Sobrepor.

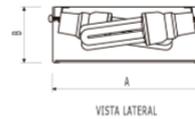
Corpo: Alumínio repuxado com pintura branca microtexturizada.

Difusor: Vidro acetinado.

Acabamento: Tinta pó poliéster de alta resistência na cor branca microtexturizada.

Fonte Luminosa: Duas lâmpadas fluorescente compacta eletrônica ou Bulbo A60.

Desenho técnico



Variações

CÓDIGO	LÂMPADA	IP	GARANTIA	MEDIDA A (MM)	MEDIDA B (MM)	
PF15-S2E27	2x Bulbo A60/2x23W-FCEL	20	2 anos	Ø241	90	VEJA MAIS ▾

ANEXO F – Tarifas vigentes para clientes do subgrupo A4



Tarifa Horária Verde - subgrupo A4

Tarifas vigentes para clientes do subgrupo A4 (2,3 a 25 kV) enquadrados na Modalidade Tarifária Verde.

**Horossazonal VERDE
A4 (2,3 a 25 kV)
Tarifas**

**Demanda (R\$/kW)
Demanda Ultrapassagem
(R\$/kW)
Consumo (R\$/kWh)**

**Ponta
Fora de Ponta**
Vigência em 24/06/2017

**Resolução ANEEL Nº 2.255,
de 20 de junho de 2017**

**Resolução ANEEL com Impostos:
ICMS e PIS/COFINS**

14,17 22,23
28,34 44,46

1,17346 1,84101
0,27834 00,43668

[Voltar](#)

Publicado em 07.07.17

ANEXO G – Luminária Celino LED BCS680 DALI (Philips)



Celino LED BCS680 C

BCS680 C LED48/840 PSD W17L120 MLO-PC

China - LED Module 4800 lm - 840 - Fonte de alimentação com interface DALI - Largura 0,17 m, comprimento 1,20 m - Óptica de microlente em tampa de policarbonato

Celino is a complete luminaire range that reflects the market trend towards miniaturization and architectural integration, while delivering a significant advance in optical performance. Celino features Philips' aluminum micro optic with 3D lamellae, which ensures optimum visual comfort and efficiency in compliance with the latest office-lighting norm (EN 12464-1). Made of natural anodized aluminum, the housing of Celino is a mere 71 mm wide and has die-cast-aluminum end caps. The design allows multiple luminaires to be connected in a line arrangement. Celino is available as a full range – suspended, surface-mounted, free-standing and wall-mounted, with a choice of TL5, TL5 Eco or LED light sources – for maximum freedom in application.

Dados do produto

General Information			
Duplication code	C [China]	Luminaire light beam spread	110° x 110°
Lamp family code	LED48 [LED Module 4800 lm]	Control interface	DALI
Beam angle of light source	120 °	Connection	CE [Conector externo]
Light source color	840	Cable	Não
Light source replaceable	Não	Protection class IEC	CL1 (I)
Number of gear units	1	Glow-wire test	650/30 [Temperature 650 °C, duration 30 s]
Driver/power unit/transformer	PSD [Fonte de alimentação com interface DALI]	Flammability mark	NO [Não]
Driver included	Sim	CE mark	Não
Optic type	WB [Facho largo]	ENEC mark	Não
Tipo de acessório de lente/difusor ótico	MLO-PC [Óptica de microlente em tampa de policarbonato]	Warranty period	3 years
		Fluxo luminoso constante	No
		Number of products on MCB	24

ANEXO H – Fita LED Plug& Play RGB (Brília)



INTELLIGENT

FITA PLUG & PLAY 15 W/M - RGB - 25M

Quer mais cor na sua fachada ou jardim? A fita LED Brília de Tensão RGB é a solução perfeita para ambientes externos. Para facilitar ainda mais sua aplicação, disponíveis em 25 metros. Você pode controlá-las à distância pelo Brília Controle Slim (vendido separadamente).

2 ANOS DE GARANTIA

FAVORITAR 

ECONOMIA

ECONOMIA  SUSTENTABILIDADE  EFEITO 

CONTROLE   ON/OFF  DIMERIZÁVEL  CONTROLE DE COR

ESPECIFICAÇÕES / REF. 431030

- > ÂNGULO DE ABERTURA (50%): 120°
- > VIDA ÚTIL (L70): 15.000 H
- > POTÊNCIA: 15 W/m
- > TENSÃO: 127 V
- > FREQUÊNCIA: 50/60 Hz
- > CORRENTE ELÉTRICA: 122 mA (127 V)
- > FATOR DE POTÊNCIA: $\geq 0,9$
- > TEMPERATURA DE OPERAÇÃO: -20°C A 40°C
- > DIMENSÕES: 25 m (C) x 16 mm (L)
- > ÍNDICE DE PROTEÇÃO IP 66
- > TEMPERATURA DE COR: RGB

ESPECIFICAÇÕES / REF. 431627

- > ÂNGULO DE ABERTURA (50%): 120°
- > VIDA ÚTIL (L70): 15.000 H
- > POTÊNCIA: 15 W/m
- > TENSÃO: 220 V
- > FREQUÊNCIA: 50/60 Hz
- > CORRENTE ELÉTRICA: 65 mA (220 V)
- > FATOR DE POTÊNCIA: $\geq 0,9$
- > TEMPERATURA DE OPERAÇÃO: -20°C A 40°C
- > DIMENSÕES: 25 m (C) x 16 mm (L)
- > ÍNDICE DE PROTEÇÃO IP 66
- > TEMPERATURA DE COR: RGB

ANEXO I – Projetor Smart LED Flood (Philips)

SmartLED Flood

A solução ideal para substituição de projetores convencionais de baixo fluxo.



Especificações técnicas*

Descrição	BVP100
Versões (fluxo luminoso e potência)	LED20: 1.500 lm, 20 W LED30: 2.500 lm, 30 W LED50: 3.500 lm, 50 W LED70: 4.500 lm, 70 W
Temperatura de cor	4000 K
Índice de proteção	IP65, IK08, SPD 6kV
Vida útil @L70	30.000 horas
Cores do corpo	Cinza (RAL7004)

Benefícios

- Até **90%** de economia de energia
- Melhor relação custo benefício do mercado
- Design robusto, produto em alumínio injetado
- Vida útil até 15 vezes mais longa que a solução tradicional
- Baixo custo de manutenção

Aplicação

Fachadas, jardins, outdoors, estacionamentos e sinalização de lojas

	Luminária convencional	SmartLED Flood
Tipo de lâmpada e Potência	1XHAL 150W 1XHAL 200W 1XHAL 300W 1XHAL 500W	20W 30W 50W 70W
Vida útil	2.000 hrs	30.000 hrs

ANEXO J – Luminária BCW062 53 W PSD (Philips)

BCW062



A conceituada luminária hermética Philips BCW062, montada com os LEDs de alta eficiência luminosa, proporciona maior confiabilidade e grande economia de energia. Seu design robusto com grau de proteção IP65 a torna ideal para ser utilizada em ambientes onde é necessário proteção à prova de vapores, água e poeira. Fácil de instalar, possui cliques de teto ajustáveis tornando a instalação ainda mais flexível e prática.

Características

- Solução LED
- Suporte de teto em aço inoxidável.
- Acessório - Clipe de inox (vendido separadamente).
- Ideal para aplicações em Ambientes úmidos, estacionamentos e depósitos.

Benefícios

- Excelente grau de proteção IP65.
- Excelente resistência à impacto. Corpo em policarbonato IK08

Especificações

Família do Produto	BCW062
Fluxo Luminoso	3.900lm, 5.300lm
Potência	36W, 53W
Temperatura de Cor	4000K
Índice de Reprodução de Cor	80
Driver	Fixo (PSU), DALI (PSD)
Tensão	220-240V
Vida Útil	50.000 horas L70@35°C
Material do Corpo	Policarbonato (PC)
Material da Ótica	Policarbonato (PC), resistente a raios UV
Acabamento	Cinza (corpo), branco (refletor)
Instalação	Suporte de teto em aço inoxidável



ANEXO K – Luminária Smart LED Post-top (Philips)



Smart LED Post-top

BGP151 LED3000/WW PSU 220-240V 9006

Power supply unit

Smart LED Post-top is an affordable LED lighting fixture that combines reliability and good light distribution. With its pleasing proportions and well-sculpted lines, it blends in seamlessly with its surroundings.

Product data

General Information		Application Conditions	
Light source color	Warm white	Ambient temperature range	-20 to +35 °C
Driver/power unit/transformer	Power supply unit	Product Data	
RAL color	White aluminum (9006)	Full product code	911401657602
Operating and Electrical		Order product name	BGP151 LED3000/WW PSU 220-240V 9006
Input Voltage	220 to 240 V	Order code	911401657602
Input Frequency	50 to 60 Hz	Numerator - Quantity Per Pack	1
Approval and Application		Numerator - Packs per outer box	1
Ingress protection code	IP65 [Dust penetration-protected, jet-proof]	Material Nr. (12NC)	911401657602
Mech. impact protection code	IK08 [5 J vandal-protected]	Net Weight (Piece)	7.200 kg
Initial Performance (IEC Compliant)			
Init. Corr. Color Temperature	3000 K		
Initial input power	43 W		

ANEXO L – Luminária de Sobrepor TCS065 2x32W (Philips)

OBS: para a instalação desta luminária, deve-se considerar a luminária vazia com o código TCS068.



TBS/TCS065 – Ampla funcionalidade

TCS065

As luminárias TBS050 / TCS050 foram especialmente desenvolvidas para a iluminação de interiores comerciais disponíveis nos modelos de embutir e sobrepor. É uma linha econômica própria para ser utilizada com lâmpadas fluorescentes tubulares de 16, 20, 32 ou 40W. As luminárias podem ser embutidas ou sobrepostas em qualquer tipo de forro (gesso ou pacote) e possui o sistema óptico C4 que garantem a qualidade de projetos, economia de energia, excelente rendimento luminoso e fácil instalação.

Benefícios

- Funcional e conveniente pela fácil aplicação e qualidade de luz
- Óptica C4 que proporciona boa qualidade de iluminação
- Fácil instalação e manutenção

Características

- Refletores em alumínio alto brilho
- Perfeita distribuição de luz que aperfeiçoa o seu projeto

Aplicação

- Escritórios
- Edifícios
- Escolas
- Universidades
- Bibliotecas

Especificações

Tipo	TCS065	Fonte de Luz	4 x 16 W / 2 x 32 W / TL-D
Tensão de rede	Eletrônico 220 V / 60-50 Hz. (EB)	Instalação	De Sobrepor TCS065: em lajes Para módulos de gesso
Material e acabamento	Corpo em aço fosfatizado de 0.5 mm de espessura na cor branca Ópticas em alumínio alta pureza Aletas parabólicas em alumínio brilhante (C4)		

APÊNDICE

APÊNDICE A – Levantamento sistema de iluminação UTFPR-CT

(continua)

Ambiente	Luminárias	Qtde. Luminárias [PÇ]	Potência das lâmpadas por luminária [W]	Potência por Luminária (lâmpada + 10% do reator) [W]	Potência Total [W]
BLOCO A	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	484	32	35,20	10.366,17
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	46	64	70,40	1.970,43
	LUM 1x58 W Fluor T12 1200mm	36	58	63,80	1.397,51
	LUM 1x65 W Fluor T12 1200mm	30	65	71,50	1.305,14
	LUM 2x15 W Fluor Compacta E27	6	30	33,00	228,90
TOTAL BLOCO A					15.268,15
BLOCO B	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	148	32	35,20	3.169,82
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	313	64	70,40	13.407,48
	LUM 1x65 W Fluor T12 1200mm	17	65	71,50	739,58
	LUM 2x15 W Fluor Compacta E27	24	30	33,00	915,61
TOTAL BLOCO B					18.232,49
BLOCO C	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	170	32	35,20	3.641,01
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	308	64	70,40	13.193,31
	LUM 1x54 W Fluor T5 1200mm	76	54	59,40	2.746,82
	LUM 1x65 Fluor T12 1200mm	34	65	71,50	1.479,16
TOTAL BLOCO C					21.060,30
BLOCO D	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	634	32	35,20	13.578,83
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	40	64	70,40	1.713,42
	LUM 15W Fluor Compacta E27	2	15	16,50	38,15
TOTAL BLOCO D					15.330,39
BLOCO E	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	70	32	35,20	1.499,24
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	125	64	70,40	5.354,43
	LUM 3x32 W Fluor T8 1200mm	1	96	105,60	64,25
	LUM 4x32 W Fluor T8 1200mm	135	128	140,80	11.565,56
	LUM 1x40 W Fluor T10 1200mm	2	40	44,00	53,54
	LUM 2x15 W Fluor Compacta E27	55	30	33,00	2.098,27
	LUM 2x18 W LED T8 1200mm	7	32	32,00	140,74
	Projektor 100 W Mista	4	100	110,00	276,45
TOTAL BLOCO E					21.052,48
BLOCO F	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	103	32	35,20	2.206,02
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	79	64	70,40	3.384,00
	LUM 1x16 W Fluor T8 600mm	2	16	17,60	21,42
	LUM 1x15W Fluor Compacta E27	6	15	16,50	114,45
TOTAL BLOCO F					5.725,89
BLOCO G	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	6	32	35,20	128,51
	LUM 2x40 W Fluor T10 1200mm	2	80	88,00	107,09
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	217	64	70,40	9.295,28
	LUM 2x16 W Fluor T8 600mm	4	32	35,20	85,67
TOTAL BLOCO G					9.616,55
BLOCO H	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	82	32	35,2	1756,25
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	133	64	70,4	5697,11
	LUM 4x32 W Fluor T8 1200mm	4	128	140,8	342,68
	LUM 1x40 W Fluor T10 1200mm	1	40	44,0	26,77
	LUM 1x16 W Fluor T8 600mm	10	16	17,6	107,09
	LUM 2x15W Fluor Compacta E27	2	30	33	76,30
	LUM 2x26 W Fluor Compacta PLC	4	52	57,20	220,42
	LUM 1x23W Fluor Compacta E27	17	23	25,30	497,23
TOTAL BLOCO H					8.723,86

(continua)

Ambiente	Luminárias	Qntde. Luminárias [PÇ]	Potência das lâmpadas por luminária [W]	Potência por Luminária (lâmpada + 10% do reator) [W]	Potência Total [W]
BLOCO J	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	4	32	35,2	85,67
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	306	64	70,4	13.107,64
	LUM 2x16 W Fluor T8 600mm	4	32	35,2	85,67
	LUM 4x16 W Fluor T8 600mm	19	64	70,4	813,87
	LUM 2x15W Fluor Compacta E27	70	30	33	2.670,52
	LUM 1x23 W Fluor Compacta E27	17	23	25,3	497,23
	LUM 2x26 W Fluor Compacta PLC	24	52	57,2	1.322,54
	LUM 100 W Incand. E27	4	100	110	254,34
	Projeter Halogenena	1	0	0	0,00
	Spot de 9W	18	9	9,9	111,96
	Projeter 250 W Metálico	1	250	275	172,78
Projeter 100 W Mista	2	100	100	125,66	
TOTAL BLOCO J					19.247,88
BLOCO L	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	178	32	35,20	3.812,35
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	355	64	70,40	15.206,57
	LUM 2x54 W Fluor T5 1200mm	2	108	118,80	144,57
	Projeter Halógena	5	0	0,00	0,00
	LUM 1x23 W Fluor Compacta E27	3	23	25,30	87,75
	LUM 1x16 W Fluor T8 600mm	2	16	17,60	21,42
	LUM 1x9 W LED T8 600mm	2	9	9,90	12,72
LUM 1x9 W LEDBulb E27	1	9	9,90	6,36	
TOTAL BLOCO L					19.291,73
BLOCO M	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	66	32	35,20	1.413,57
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	77	64	70,40	3.298,33
	LUM 4x16 W Fluor T8 600mm	50	64	70,40	2.141,77
	LUM 1x15 W Fluor Compacta E27	4	15	16,50	76,30
	LUM 2x26 W Fluor Compacta PLC	22	52	57,20	1.212,33
TOTAL BLOCO M					8.142,30
BLOCO N	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	64	32	35,20	1.370,73
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	581	64	70,40	24.887,37
	LUM 2x16 W Fluor T8 600mm	4	32	35,20	85,67
	LUM 2x40 W Fluor T10 1200mm	5	80	88,00	267,72
	LUM 3x40 W Fluor T10 1200mm	3	120	132,00	240,95
	LUM 2x15 W Fluor Compacta E27	2	30	33,00	76,30
TOTAL BLOCO N					26.928,75
BLOCO Q	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	722	64	70,40	30.927,17
	LUM 2x40 W Fluor T10 1200mm	11	80	88,00	588,99
	LUM 3x40 W Fluor T10 1200mm	8	120	132,00	642,53
	LUM 2x16 W Fluor T8 600mm	2	40	44,00	53,54
	LUM 2x15 W Fluor Compacta E27	2	30	33,00	63,58
TOTAL BLOCO Q					32.275,81
BLOCO R - QUADRA EXTERNA E ARQUIBANCADA	Projeter 400 W Vapor Metálico	15	400	440,00	4.146,77
	LUM 2x23 W Fluor Compacta E27	6	46	50,60	350,98
TOTAL BLOCO R - QUADRA EXTERNA E ARQUIBANCADA					4.497,75
BLOCO S - MINI GINÁSIO	Projeter 250 W Metálico	20	250	275,00	3.455,64
TOTAL BLOCO S - MINI GINÁSIO					3.455,64

(conclusão)

Ambiente	Luminárias	Qntde. Luminárias [PÇ]	Potência das lâmpadas por luminária [W]	Potência por Luminária (lâmpada + 10% do reator) [W]	Potência Total [W]
BLOCO T	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	89	64	70,40	3.812,35
	LUM 1x23 W Fluor Compacta E27	1	23	25,30	29,25
	PROJETOR 400 W Metálico	16	400	440,00	4.423,22
	LUM 1x16 W Fluor T8 600mm	1	16	17,60	10,71
TOTAL BLOCO T - BLOCO T - PISCINA, VESTIÁRIOS, DAEFI					8.275,53
ÁREAS EXTERNAS	Projeto 260 W Mista	6	260	260,00	980,15
	LUM 126 W Vapor de Mercúrio	19	126	138,60	1.654,56
	LUM 1x23 W Fluor Compacta E27	2	32	35,20	81,39
	Projeto 126 W Vapor de Mercúrio	2	126	138,60	174,16
	LUM 70 W Vapor de Sódio	4	70	77,00	193,52
Projeto 45 W Fluor Compacta E27	4	45	49,50	228,90	
ÁREAS EXTERNAS					3.312,68
OUTROS	LUM 1x65 W Fluor T12 1200mm	150	65	71,5	6525,71
	LUM 1x23 W Fluor Compacta E27	6	23	25,3	175,49
OUTROS					6.701,20
PO TÊNCIA TOTAL 3 Ø [W]					247.139,38

APÊNDICE B – Retrofit do sistema de iluminação UTFPR-CT

(continua)

Ambiente	Luminárias	Qtde. Luminárias [PÇ]	Potência Total [W]	Luminárias LED	Qtde. Luminárias [PÇ]	Potência Total [W]
BLOCO A	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	484	10.366,17	LAMP LED 1200mm 1x18 W	484	5.473,74
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	46	1.970,43	LAMP LED 1200mm 2x18 W	46	1.040,46
	LUM 1x58 W Fluor T12 1200mm	36	1.397,51	LAMP LED 1200mm 2x18 W	36	814,27
	LUM 1x65 W Fluor T12 1200mm	30	1.305,14	LAMP LED 1200mm 2x18 W	30	678,56
	LUM 2x15 W Fluor Compacta E27	6	228,90	LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	6	94,14
TOTAL BLOCO A			15.268,15	TOTAL BLOCO A COM LED		8.101,17
BLOCO B	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	148	3.169,82	LAMP LED 1200mm 1x18 W	148	1.673,79
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	313	13.407,48	LAMP LED 1200mm 2x18 W	313	7.079,67
	LUM 1x65 W Fluor T12 1200mm	17	739,58	LAMP LED 1200mm 2x18 W	17	384,52
	LUM 2x15 W Fluor Compacta E27	24	915,61	LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	24	376,55
TOTAL BLOCO B			18.232,49	TOTAL BLOCO B COM LED		9.514,52
BLOCO C	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	170	3.641,01	LAMP LED 1200mm 1x18 W	170	1.922,59
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	308	13.193,31	LAMP LED 1200mm 2x18 W	308	6.966,57
	LUM 1x54 W Fluor T5 1200mm	76	2.746,82	LAMP LED 1200mm 2x18 W	76	1.719,02
	LUM 1x65 Fluor T12 1200mm	34	1.479,16	LAMP LED 1200mm 2x18 W	34	769,04
TOTAL BLOCO C			21.060,30	TOTAL BLOCO C COM LED		11.377,23
BLOCO D	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	634	13.578,83	LAMP LED 1200mm 1x18 W	634	7.170,14
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	40	1.713,42	LAMP LED 1200mm 2x18 W	40	904,75
	LUM 15W Fluor Compacta E27	2	38,15	LAMP LEDBULB E27 9,5 W	2	15,69

(continua)

Ambiente	Luminárias	Qtde. Luminárias [PÇ]	Potência Total [W]	Luminárias LED	Qtde. Luminárias [PÇ]	Potência Total [W]
TOTAL BLOCO D			15.330,39	TOTAL BLOCO D COM LED		8.090,58
BLOCO E	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	70	1.499,24	LAMP LED 1200mm 1x18 W	70	791,66
	CORREDORES					
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	27	1.156,56	LUM CELINO 48 PSD	33	995,22
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	98	4.197,87	LAMP LED 1200mm 2x18 W	98	2.216,64
	LUM 3x32 W Fluor T8 1200mm	1	64,25	LAMP LED 1200mm 3x18 W	1	33,93
	SALAS DE AULA			SALAS DE AULA		
	LUM 4x32 W Fluor T8 1200mm	135	11.565,56	LUM CELINO 48 PSD	288	8.685,60
	LUM 1x40 W Fluor T10 1200mm	2	53,54	LAMP LED 1200mm 1x18 W	2	22,62
LUM 2x15 W Fluor Compacta E27	55	2.098,27	LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	55	862,92	
LUM 2x18 W LED T8 1200mm	7	140,74	LUM 2x18 W LED T8 1200mm	7	140,74	
Fachada - MISTA 100 W	4	276,45	FITA LED 15W/m RGB	540	6.688,69	
			Projektor SMARTLED 30W	4	75,40	
TOTAL BLOCO E			21.052,48	TOTAL BLOCO E COM LED		20.513,41
BLOCO F	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	103	2.206,02	LAMP LED 1200mm 1x18 W	103	1.164,87
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	79	3.384,00	LAMP LED 1200mm 2x18 W	79	1.786,88
	LUM 1x16 W Fluor T8 600mm	2	21,42	LAMP LED 600mm 9 W	2	11,31
	LUM 1x15W Fluor Compacta E27	6	114,45	LAMP LEDBULB E27 9,5 W	6	47,07
TOTAL BLOCO F			5.725,89	TOTAL BLOCO F COM LED		3.010,12
BLOCO G	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	6	128,51	LAMP LED 1200mm 1x18 W	6	67,86
	LUM 2x40 W Fluor T10 1200mm	2	107,09	LAMP LED 1200mm 2x18 W	2	45,24
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	217	9.295,28	LAMP LED 1200mm 2x18 W	161	3.641,62
				LAJE - HERMÉTICA + LAMP LED 1200mm 2x18 W	14	316,66
				MARCNARIA HERMÉTICA LED 53 W PSD	48	1.598,39
LUM 2x16 W Fluor T8 600mm	4	85,67	LAMP LED 600mm 9 W	4	22,62	
TOTAL BLOCO G			9.616,55	TOTAL BLOCO G COM LED		5.692,39
BLOCO H	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	82	1756,25	LAMP LED 1200mm 1x18 W	82	927,37
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	133	5697,11	LAMP LED 1200mm 2x18 W	133	3008,29
	LUM 4x32 W Fluor T8 1200mm	4	342,68	LAMP LED 1200mm 4x18 W	4	180,95
	LUM 1x40 W Fluor T10 1200mm	1	26,77	LAMP LED 1200mm 1x18 W	1	11,31
	LUM 1x16 W Fluor T8 600mm	10	107,09	LAMP LED 600mm 9 W	10	56,55
	LUM 2x15W Fluor Compacta E27	2	76,30	LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	2	15,69
	LUM 2x26 W Fluor Compacta PLC	4	220,42	LUM 2x26 W Fluor Compacta PLC	4	220,42
LUM 1x23W Fluor Compacta E27	17	497,23	LAMP LEDBULB E27 13,5 W	17	189,51	
TOTAL BLOCO H			8.723,86	TOTAL BLOCO H COM LED		4.610,09
BLOCO J	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	4	85,67	LAMP LED 1200mm 1x18 W	4	45,24
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	306	13.107,64	LAMP LED 1200mm 2x18 W	306	6.921,34
	LUM 2x16 W Fluor T8 600mm	4	85,67	LAMP LED 600mm 2x9 W	4	22,62
	LUM 4x16 W Fluor T8 600mm	19	813,87	LAMP LED 600mm 4x9 W	19	429,76
	LUM 2x15W Fluor Compacta E27	70	2.670,52	LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	70	1.098,27
	LUM 1x23 W Fluor Compacta E27	17	497,23	LAMP LEDBULB E27 13,5 W	17	189,51
	LUM 2x26 W Fluor Compacta PLC	24	1.322,54	LUM 2x26 W Fluor Compacta PLC	24	1.322,54
	LUM 100 W Incand. E27	4	254,34	LAMP LEDBULB E27 13,5 W		0,00
	Projektor Halogenena	1	0,00	-	0	0,00
	Spot de 9W	18	111,96	FITA LED 15W/m RGB	50	481,70
Projektor 250 W Metálico	1	172,78	Projektor SMARTLED 30W	1	18,85	
Projektor 100 W Mista	2	125,66	Projektor SMARTLED 30W	2	37,70	
TOTAL BLOCO J			19.247,88	TOTAL BLOCO J COM LED		10.567,51
BLOCO L	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	178	3.812,35	LAMP LED 1200mm 1x18 W	178	2.013,07
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	355	15.206,57	LAMP LED 1200mm 2x18 W	355	8.029,66
	LUM 2x54 W Fluor T5 1200mm	2	144,57	LAMP LED 1200mm 4x18 W	2	90,47
	Projektor Halógena	5	0,00	-	0	0,00
	LUM 1x23 W Fluor Compacta E27	3	87,75	LUM 1x13,3 W LEDBulb E27	3	32,95
	LUM 1x16 W Fluor T8 600mm	2	21,42	LAMP LED 600mm 9 W	2	11,31
	LUM 1x9 W LED T8 600mm	2	12,72	LAMP LED 600mm 9 W	2	11,31
LUM 1x9 W LEDBulb E27	1	6,36	LUM 1x9 W LEDBulb E27	1	7,43	
TOTAL BLOCO L			19.291,73	TOTAL BLOCO L COM LED		10.196,20

(conclusão)

Ambiente	Luminárias	Qtde. Luminárias [PÇ]	Potência Total [W]	Luminárias LED	Qtde. Luminárias [PÇ]	Potência Total [W]
BLOCO M	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	66	1.413,57	LAMP LED 1200mm 1x18 W	66	746,42
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	77	3.298,33	LAMP LED 1200mm 2x18 W	77	1.741,64
	LUM 4x16 W Fluor T8 600mm	50	2.141,77	LAMP LED 600mm 4x9 W	50	1.130,94
	LUM 1x15 W Fluor Compacta E27	4	76,30	LAMP LEDBULB E27 1x9,5 W	4	31,38
	LUM 2x26 W Fluor Compacta PLC	22	1.212,33	LUM 2x26 W Fluor Compacta PLC	22	1.212,33
TOTAL BLOCO M			8.142,30	TOTAL BLOCO M COM LED		4.862,71
BLOCO N	LUM 1x32 W Fluor T8 1200mm	64	1.370,73	LAMP LED 1200mm 1x18 W	64	723,80
	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	581	24.887,37	LAMP LED 1200mm 2x18 W	581	13.141,49
	LUM 2x16 W Fluor T8 600mm	4	85,67	LAMP LED 600mm 2x9 W	4	45,24
	LUM 2x40 W Fluor T10 1200mm	5	267,72	LAMP LED 1200mm 2x18 W	5	113,09
	LUM 3x40 W Fluor T10 1200mm	3	240,95	LAMP LED 1200mm 3x18 W	3	101,78
LUM 2x15 W Fluor Compacta E27	2	76,30	LAMP LEDBULB E27 2x13,5 W	2	44,59	
TOTAL BLOCO N			26.928,75	TOTAL BLOCO N COM LED		14.170,00
BLOCO Q	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	722	30.927,17	LUM CELINO 48 PSD	722	21.774,32
	LUM 2x40 W Fluor T10 1200mm	11	588,99	LAMP LED 1200mm 2x18 W	11	248,81
	LUM 3x40 W Fluor T10 1200mm	8	642,53	LAMP LED 1200mm 3x18 W	8	271,42
	LUM 2x16 W Fluor T8 600mm	2	53,54	LAMP LED 600mm 2x9 W	2	22,62
	LUM 2x15 W Fluor Compacta E27	2	63,58	LAMP LEDBULB E27 2x9,5 W	2	31,38
TOTAL BLOCO Q			32.275,81	TOTAL BLOCO Q COM LED		22.348,54
BLOCO R	Projektor 400 W Vapor Metálico	15	4.146,77	PROJETOR LED 220 W	18	2.488,06
	LUM 2x23 W Fluor Compacta E27	6	350,98	HERMÉTICA + LAMP LED 1200mm 2x18 W	10	201,06
TOTAL BLOCO R - QUADRA EXTERNA E ARQUIBANCADA			4.497,75	ADRA EXTERNA E ARQUIBANCADA COM LED		2.689,12
BLOCO S	Projektor 250 W Metálico	20	3.455,64	PROJETOR LED 110 W	20	1.382,26
	-	0	0,00	LUM LED 2x9,5 W	1	15,69
TOTAL BLOCO S - MINI GINÁSIO			3.455,64	TOTAL BLOCO S - MINI GINÁSIO COM LED		1.397,95
BLOCO T	LUM 2x32 W Fluor T8 1200mm	89	3.812,35	LAMP LED 1200mm 2x18 W	89	2.013,07
	LUM 1x23 W Fluor Compacta E27	1	29,25	LAMP LEDBULB E27 13,5 W	1	11,15
	PROJETOR 400 W Metálico	16	4.423,22	PROJETOR LED 220 W	14	1.935,16
	LUM 1x16 W Fluor T8 600mm	1	10,71	LAMP LED 600mm 9 W	1	5,65
TOTAL BLOCO T - BLOCO T - PISCINA, VESTIÁRIOS, DAEEI			8.275,53	TOTAL BLOCO T COM LED		3.965,03
ÁREAS EXTERNAS	Projektor 260 W Mista	6	980,15	PROJETOR LED 110 W	6	414,68
	LUM 126 W Vapor de Mercúrio	19	1.654,56	LUM LED POST-TOP 43W	19	513,32
	LUM 1x23 W Fluor Compacta E27	2	81,39	LAMP LEDBULB E27 13,5 W	2	22,30
	Projektor 126 W Vapor de Mercúrio	2	174,16	PROJETOR LED 110 W	2	138,23
	LUM 70 W Vapor de Sódio	4	193,52	PROJETOR LED 110 W	4	276,45
Projektor 45 W Fluor Compacta E27	4	228,90	PROJETOR LED 30 W	4	75,40	
ÁREAS EXTERNAS			3.312,68	ÁREAS EXTERNAS COM LED		1.440,37
OUTROS	LUM 1x65 W Fluor T12 1200mm	150	6525,71	LAMP LED 1200mm 2x18 W	150	3392,81
	LUM 1x23 W Fluor Compacta E27	6	175,49	LAMP LEDBULB E27 13,5 W	6	50,89
OUTROS			6.701,20	OUTROS COM LED		3.443,70

POTÊNCIA TOTAL 3 Ø ATUAL [W] 247.139,38

POTÊNCIA TOTAL 3 Ø LED [W] 145.990,65

APÊNDICE C – PESQUISA ONLINE: ILUMINAÇÃO UTFPR-CENTRO**(continua)**

Iluminação UTFPR-CENTRO

Pesquisa de levantamento da satisfação dos usuários do campus centro da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com relação à qualidade da iluminação das dependências do campus.

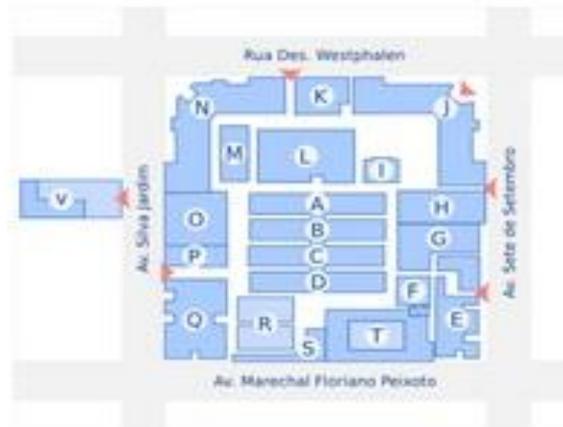
* Required

Qual é o seu vínculo com a UTFPR ? *

- Aluno externo
- Estudante nível técnico
- Estudante graduação
- Estudante nível mestrado / doutorado
- Professor
- Servidor
- Egresso
- Other: _____

(continua)

MAPA DA UTFPR - BLOCOS



Com o auxílio do mapa visto logo acima, na sua opinião quais são os ambientes mais críticos com relação à qualidade da iluminação existente dentro da UTFPR campus centro ? *

- BLOCO A
- BLOCO B
- BLOCO C
- BLOCO D
- BLOCO E
- BLOCO F
- BLOCO G
- BLOCO H
- BLOCO I
- BLOCO J
- BLOCO K
- BIBLIOTECA / BLOCO L
- RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO (RU) / BLOCO M
- BLOCO N
- BLOCO P
- BLOCO Q
- PISCINA / BLOCO T

(continua)

- BLOCO V
- QUADRA EXTERNA / BLOCO R
- MINI GINÁGIO / BLOCO S
- QUEIJOS
- PÁTIO CENTRAL
- NENHUM

NEXT

Page 1 of 2

Never submit passwords through Google Forms.

(continua)

Iluminação UTFPR-CENTRO

* Required

Pesquisa página 2/2

Na sua opinião, a qualidade da iluminação do refeitório localizado na área externa do RU é adequada para a realização das refeições no período noturno? *

- Sim
- Não
- Não sei informar

Para você, a qualidade da iluminação dos ambientes de estudo (salas de aula, laboratórios, auditórios, biblioteca) influenciam no rendimento acadêmico? *

- Sim
- Não

(conclusão)

Na sua opinião, qual é o nível de importância e preocupação que uma universidade tecnológica deve ter com a eficiência energética de suas instalações e ambientes de convívio ? *

	1	2	3	4	5	
Pouco importante.	<input type="radio"/>	Extremamente importante.				

Na sua opinião, um projeto que se preocupe com a eficiência energética, uso inteligente da energia elétrica e iluminação, com o intuito de se alcançar ambientes adequados, confortáveis aos usuários e obtendo considerável economia no consumo de energia elétrica, deve ser uma preocupação indispensável atualmente ? *

- Sim
- Não

Você conhece o programa de eficiência energética (PROPEE), regulado pela ANEEL, que destina um percentual da receita operacional líquida de empresas concessionárias ou permissionárias de distribuição de energia elétrica, para financiamento de projetos de eficiência energética ? *

- Sim
- Não

Por gentileza, deixe algum comentário que acreditar ser relevante ao tema.

Your answer

[BACK](#)[SUBMIT](#)

Page 2 of 2