

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ADAM SORDI MAIER
RUDER FELIPE CESSER

**AVALIAÇÃO DO USO DE LUMINÁRIAS TIPO LED EM GARAGENS DE
EDIFÍCIOS COMERCIAIS E RESIDENCIAIS QUANDO COMPARADAS COM
LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**CURITIBA
2016**

**ADAM SORDI MAIER
RUDER FELIPE CESSSEL**

**AVALIAÇÃO DO USO DE LUMINÁRIAS TIPO LED EM GARAGENS DE
EDIFÍCIOS COMERCIAIS E RESIDENCIAIS QUANDO COMPARADAS COM
LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil, do Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil
Orientador: Prof. Dr. Arthur Medeiros

**CURITIBA
2016**

FOLHA DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DO USO DE LUMINÁRIAS TIPO LED EM GARAGENS DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS QUANDO COMPARADAS COM LUMINÁRIAS CONVENCIONAIS

Por

Adam Sordi Maier e Ruder Felipe Cessel

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, defendido e aprovado em 21 de junho de 2016, pela seguinte banca de avaliação:

Arthur Medeiros, Dr.
Orientador
UTFPR

Vanessa do Rocio Nahhas Scandelari, Dra.
UTFPR

Marcelo Queiroz Varisco, MSc.
UTFPR

AGRADECIMENTOS

A nossa família por todo o incentivo, amor e esforços principalmente durante esses 6 anos e meio de graduação.

Aos amigos que sempre nos apoiaram e partilharam conosco todas as alegrias e dificuldades do período da graduação

Aos profissionais e empresas de Engenharia Civil que fizeram parte da nossa formação profissional, nos agregando conhecimento prático e técnico que serão essenciais para nossa futura carreira.

Aos professores responsáveis por fazer este trabalho acontecer, em especial ao Professor Dr. Arthur Medeiros e a Professora Dra. Vanessa do Rocio Nahhas Scandelari pela orientação ajuda e disponibilidade durante as duas etapas deste projeto.

Por fim agradecemos a Deus pela força e a oportunidade de realizar este sonho.

RESUMO

O sistema de iluminação com lâmpadas tipo LED (*Light Emission Diod*), apesar de estar no mercado já há algum tempo ainda não vem sendo muito utilizado em empreendimentos, sejam eles comerciais ou residências. A promessa de uma redução no custo mensal de energia ainda não é muita disseminada na população, haja vista a significativa diferença no preço destas lâmpadas em relação às lâmpadas convencionais, como por exemplo, as lâmpadas fluorescentes. Quando se pensa em instalação de lâmpadas LED nos dias de hoje deve-se pensar como um investimento em longo prazo e ainda assim muitas vezes este investimento pode não se tornar viável. Sistemas de iluminação com lâmpadas de LED vêm ganhando espaço no mercado devido a uma série de fatores, que serão apresentados nesse trabalho, um dos fatores que pode-se destacar é a adequação de alguns projetos e empreendimentos para obterem certificações de qualidade e sustentabilidade, como o internacionalmente conhecido certificado de sustentabilidade LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). O presente trabalho tem como objetivo apresentar os conceitos gerais sobre a iluminação LED e analisar a viabilidade econômica de sua instalação, quando comparada com um sistema de iluminação com lâmpadas fluorescentes. A análise dessa viabilidade será feita com o estudo de caso de dois empreendimentos, um comercial e o outro residencial.

ABSTRACT

Despite of being on the market for some time, the LED (Light Emission Diod) lamp illumination system has not being used in currently enterprises, whether commercial or residential. The promise of a cutback on the monthly consumption of energy is still not very scattered throughout the population, considering the significantly difference of prices in relation to conventional lamp systems, for example, fluorescent lamps. When talking about LED lamps currently, the entrepreneur must take into consideration that it is a long-term investment and that could not turn out viable. The LED illumination system has being gaining space inside the market due to a series of factors which will be presented on this project; one highlighted factor is the adequacy of some projects and enterprises to obtain quality and sustainability certifications, as the international known sustainability certificate the LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). The objective of this project is to present the general concepts about the LED illumination system and evaluate the economical viability of its installation when compared with a fluorescent lamps illumination system. The analysis of that viability is going to be made by the study case of two enterprises, where one of them is commercial and the other residential.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho ilustrativo do fluxo luminoso	22
Figura 2 – Desenho ilustrativo da iluminância	23
Figura 3 – Desenho ilustrativo da luminância	23
Figura 4 – Desenho ilustrativo da variação da cor conforme temperatura	25
Figura 5 – Lâmpada fluorescente desenho ilustrativo da luminância	28
Figura 6 – Planta baixa de garagem do edifício comercial.....	36
Figura 7 – Planta baixa de garagem do edifício residencial.....	37
Figura 8 – Relação do conforto luminoso entre nível de iluminância e tonalidade de cor da lâmpada.....	38
Figura 9 – Luminária lumilux	39
Figura 10 – Lâmpada fluorescente	40
Figura 11 – Lâmpada led	40
Figura 12 - Valor acumulado dos conjuntos de lâmpadas.....	53
Figura 13 – Valor acumulado dos conjuntos de lâmpadas.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Iluminância em lux.....	32
Quadro 2 – Consumo de energia elétrica – subgrupo a4	45
Quadro 2 – Consumo de energia elétrica – subgrupo a4	51

LISTA DE SIGLAS

LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
LED	Light Emitting Diode
IRC	Índice de Reprodução de Cor

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Refletância entre dos tetos e paredes.....	34
Tabela 2 – Catálogo osram (2014)	42
Tabela 3 – Dados técnicos e preços	43
Tabela 4 – Valores para cálculo do fluxo luminoso.....	44
Tabela 5 – Número necessário de lâmpadas	44
Tabela 6 – Consumo das lâmpadas	45
Tabela 7 – Preço mensal de energia elétrica consumida	46
Tabela 8 – Índice equivalente do conjunto	46
Tabela 2 – Catálogo osram (2014)	48
Tabela 3 – Dados técnicos e preços	49
Tabela 9 – Valores para cálculo do fluxo luminoso.....	49
Tabela 10 – Número necessário de lâmpadas	50
Tabela 11 – Consumo das lâmpadas	50
Tabela 12 – Preço mensal de energia elétrica consumida	51
Tabela 13 – Índice equivalente do conjunto	52

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	12
1.1.	OBJETIVO GERAL.....	14
1.2.	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	15
1.3.	JUSTIFICATIVA.....	15
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1.	O SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO LEED.....	18
2.2.	ILUMINAÇÃO.....	21
2.2.1	Conceitos importantes para projetos luminotécnico.....	22
2.2.1.1	Fluxo luminoso nominal (Φ).....	22
2.2.1.2	Nível de iluminação ou iluminância (E)	22
2.2.1.3	Luminância.....	23
2.2.1.4	Eficácia luminosa.....	24
2.2.1.5	Índice de reprodução de cor (IRC)	24
2.2.1.6	Temperatura e cor correlata.....	24
2.2.1.7	Vida útil e vida mediana.....	25
2.2.1.8	Curva de distribuição luminosa.....	25
2.3.	FUNDAMENTOS PARA UM PROJETO LUMINOTÉCNICO	25
2.3.1	Fatores que influenciam na iluminação	26
2.3.1.1	Nível de iluminância adequada.....	26
2.3.1.2	Limitação de ofuscamento.....	26
2.3.1.3	Tonalidade de cor da luz e reprodução das cores.....	26
2.4.	TIPOS DE LÂMPADAS ESTUDADAS.....	27
2.4.1	Lâmpadas fluorescentes	27
2.4.1.1	Descarte das lâmpadas fluorescentes.....	28
2.4.2	Lâmpadas led	28
2.4.2.1	Economia.....	29
2.4.2.2	Análise térmica.....	29
2.5.	PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO ILUMINOTÉCNICO.....	29
2.5.1	Cálculo da iluminância geral	29

2.5.2	Seleção da iluminância	31
2.5.3	Fatores de desempenho	32
2.5.3.1	Índice de recinto.....	33
2.5.3.2	Fator de reflexão.....	33
2.5.3.3	Fator de utilização.....	34
2.5.3.4	Fator de depreciação.....	34
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	36
3.5	EDIFÍCIOS OBJETOS DO ESTUDO DE CASO	36
3.6	PROJETO LUMINOTÉCNICO TEÓRICO DAS GARAGENS	37
3.6.1	Nível de iluminamento	37
3.6.2	Temperatura de cor e reprodução de cores.....	37
3.6.3	Índice de recinto.....	38
3.6.4	Fator de reflexão.....	38
3.6.5	Fator de utilização.....	39
3.6.6	Fator de depreciação	39
3.6.7	Escolha das luminárias e lâmpadas.....	39
4	RESULTADOS	41
4.1	ILUMINAMENTO (E).....	41
4.2	ÍNDICE DE RECINTO (K).....	41
4.3	FATOR DE REFLEXÃO	42
4.4	FATOR DE UTILIZAÇÃO (μ)	42
4.5	FATOR DE DEPRECIAÇÃO (Fd)	42
4.6	ESPECIFICAÇÕES DAS LUMINÁRIAS	43
4.7	VALORES CALCULADOS PARA O PRÉDIO COMERCIAL	43
4.7.1	Número de lâmpadas necessárias.....	43
4.7.2	Consumo mensal de energia elétrica	44
4.7.3	Preço do conjunto de lâmpadas	46
4.8	VALORES OBTIDOS PARA O PRÉDIO RESIDENCIAL	47
4.8.1	Iluminamento (e).....	47
4.8.2	Índice de recinto (k)	47
4.8.3	Fator de reflexão.....	47
4.8.4	Fator de utilização (μ)	47
4.8.5	Fator de depreciação (Fd).....	48

4.8.6	Especificações das luminárias.....	48
4.9	VALORES CALCULADOS PARA O EDIFÍCIO RESIDENCIAL.....	49
4.9.1	Número de lâmpadas necessárias.....	49
4.9.2	Consumo mensal de energia elétrica.....	50
4.9.3	Preço do conjunto de lâmpadas.....	51
4.10	Comparativo.....	52
5	CONCLUSÃO.....	55
6	REFERÊNCIAS	57

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a velocidade com que o homem consome os recursos naturais é superior à velocidade que o meio ambiente e os processos artificiais conseguem os regenerar, este fato aliado à falta de consciência do homem ao usufruir dos bens que estão no meio tem preocupado a sociedade em modo geral.

Esta preocupação atinge em especial os governos e organizações privadas, que estão em busca constante por alternativas que possam reduzir os impactos ambientais gerados, desde o consumo exacerbado de água em pequenas residências até o gasto excessivo de energia elétrica em indústrias de grande porte.

No Brasil, apesar da existência de um grande território e de jazidas das mais diversas, o cenário de preocupação ambiental não é diferente do restante do mundo, pois 80% de sua matriz energética advêm de hidrelétricas, as quais estão vulneráveis às mudanças climáticas, podendo comprometer o abastecimento energético. Outra grande preocupação é o descarte e o reaproveitamento dos resíduos gerados pelos mais diversos setores, dentre os quais se estima que 60% dos resíduos sólidos sejam oriundos da construção civil, de acordo com Medeiros (2002).

Neste contexto, a sustentabilidade vem ganhando muito espaço e importância. Leis e regulamentos buscam transformar a mentalidade de empresários, os quais buscam cada vez mais trazer para dentro de suas empresas a preocupação ambiental, visando à economia de energia, água além de agregar maior valor econômico as suas atividades. Na área da construção civil não é diferente e investidores juntamente a engenheiros, arquitetos, construtores e demais profissionais da área são orientados a garantir a ausência de impactos negativos ao ambiente e à sociedade, com a adoção de práticas sustentáveis. Nota-se também que há crescente conscientização ambiental da população sobre o tema, principalmente as das classes A e B brasileiras, o que viabiliza muitos dos empreendimentos ditos sustentáveis e certificados, especialmente os de cunho comercial.

Neste sentido, ouve-se falar em *green building* ou construção sustentável, termos que as empresas utilizam e que são atribuídos através de certificações que fornecem o título de obra sustentável. O processo de certificação nas companhias é acompanhado por uma mudança na forma em que a construção é concebida,

mudanças estas que envolvem os materiais utilizados e também o processo executivo na construção do edifício.

Uma das certificações mais aceitas comercialmente em âmbito nacional é o processo de avaliação ambiental LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*. A certificação LEED teve sua primeira versão lançada em Janeiro de 1999 e é dirigida pelo (GBC) *Green Building Council*, organização não governamental criada em 1993, reconhecida internacionalmente cujo foco está na sustentabilidade e em empreendimentos imobiliários. O GBC Brasil é o representante oficial do LEED em nosso território (USGBC, 2014). Esse processo trata de uma certificação voluntária criada para mensurar o desempenho ambiental de construções em fase de projeto, construção e operação, sejam elas comerciais, institucionais ou residenciais.

Segundo a USGBC, são 6(seis) os principais motivos para uma empresa adotar esta certificação:

- Escolha do local do empreendimento;
- Utilização de produtos com menor impacto ambiental;
- Visar a qualidade do ambiente interno, manter sob controle a qualidade na operação da obra;
- Qualidade na manutenção da obra;
- Reduzir o consumo de água e energia.

De acordo com a matéria publicada pelo Jornal o Globo (2013), a demanda nacional pela certificação LEED de projetos cresceu 51% somente no ano de 2013. Só no ano de 2013, 829 pedidos de registro de selo foram efetuados e 126 certificados foram concedidos ao longo dos anos.

De maneira geral, o público alvo dos empreendimentos comerciais são os investidores de imóveis e empresários. Edifícios dessa categoria se tornam muito atrativos quando oferecem, além das características mínimas e valor condizente com o mercado, aspectos que venham a minimizar os custos mensais de manutenção e operação do bem. Estes atrativos geram benefícios, tais como eficiências superiores em sistemas de refrigeração e iluminação artificial, além de práticas sustentáveis quanto ao reuso de águas sujas e contenção de águas pluviais.

A motivação por trás do cliente que procura os empreendimentos sustentáveis se estende além do título “imóvel sustentável” as medidas de engenharia que gerem economia financeira ao longo da vida útil da propriedade

imobiliária. No momento da revenda esses mesmos motivadores propendem também aplicar uma positiva valorização do imóvel, tornando-o ainda mais visado. A sustentabilidade tende a mudar os paradigmas atuais do mercado imobiliário, tornando-se possivelmente uma característica determinante para o sucesso ou fracasso de novos lançamentos na concorrência cada vez mais competitiva.

Os empreendimentos que desejam obter esse *status* têm de passar por um sistema de avaliação ambiental. Estes sistemas são formados por determinados indicadores e critérios baseados na avaliação do desempenho ambiental (Larsson, 2004, *apud* Barros, 2012). Tais indicadores atribuem uma pontuação técnica que é dada em função do grau de atendimento a requisitos especificados. Dentro das seis categorias de requisitos, a que inclui os benefícios da utilização de lâmpadas LED, nomeada “energia e atmosfera”, somam 3 pontos entre os pré-requisitos e outros 17 possíveis nos demais créditos.

O aumento populacional observado nas últimas décadas, somado ao desenvolvimento tecnológico, social e econômico mundial, apontam para um cenário de contínuo aumento do consumo de energia e da necessidade de melhor aproveitamento da mesma. Partindo desse contexto, estudos sobre o uso e a pesquisa de diversas fontes alternativas de energia têm impulsionado a adoção de produtos alternativos, como por exemplo, os LEDs (*Light Emitting Diode*), os quais estão aos poucos substituindo as tradicionais lâmpadas incandescentes e fluorescentes. É importante assim, estar aberto a novas tendências tecnológicas que visem reduzir gastos, que garantam uma eficiência energética satisfatória e que apresentem maiores graus de satisfação visual (PHILIPS, 2012).

1.1. OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade econômica do uso de luminárias e lâmpadas tipo díodos emissores de luz (LED) em garagens comerciais e residências em relação às luminárias mais convencionais existentes atualmente no mercado, compostas por lâmpadas fluorescentes.

1.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Com base em projetos de um edifício comercial e de um edifício residencial, foram feitos comparativos para avaliar se o uso de luminárias LED nas garagens dos edifícios é mais vantajoso do que o uso de luminárias fluorescentes. Desta forma, buscou-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Investigar a questão econômica relacionada ao uso das diferentes lâmpadas, analisando o investimento inicial e o retorno no longo prazo.
- Analisar a eficiência energética, segundo os critérios preconizados pela certificação LEED.

1.3. JUSTIFICATIVA

Atualmente há grande procura por aplicações de sustentabilidade em diversos setores da indústria da construção civil, sejam por motivos de conscientização, benefícios econômicos, certificações de órgãos mundiais, demanda do mercado ou para atendimento de normativas regionais, nacionais e internacionais.

Além disto, o Brasil vem passando por um momento de crescente busca por novas alternativas no mercado da construção civil, alavancado por programas e incentivos governamentais, juntamente com a busca de recursos que possam trazer melhorias para as construções é extremamente importante visar à redução no consumo de energia desde a concepção de uma construção até o seu término.

No âmbito da economia de energia, há tecnologias recentes que possuem melhores eficiências energéticas do que as tecnologias tradicionais. As lâmpadas LED são o exemplo atual do que há de mais moderno no mercado mundial de iluminação. No Brasil, assim como no restante do mundo, há uma crescente demanda por esse tipo de lâmpada, o que justificou a construção da primeira fábrica no Brasil, da indústria FLC, localizada na cidade de São Paulo. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Iluminação (Abilux, 2013), houve um aumento de 30% na procura por esta tecnologia entre 2012 e 2013, estimulada principalmente pelas indústrias, empresas e a iluminação pública. Essa ampliação na procura por LED tende a aumentar drasticamente, principalmente com a imposição do governo de proibir a fabricação de lâmpadas incandescentes de acordo com a potência,

gradativamente até a totalidade em 30 de junho de 2017 (Abilux, 2013). A fatia de mercado antes ocupada pelas lâmpadas incandescentes será dividida entre as fluorescentes e as LED.

A substituição do uso de lâmpadas incandescentes por lâmpadas de LED gera economia de kWh e conseqüentemente de dinheiro significativa. Se todas as residências de São Paulo substituírem uma de suas lâmpadas incandescentes por uma lâmpada LED correspondente poderia ser gerado uma economia no consumo de energia que se compararia ao consumo de uma cidade média. Isto é, haveria uma economia de cerca de 960 milhões de kWh o que se equivale a 145 bilhões de reais (OSRAM, 2014).

As lâmpadas LED e fluorescentes têm em comum, quando comparado as incandescentes, as características de menor consumo de energia, maior quantidade de luz e durabilidade, fatores estes que as tornam mais sustentáveis. O ponto positivo das lâmpadas incandescentes é o custo e baixa de implantação, fator que é minimizado ao se analisar a economia na conta da concessionária de luz ao longo da vida útil do imóvel. Ao se comparar a lâmpada LED com a fluorescente, a primeira fica em desvantagem nos custos iniciais, visto que para uma mesma aplicação, essas em média são 23 vezes mais caras. Porém, estima-se que ao analisar uma vida útil de 30.000 horas, o sistema de iluminação em LED é 2,5 vezes mais econômico no custo de energia total de energia e, segundo dados dos fabricantes, não há custos na troca, o que diluí a disparidade do custo de implantação. Portanto, o cenário de grande abrangência é dominado pela tecnologia LED, os exemplos mais comuns desses casos são as áreas que ficam mais tempo iluminadas, como é o caso de áreas de circulação de pessoas e veículos, áreas estas que sofrem com a constante necessidade de manutenção devido a queima ou término da vida útil do sistema e deste modo passível de troca desse sistema por LED. É com esse foco que as indústrias de lâmpadas desenvolveram linhas de produtos específicos para a substituição de sistemas fluorescentes pela tecnologia LED, com total aproveitamento das luminárias existentes e investimento somente com as lâmpadas.

No entanto, por se tratar de uma tecnologia recente, há dificuldade em convencer o consumidor, em especial o domiciliar, devido à grande falta de compreensão dos pontos positivos que se transformam em economia a longo prazo. Já para os edifícios comerciais, que possuem geralmente público mais informado e

costumam ser administrados principalmente por empresas especializadas ou concebidos por construtoras com visões sustentáveis, a tecnologia LED poderá infiltrar e se estabelecer como sistema padrão na iluminação de áreas externas, comuns e garagens subterrâneas, seja por motivo de certificações, conscientização ambiental ou economia de eletricidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No contexto deste trabalho, primeiramente é apresentada uma abordagem a respeito da certificação LEED. Após esta abordagem é executada uma contextualização a respeito de iluminação e dos parâmetros necessários para os cálculos de dimensionamento e então são apresentados os tipos de lâmpadas utilizados nos empreendimentos.

2.1. O SISTEMA DE CERTIFICAÇÃO LEED

O LEED é um sistema de verificação voluntária de orientação ambiental, criado para edifícios, casas, bairros, lojas, unidades de saúde, escolas e reformas. Segundo a USGBC (2016), os tipos de certificações LEED que atualmente podem ser encontrados no Brasil são:

- LEED NC: Certificação de novas construções e grandes projetos de renovações;
- LEED ND: Certificação de desenvolvimento de bairros;
- LEED CS: Certificação de projetos de envoltórias e áreas centrais (comuns) de edifícios;
- LEED *Retail* NC e CI: Certificação de lojas de varejo;
- LEED *Healthcare*: Certificação de unidades de saúde;
- LEED EB_OM: Certificação de operação de manutenção de edifícios existentes;
- LEED *Schools*: Certificação de escolas;
- LEED CI: Certificação de projetos de interiores e edifícios comerciais.

O papel principal da certificação LEED é garantir a preservação dos recursos naturais e do meio ambiente, por meio da utilização de conceitos de sustentabilidade em todas as fases inerentes aos processos, conceituais, projetuais, construtivas e utilização. Estes conceitos englobam desde a extração das matérias-primas necessárias para a confecção dos materiais, peças e equipamentos, passando pelo processamento, transporte, utilização, vida-útil, reuso, reciclagem e descarte final.

No LEED os sistemas são avaliados dentro de seis categorias de requisitos (USGBC, 2016), sendo as pontuações alocadas de acordo com os potenciais impactos ambientais e benefícios humanos, conforme a relação abaixo:

- 1) Sustentabilidade do terreno (01 pré-requisito e 14 créditos);
- 2) Uso racional da água (05 créditos);
- 3) Energia e atmosfera (03 pré-requisito e 17 créditos);
- 4) Materiais e recursos (01 pré-requisito e 13 créditos);
- 5) Qualidade do ambiente interno (02 pré-requisito e 15 créditos);
- 6) Inovação e processo do projeto (05 créditos);

Nota-se que dos 69 créditos que podem ser obtidos 17 deles são adquiridos com base na avaliação da categoria de energia e atmosfera, a qual engloba as instalações elétricas da edificação.

Dentro dos créditos de energia e atmosfera, a maneira mais considerável de obter pontos é através da redução dos custos de energia elétrica, conforme especificado abaixo:

- Redução dos custos de energia entre 10% e 20% - 2 pontos;
- Redução dos custos de energia entre 20% e 30% - 4 pontos;
- Redução dos custos de energia entre 30% e 40% - 6 pontos;
- Redução dos custos de energia entre 40% e 50% - 8 pontos;
- Redução dos custos de energia entre 50% e 60% - 10 pontos.

Nota-se então, que ao se comparar item por item, o item referente à redução dos custos de energia é o parâmetro mais significativo na certificação.

Dentre todas as categorias de certificação LEED, a LEED NC é a alvo deste trabalho por ser destinada tanto para novas construções como para grandes obras de renovação de edifícios já existentes.

De acordo com a quantidade de requisitos atendidos, e através de um sistema de pesos e pontuações, são atingidos diferentes níveis de certificação com os seguintes intervalos:

- *Certified*: entre 40 e 49 pontos;
- *Silver*: entre 50 e 59 pontos;

- *Gold*: entre 60 e 79 pontos;
- *Platinum*: entre 80 e 100 pontos.

Já na fase de viabilidade do empreendimento, o empreendedor deverá cumprir todos os critérios mínimos previstos para o LEED NC, sendo eles:

- Terrenos sustentáveis
 - Prevenção da poluição durante a atividade da construção: reduzir a poluição, controlando a geração de poeira no ar, o assoreamento fluvial e erosão do solo.
- Eficiência do uso de água
 - Redução no consumo de água: aumentar a eficiência do consumo de água nas edificações de modo a reduzir a carga sobre os sistemas de abastecimento de água.
- Energia e atmosfera
 - Assegurar a qualidade dos sistemas de energia necessários: averiguar se os sistemas energéticos do projeto estão calibrados e instalados para funcionarem de acordo com os requisitos discriminados nos documentos de concepção e construção.
 - Mínima performance energética: estabelecer o nível mínimo de eficiência energética para o propósito da edificação visando diminuir os impactos ambientais e econômicos associados ao consumo excessivo de energia.
 - Gestão fundamental de sistemas de refrigeração: reduzir emissão de clorofluorcarbono (CFC) dos sistemas de refrigeração e ventilação.
- Recursos e materiais
 - Coleta e armazenamento de recicláveis: reduzir e separar os resíduos gerados pelos ocupantes da edificação, segregando pelo menos em papel, papelão, vidro, plásticos e metais.
- Qualidade ambiental interna
 - Performance mínima da qualidade do ar interno: estabelecer critérios de desempenho mínimos para melhorar a qualidade do ar no interior dos edifícios.
 - Controle da fumaça do tabaco: eliminar ou reduzir a exposição dos ambientes internos, sistemas de distribuição de ar e ocupantes à fumaça gerada por substâncias nocivas, tal qual o tabaco.

Dentro dos pré-requisitos focados à categoria Energia e Atmosfera, o que engloba os sistemas de refrigeração é influenciado indiretamente pelo uso de lâmpadas tipo LED, devido ao fato destas terem uma temperatura inferior de operação quando comparadas às fluorescentes e, portanto, tornarem o sistema mais efetivo.

2.2. ILUMINAÇÃO

A iluminação determina como vemos e o que vemos, justamente por este motivo ela tem a capacidade de alterar o humor, a percepção de espaço e a influência no bem-estar do indivíduo, de maneira distinta em cada um. O nível de luminância determina a quantidade ideal de iluminação para cada atividade baseado em normas (BERTOLOTTI, 2007).

Os projetos luminotécnicos em garagens de edifícios comerciais e não comerciais podem possuir diferentes níveis de luminância para uma mesma área, no qual depende de vários fatores, já que a luminância está diretamente ligada às exigências de requisitos visuais dos ocupantes, tais como:

- Velocidade;
- Precisão;
- Manutenção dos sistemas de iluminação;
- Idade média dos colaboradores;
- Tempo de permanência do colaborador na atividade requerida.

No Brasil, em torno de 20% da energia elétrica consumida é destinada à iluminação, quando se fala no setor terciário, ultrapassa a casa dos 40% (ABILUX, 2013).

Um erro amplamente cometido por construtores da construção civil em geral é adotar seus sistemas de iluminação com base no investimento inicial, ao invés de se realizar uma análise econômica levando em conta, também os custos relacionados com o consumo de energia elétrica, a substituição e a manutenção de equipamentos e, talvez, o mais importante, o custo da perda de eficiência das pessoas que fazem uso desse sistema (ALVAREZ, 2009). Para evitar estes erros cometidos que por ventura causarão futuros incômodos é necessário conhecer

alguns parâmetros que permitirão o melhor dimensionamento de um sistema de iluminação, seja ele residencial, comercial ou industrial.

2.2.1 Conceitos importantes para projetos luminotécnico

2.2.1.1 Fluxo luminoso nominal (Φ)

Este primeiro conceito a ser abordado trata, segundo Costa (2006), da capacidade total de luz emitida pela lâmpada na sua tensão nominal de funcionamento, ou ainda é a energia emitida ou refletida em todas as direções, como visto na Figura 1, em um segundo, sob a forma de luz. A unidade de medida é (lúmen).



Figura 1 - Desenho ilustrativo do fluxo luminoso nominal

2.2.1.2 Nível de iluminação ou iluminância (E)

É a densidade de luz necessária para uma determinada tarefa visual ou ainda o fluxo luminoso nominal incidente por unidade de área iluminada, como ilustrado na Figura 2, (COSTA, 2006). Os níveis de iluminância devem ser criteriosamente atendidos respeitando a ABNT NBR 5413:1992 seguindo as necessidades dos usuários e o nível de acuidade visual da tarefa a ser desenvolvida. A unidade de medida é (lux).

Alguns exemplos de iluminância são:

- Dia ensolarado de verão em céu aberto: 100.000 lux;
- Boa iluminação nas ruas: 20 - 40 lux;
- Noite de lua cheia: 0,25 lux.

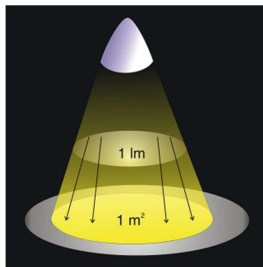


Figura 2 - Desenho ilustrativo da iluminância

A iluminância pode ser expressa pela Equação 1:

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

2.2.1.3 Luminância (L)

Ainda segundo Costa (2006), a luminância, como ilustrado na Figura 3, é a intensidade luminosa emitida ou refletida por uma superfície iluminada em direção ao olho humano, ou ainda a intensidade luminosa de uma fonte de luz produzida ou refletida por uma superfície iluminada, é dada em função da iluminância e das características de reflexão das superfícies. Sua unidade é cd/m^2 .

Ao avaliar uma página em branco (papel, refletância 85%) escrita em letras pretas (refletância, 10%), nota-se que a luminância das letras é menor que a do fundo, portanto causa um conforto maior a vista. No caso em que as luminâncias são próximas uma da outra, como por exemplo a linha de costura e o tecido, a observação fica mais difícil, daí a necessidade de mais luz (MOREIRA, 1987).

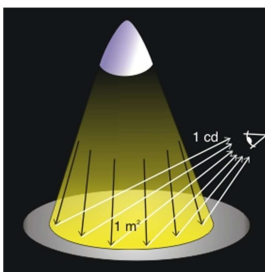


Figura 3 - Desenho ilustrativo da luminância

É determinada pela Equação 2:

$$L = \frac{I}{A * \cos \alpha} \quad (2)$$

Onde:

L = Luminância [cd/m^2]

I = Intensidade luminosa [cd]

A = Área projetada [m^2]

α = ângulo considerado [graus]

2.2.1.4 Eficácia luminosa

Esta eficácia ou ainda encontrada como rendimento luminoso é segundo Costa (2006), a relação entre a potência de saída e a potência de entrada, ou simplesmente a divisão entre o fluxo luminoso nominal obtido pelas lâmpadas com a potência consumida por elas. Com este índice, pode-se comparar os sistemas de iluminação propostos, isto auxiliará na definição dos sistemas mais eficientes. Quanto maior for este número, melhor será a eficiência do sistema.

2.2.1.5 Índice de reprodução de cor (IRC)

Trata-se de uma tentativa em mensurar a percepção da cor avaliada pelo cérebro, ou seja, é a correspondência entre a cor real do objeto e sua aparência quando submetida à fonte luz (COSTA, 2006). O IRC pode variar de 0% a 100%, quanto maior for este índice menor será a distorção das cores dos objetos. IRC's maiores que 75 já são considerados excelentes.

2.2.1.6 Temperatura e cor correlata

É a aparência de cor da fonte luminosa. As cores quentes vão até 3.000K, as cores neutras situam-se entre 3.000 e 4.000K e as cores frias acima de 4.000K. As cores quentes são utilizadas nos casos em que é preciso uma atmosfera íntima, sociável, pessoal e exclusiva (residências, bares); as cores frias são usadas quando a atmosfera deve ser formal, precisa e limpa (escritórios, fábricas) (MOREIRA, 1987). Observa-se que a iluminação com cores quentes realça o vermelho e seus derivados, já as cores frias azuis e seus derivados, como pode ser observado na Figura 4.

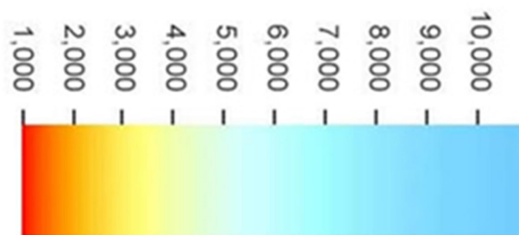


Figura 4 - Desenho ilustrativo da variação da cor conforme a temperatura

Fonte: OSRAM (2014)

2.2.1.7 Vida útil e vida mediana

A vida útil indica o tempo em horas em que há perda de aproximadamente 30% do fluxo luminoso nominal inicial. A vida mediana é a vida atingida em horas no instante em que 50% das lâmpadas ensaiadas apagam (ITAIM, 2013). Nos estudos feitos geralmente é tomado a vida útil para as comparações.

2.2.1.8 Curva de distribuição luminosa

É a forma da distribuição de luz dada pela luminária (ITAIM, 2013). É importante a avaliação das características da mesma para escolha correta das luminárias.

2.3. FUNDAMENTOS PARA UM PROJETO LUMINOTÉCNICO

Conforme o manual luminotécnico prático da OSRAM (2013), um projeto luminotécnico pode ser resumido em:

- Escolha da lâmpada e luminárias mais adequadas;
- Cálculo da quantidade de luminárias;
- Disposição das luminárias no recinto;
- Cálculo da viabilidade econômica.

Recomenda-se ainda uma metodologia para se estabelecer uma sequência lógica dos cálculos:

- Determinação dos objetivos da iluminação e dos efeitos que se pretende alcançar;

- Levantamento das dimensões físicas do local, *layout*, materiais utilizados e características da rede elétrica no local;
 - Análise dos fatores de influência na qualidade da iluminação;
 - Cálculo da iluminação geral (Método das Eficiências);
 - Adequação dos resultados ao projeto;
 - Cálculo de controle;
 - Definição dos pontos de iluminação;
 - Cálculo de iluminação dirigida;
 - Avaliação do consumo energético;
 - Avaliação dos custos;
 - Cálculo de rentabilidade.

2.3.1 Fatores que influenciam na qualidade da iluminação

2.3.1.1 Nível de iluminância adequada

Nos projetos luminotécnicos de garagens não existem grandes complicações, deve-se levar em conta uma luminância mínima segundo a ABNT NBR 5413:1992 item 5.3.26, que contempla para estacionamento interno 100-150-200 lux, pode-se optar por uma maior luminância nas áreas de circulação e uma menor nas áreas de estacionamento.

2.3.1.2 Limitação de ofuscamento

O ofuscamento pode trazer incômodos para a vista tanto de uma maneira direta, a luz direcionada diretamente ao campo de visão como de uma maneira reflexiva, por meio da reflexão da luz no campo de trabalho. Valores de luminância da própria luminária a partir de 200 cd/m² já são considerados incômodos (OSRAM, 2013).

2.3.1.3 Tonalidade de cor da luz e reprodução das cores

A reprodução de cores está diretamente ligada com a qualidade da luz incidente, é regulamentada dependendo da atividade a ser desempenhada no local.

A tonalidade de cor oferece ao ambiente o aspecto desejado: de acordo com a correta tonalidade é possível obter um ambiente em que se estimule uma sensação de aconchego ou estímulo (OSRAM, 2013).

2.4. TIPOS DE LÂMPADAS ESTUDADAS

Quando se utiliza a iluminação de forma racional, essa apresenta uma série de benefícios, entre os quais é possível a observação da proteção à vista, influências benéficas sobre o sistema nervoso vegetativo, que comanda o metabolismo e as funções do corpo, fazendo com que haja uma elevação do rendimento no trabalho, diminuição de erros e acidentes, contribuindo assim para maior conforto, bem-estar e segurança (CAVALIN, 1998).

Quando se fala em iluminação, é importante que o funcionário ao chegar em seu local de trabalho tenha a sensação de bem-estar logo ao chegar no estacionamento. Para isto é necessário ser feito o projeto luminotécnico mais adequado para o ambiente de modo a obter o melhor rendimento possível, tanto economicamente, como a transmissão de conforto para os usuários.

2.4.1 Lâmpadas fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes utilizam a descarga elétrica através de um gás para produzir energia luminosa, como ilustrado na Figura 5. As lâmpadas basicamente são constituídas por um bulbo cilíndrico de vidro, tendo em suas extremidades eletrodos metálicos de tungstênio recobertos de óxidos que aumentam o poder emissor por onde circula a energia elétrica (LUZ, 2012).

Em garagens as lâmpadas fluorescentes mais utilizadas são as tubulares. Em seu interior existe vapor de mercúrio ou argônio a baixa pressão e as paredes internas do tubo são pintadas com materiais fluorescentes, conhecidos como cristais de fósforo (complexo de cálcio, bário, zinco, etc.). A potência das lâmpadas fluorescentes variam entre 15 a 110 W, diferentes tonalidades de cor e apresenta IRC de 85% (Série 80) (LUZ, 2012).

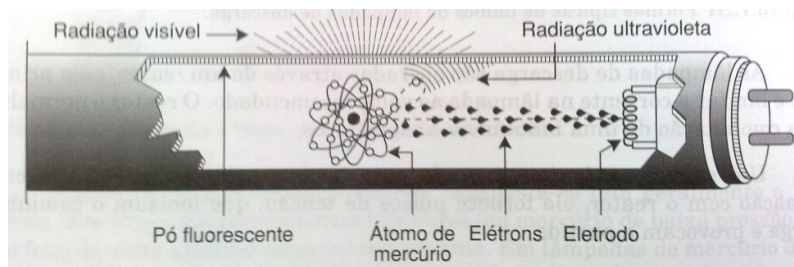


Figura 5 – Lâmpada fluorescente

Fonte: COTRIM (1992)

2.4.1.1 Descarte das lâmpadas fluorescentes

As lâmpadas fluorescentes são ótimas para economizar energia, porém elas contêm metais pesados, como o mercúrio, metal tóxico, danoso à natureza e extremamente nocivos ao homem (BERNARDES, 2012).

O correto descarte das lâmpadas deve ser feito separado do orgânico e do reciclável, deve-se manter o cuidado para que não sejam quebradas durante a viagem ao destino. Quando ocorre o rompimento do tubo, o mercúrio libera um gás, este por sua vez é absorvido pelos pulmões, o que causa intoxicação. O vapor pode ficar até três semanas no ar, dependendo da temperatura do ambiente (GRACIELA, 2012).

2.4.2 Lâmpadas led

O diodo emissor de luz ou LED (do inglês, Light Emitting Diode), é um dispositivo eletrônico semicondutor, que quando polarizado dentro de si mesmo ocorre à recombinação de lacunas e elétrons livres. Deste modo é possível gerar iluminação através deste dispositivo com baixo consumo de energia, propicia assim uma maior eficiência das lâmpadas onde quer que forem utilizadas (NOVICKI; JACKSON, 2008).

Estes componentes que formam as lâmpadas LED são chamados de matrizes (do inglês, dies), são montados em uma estrutura que lhe oferece sustentação e proteção, bem como as conexões elétricas, chamadas de pacotes (do inglês, package). O número de fileiras que terá em um pacote vai depender do tipo de pacote e das características que se deseja obter. Cada pacote terá um ponto positivo e outro negativo e a sua escolha vai variar de acordo com a aplicação que se deseja (HALCO LIGHTING TECHNOLOGIES, 2010).

Uma característica diferenciada do LED é que ele precisa de uma tensão muito baixa para funcionar (3V – 4V) e necessita de uma boa regulação de tensão e corrente. Muitos produtos já são feitos com controladores integrados e transformadores, já adequados para à aplicação que se destina e têm como objetivo dar vida útil ao produto assim como manter seguros os componentes internos (HALCO LIGHTING TECHNOLOGIES, 2010).

2.4.2.1 Economia

As lâmpadas LED possuem um alto custo inicial, bem mais caras que as fluorescentes, por exemplo. Para um correto uso das lâmpadas LED deve ser feito um estudo delicado de modo que o investimento inicial se pague da forma mais rápida possível. A eficiência é alta, chega a converter 80% da energia de alimentação em energia luminosa (SOLELUX, 2012).

2.4.2.2 Análise térmica

O LED emite uma luz fria, deste modo não apresentam irradiação infravermelha em seu feixe luminoso, não transmitindo calor. No entanto, apresentam potência dissipada na forma de calor que podem ser facilmente descartadas ao se utilizar dissipadores térmicos, desta forma não prejudica a vida útil da lâmpada (SOLELUX, 2012).

Segundo HALCO (2010), o uso de lâmpadas LED não é recomendado em locais fechados, as lâmpadas geram calor, mesmo este calor sendo menor que em outras lâmpadas não ocorre a troca de calor necessária sem o uso de ar. Para não comprometer a vida útil das lâmpadas, quando a utilização destas lâmpadas for feita em garagens deve-se prever também um sistema de circulação de ar no local.

2.5. PROCEDIMENTOS PARA CÁLCULO ILUMINOTÉCNICO

2.5.1 Cálculo da iluminância geral

Existem quatro principais critérios que devem ser levados em consideração em cálculo luminotécnico, estes critérios estão diretamente relacionados com as necessidades visuais, o conforto visual, portanto, o bem-estar humano (LUZ, 2012).

- A quantidade de luz;
- O equilíbrio da iluminação;
- O ofuscamento;
- A reprodução de cor.

Segundo LUZ (2012), ao elaborar um projeto luminotécnico, deve-se tomar algumas decisões preliminares. A primeira delas é o tipo de iluminação (incandescente, fluorescente ou LED), depois é necessário escolher o tipo da luminária (direta, semidireta, etc). Estas opções englobarão aspectos de decoração bem como o tipo do local (sala, escritório, garagem, etc) como também as atividades a serem desenvolvidas (trabalho bruto, leitura, circulação).

De acordo com CREDER (1993), pode-se determinar o número de luminárias necessárias para produzir determinado iluminamento, das seguintes maneiras:

- Pela carga mínima exigida por normas;
- Pelo método dos lúmens;
- Pelo método das cavidades zonais;
- Pelo método ponto a ponto.

O método mais comumente utilizado e que foi utilizado para os cálculos deste trabalho é o método dos lúmens.

A maneira de efetivar este método é utilizando a Equação 3 (LUZ, 2012):

$$\Phi = \frac{E * S}{\mu * d} \quad (3)$$

Onde:

Φ : fluxo luminoso em lúmens;

E : iluminância ou nível de iluminamento em lux;

S : área do recinto em m²;

μ : coeficiente de utilização;

d : fator ou coeficiente de depreciação.

Ainda segundo LUZ (2012), a partir do fluxo luminoso total necessário, determina-se o número de lâmpadas a partir da Equação 4:

$$n = \frac{\Phi}{\phi} \quad (4)$$

Onde:

n : número de lâmpadas;

Φ : fluxo luminoso em lúmens;

ϕ : fluxo luminoso de cada lâmpada

2.5.2 Seleção da iluminância

A ABNT NBR 5413:1992 não rege sobre os modelos de luminárias adequadas a cada tipo de ambiente, regula apenas sobre os níveis de iluminância adequados para determinado trabalho. Cabe ao projetista determinar quais serão os tipos de luminárias utilizadas e avaliar o melhor custo/benefício para cada situação. Para determinação da iluminância de cada ambiente, utiliza-se o Quadro 1 da ABNT NBR 5413:1992, que indica os níveis de iluminância em lux por tipo de atividade.

Quadro 1 – Iluminância em lux

Fonte: (adaptado de ABNT NBR 5413:1992)

ILUMINÂNCIA EM LUX, POR TIPO DE ATIVIDADE (VALORES MÉDIOS EM SERVIÇO)							
Atividades	Baixa	Média	Alta	Atividades	Baixa	Média	Alta
a) Auditórios e anfiteatros				f) Esportes (salão para:)			
tribuna	300	500	700	Ginástica	150	200	300
platéia	100	150	200	futebol de salão	150	200	300
salas de espera	100	150	200	locais recreativos	100	150	200
b) Bancos				Tênis			
atendimento ao público	300	500	750	g) Garagens			
contabilidade	300	500	750	Oficinas	150	150	300
recepção	100	150	200	Bancadas	300	300	750
guichês	300	500	750	Estacionamento	100	150	200
arquivos	200	300	500	h) Hospitais			
c) Bibliotecas				pronto-socorro			
sala de leitura	300	500	750	sala de operação (geral)	150	500	750
estantes	200	300	500	Berçário	75	100	150
fichário	200	300	50	i) Hotéis e restaurantes			
d) Escolas				Geral			
salas de aula	200	300	500	Cozinha	150	200	300
salas de desenho	300	500	750	Quartos	100	150	200
salas de educação física	100	150	200	Restaurantes	100	150	200
salão de conferências	100	150	200	j) Residências			
e) Escritórios				Geral			
registro	750	1000	1500	cozinhas (fogão, pia)	200	300	500
desenho de engenharia	750	1000	1500	banheiros (geral)	100	150	200

2.5.3 Fatores de desempenho

As lâmpadas são instaladas dentro das luminárias, isto gera de imediato uma diminuição do fluxo luminoso. O fluxo final emitido pelo conjunto luminária com a lâmpada é avaliado pela eficiência da luminária, este valor geralmente é dado pelo fabricante. Os principais fatores que influenciam diretamente nesta eficiência estão descritos na sequência.

2.5.3.1 Índice de recinto

As características físicas do ambiente de trabalho ou do recinto de trabalho têm uma influência significativa no desempenho, dependendo da absorção e reflexão dos materiais e da trajetória até o plano de trabalho. Este valor é obtido por meio de tabela onde se relaciona a influência dos coeficientes de reflexão do teto, paredes e piso, com a curva de distribuição luminosa da luminária usada e o índice de recinto.

Este índice varia conforme o fabricante da luminária, mas sempre é uma relação entre o comprimento, largura e altura do recinto, ou seja relaciona a altura da luminária em relação ao plano de trabalho, de acordo com o tipo de iluminação (direta, semidireta, indireta e semi-indireta) (CAVALIN, 1998).

O índice de trabalho ou o índice de recinto pode ser obtido pela Equação 5, ou ainda de uma maneira simplificada para ambientes retangulares na Equação 6 (PROCEL, 2013):

$$K = \frac{\sum At + Apt}{Ap} \quad (5)$$

Onde:

K = Índice do recinto;

At = Área do teto [m²];

Apt = Área do plano de trabalho [m²];

Ap = Área da parede entre o plano iluminante e o plano de trabalho [m²].

$$K = \frac{a * b}{h * (a + b)} \quad (6)$$

Onde:

K = Índice do recinto para iluminação direta;

a = Comprimento total do ambiente [m];

b = Largura total do ambiente [m];

h = Altura entre o plano de trabalho e o plano das luminárias no teto [m].

2.5.3.2 Fator de reflexão

De acordo com a ABNT NBR 5413:1992 os fatores de reflexão variam conforme as cores, a Tabela 1 mostra a refletância dos tetos e paredes.

Tabela 1 – Refletância dos tetos e paredes

Teto branco	75%
Teto claro	50%
Paredes brancas	50%
Paredes claras	30%
Paredes médias	10%
Piso de concreto	10%

2.5.3.3 Fator de utilização

Em posse do índice do local, das cores das paredes e tetos, caracterizados pelo fator de reflexão e da distribuição e da absorção de luz, efetuada pelas luminárias, pode-se achar o fator de utilização (CREDER, 1993).

Este índice varia conforme o fabricante da luminária, mas sempre é uma relação entre o comprimento, largura e altura do recinto, ou seja, relaciona a altura da luminária em relação ao plano de trabalho, de acordo com o tipo de iluminação (direta, semidireta, indireta e semi-indireta) (CAVALIN, 1998). O fator de utilização representa o fluxo luminoso da lâmpada, é dado pela Equação 7:

$$Fu = \eta L * \eta R \quad (7)$$

Onde:

Fu = Fator de utilização;

ηL = Eficiência da luminária;

ηR = Eficiência do recinto;

De acordo com a OSRAM (2104), determinados catálogos indicam tabelas de fatores de utilização para suas luminárias, os valores nelas encontradas não precisam ser multiplicados pela eficiência da luminária, uma vez que cada tabela é específica para uma luminária e já considera a sua perda na emissão do fluxo luminoso.

2.5.3.4 Fator de depreciação

Como a utilização o fluxo emitido pela luminária e pela luz diminui, as causas mais comuns desta diminuição são: poeira e sujeira depositada nas luminárias e lâmpadas, diminuição da capacidade de reflexão de tetos e paredes em decorrência do acúmulo de sujeira, diminuição do fluxo luminoso da lâmpada ao longo da sua

vida útil. Estas ocorrências devem ser levadas em consideração na hora do cálculo e dá-se o nome de Fator de depreciação (Fd) (MOREIRA, 1987).

Vistos os critérios para avaliar a eficiência de lâmpadas e/ou sistemas de iluminação, este trabalho avaliou efeito do uso de luminárias LED em garagens comerciais em relação às luminárias mais convencionais existentes atualmente no mercado. Com base nos critérios vistos o passo seguinte foi então a coleta de dados e os cálculos luminotécnicos para os edifícios.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.5 EDIFÍCIOS OBJETOS DO ESTUDO DE CASO

Para a coleta de dados, bem como para a realização dos cálculos e futura análise dos resultados obtidos, foram tomados dois projetos como base. Ambos os projetos estão localizados na cidade de Curitiba no Paraná.

No primeiro projeto foram analisados os 3 pavimentos de um edifício comercial que se encontra em funcionamento, no qual a iluminação da garagem deste edifício foi de fato realizada com o uso de sistemas LED. O empreendimento de estudo atende os requisitos máximos exercidos pela certificação LEED, por conta disto conquistou a certificação LEED *Platinum*, certificação máxima que se pode obter.

As análises feitas foram comparadas ao próprio sistema instalado no prédio com uma hipotética aplicação de lâmpadas fluorescentes de última tecnologia.

Na Figura 6 está a planta baixa das garagens. As plantas dos 3 andares de garagens não se diferem uma das outras.

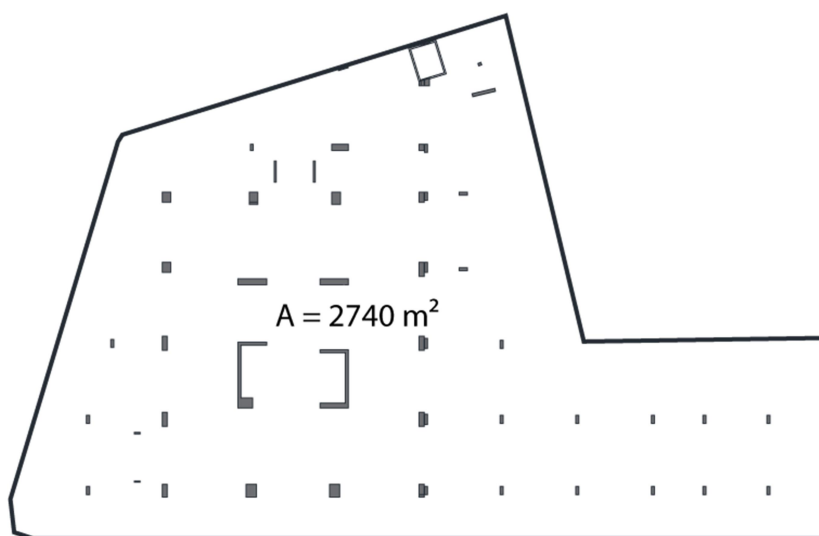


Figura 6 – Planta baixa da garagem do edifício comercial

No segundo projeto foi analisada a hipotética instalação de um sistema LED no pavimento único de garagem de um edifício residencial de alto padrão. A Figura 7 abaixo mostra a planta do edifício.

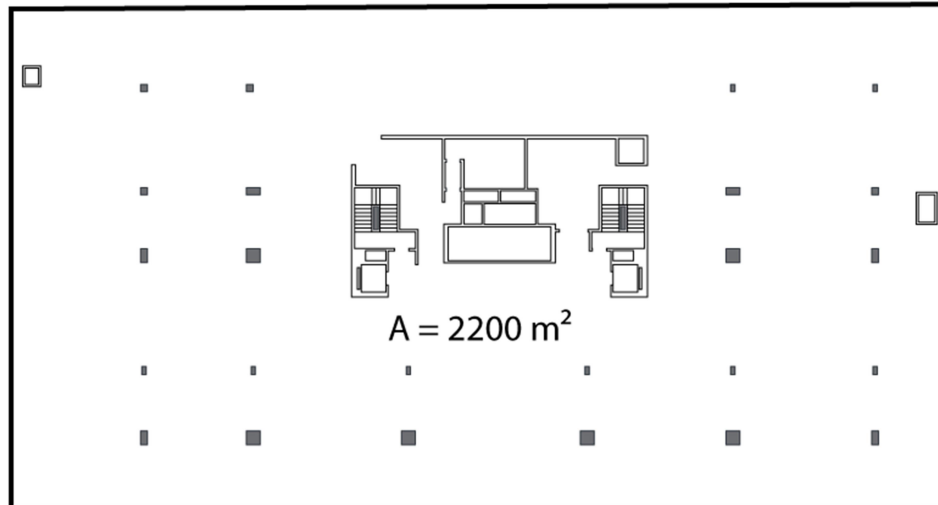


Figura 7 – Planta baixa da garagem do edifício residencial

3.6 PROJETO LUMINOTÉCNICO TEÓRICO DAS GARAGENS

3.6.1 Nível de iluminamento

De acordo com a ABNT NBR 5413:1992 os níveis de iluminância (E) para garagens devem estar entre 100 e 200 lux.

3.6.2 Temperatura de cor da luz e reprodução de cores

A temperatura é importante para dar ao ambiente o aspecto desejado, sensações de aconchego ou estímulos podem ser provocados quando se combina a tonalidade de cor desejada ao nível de iluminância pretendido. Quando diz que um sistema de iluminação produz “luz quente” não significa que este possui uma temperatura de cor maior e sim que apresenta uma tonalidade mais amarelada. (OSRAM, 2014).

Para os projetos utilizados foi utilizada “luz branca”, a temperatura de cor será de 4000 K, conforme Figura 8.

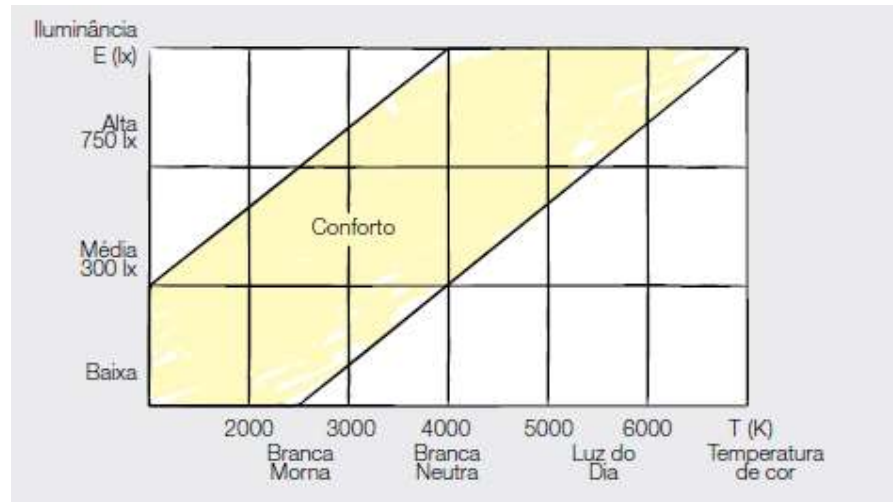


Figura 8– Relação do conforto luminoso entre nível de iluminância e tonalidade de cor da lâmpada.

Fonte: OSRAM (2014).

O índice de reprodução de cores (IRC) é estabelecido de números entre 0 e 100, comparando-se a sua propriedade de reprodução de cor a luz natural (luz do sol). Para os cálculos deste projeto foi adotado um IRC de 80.

3.6.3 Índice de recinto

O cálculo para iluminação direta é dado para ambientes com áreas quadradas, portanto as áreas dos prédios foram divididas em várias áreas quadradas de modo a obter um coeficiente de índice de recinto mais próximo. A partir da Equação 6 se calcula o índice de recinto (K) dos prédios, aqui apresentado da seguinte forma:

$$K = \frac{a * b}{h * (a + b)} \quad (6)$$

3.6.4 Fator de reflexão

Para os cálculos de ambos os prédios os fatores de reflexão foram definidos da seguinte maneira:

- Teto branco;
- Paredes brancas;
- Piso de concreto.

3.6.5 Fator de utilização

O fator de utilização é obtido pelo produto do índice de recinto pelo fator de reflexão. Para os cálculos dos dois prédios foi utilizado o catálogo da OSRAM (2014) e foram definidos os fatores de depreciação de acordo com o índice de recinto e o fator de reflexão.

3.6.6 Fator de depreciação

Para o cálculo dos prédios foi utilizado um fator de depreciação de 20%, este fator é utilizado para ambientes com uma boa manutenção e limpeza.

3.6.7 Escolha das luminárias e lâmpadas

A escolha das lâmpadas e luminárias para garagens subterrâneas é responsável por um grande número de funções. Provém à iluminação contínua em tempo integral e durante todos os dias do ano, oferece ao usuário sensação de segurança e facilita a identificação do caminho (OSRAM, 2016). Portanto, na escolha do conjunto de iluminação das garagens subterrâneas deve-se adotar um conjunto que ofereça conforto aos usuários ao mesmo tempo em que oferece uma longa vida útil das lâmpadas, o que resulta em menores custos de manutenção.

Respeitando a tonalidade de cor da luz e a reprodução de cores foi adotado o melhor conjunto luminária lâmpada, de modo que a luminária atendesse tanto as lâmpadas fluorescentes como também as lâmpadas de LED.

A luminária escolhida é da fabricante OSRAM, modelo LUMILUX DUO EL-F/R de 1200 mm, com especificações conforme a Figura 9.

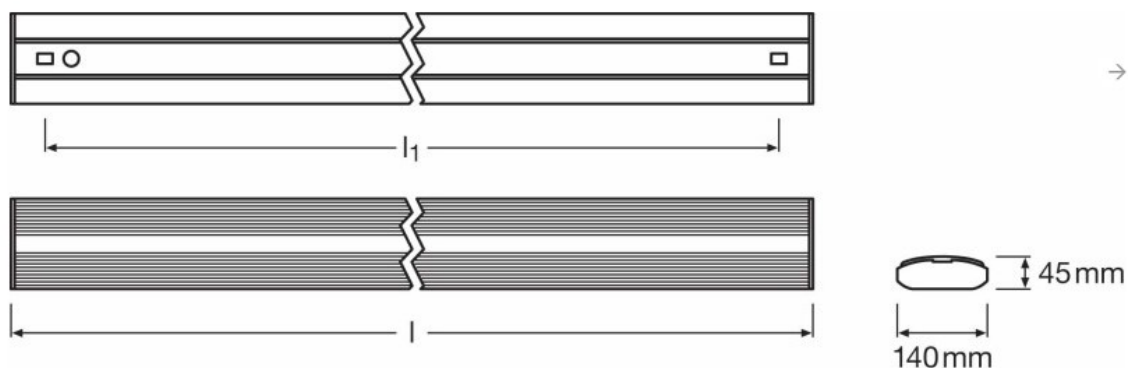


Figura 9 – Luminária LUMILUX

Fonte: OSRAM (2014)

Para o estudo as lâmpadas adotadas o comprimento adotado foi de 60 cm, respeitando um IRC maior que 80 e uma temperatura de 4000 K.

Com base nas especificações do projeto, foram escolhidos dois modelos de lâmpadas, modelos estes que são comumente utilizados para à iluminação de garagens.

A lâmpada fluorescente adotada é dada pela seguinte especificação: Lâmpada LUMILUX T8 36 W 1200 mm, ilustrado na Figura 10.



Figura 10 – Lâmpada fluorescente

Fonte: OSRAM (2014)

A lâmpada LED adotada é dada pela seguinte especificação: Lâmpada LED SubstiTUBE Advanced T8 20 W 1200 mm, ilustrado na Figura 11.



Figura 11 – Lâmpada LED

Fonte: OSRAM (2014)

4 RESULTADOS

Com base nos parâmetros definidos para o dimensionamento dos projetos, foram feitos cálculos para comparar a eficiência e o custo das lâmpadas tipo LEDs e das lâmpadas fluorescentes.

A diferença de potência fornecida por lâmpadas tipo LED geralmente possuem valores menores do que a potência fornecida por lâmpadas fluorescentes. Ao mesmo tempo em que lâmpadas tipo LED produzem um fluxo luminoso menor do que as lâmpadas fluorescentes.

Estes dois fatores, potência e fluxo luminoso foram os fatores determinantes para identificar se é viável a instalação de lâmpadas LED ou não. Devido ao menor fluxo luminoso, foi necessário o uso de uma maior quantidade de luminárias tipo LED, cabe aos executores da obra avaliar se o menor consumo em kWh das lâmpadas irá compensar o maior investimento inicial exigido.

Pretende-se então elaborar uma avaliação do uso de luminárias tipo LED em garagens de edifícios comerciais e residenciais quando comparadas com luminárias convencionais.

Os resultados obtidos para cada parâmetro necessário são expostos nos itens seguintes.

4.1 ILUMINAMENTO (E)

Para este edifício comercial foi adotada a iluminância (E) mínima de 100 lux

4.2 ÍNDICE DE RECINTO (K)

Para o cálculo do índice de recinto fez-se necessário utilizar a equação genérica, pois a equação simplificada serve apenas para áreas quadradas. Portanto foi adotada a Equação 5.

$$K = \frac{\sum At + Apt}{Ap} \quad (5)$$

A área do teto (At) calculada foi igual a 2740 m².

A área do plano de trabalho (A_{pt}) é dada pela mesma área encontrada para o teto, é igual a 2740 m².

A área da parede (A_p) entre o plano iluminante e o plano de trabalho é dada pela razão entre o perímetro de 300 m e a altura das paredes do estacionamento de 2,78 m. Esta área é igual a 834 m².

O índice K obtido é igual a 6,57.

4.3 FATOR DE REFLEXÃO

Com base nas propriedades das garagens serão utilizados os seguintes valores para o fator de reflexão: 70% para o teto, 50% para paredes, e 10% para o piso.

4.4 FATOR DE UTILIZAÇÃO (μ)

Com os valores de fator de reflexão e o índice de recinto calculado é possível encontrar o fator de utilização conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Catálogo OSRAM (2014).

TETO (%)	70		50		30		0		
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
PISO (%)	10		10		10		0		
Kr	Fator de utilização (%)								
0,6	34	29	26	33	29	26	29	26	25
0,8	40	36	33	39	35	32	35	32	31
1	45	41	38	44	41	38	40	38	36
1,25	50	4	43	49	45	43	45	42	41
1,5	53	50	47	52	49	46	48	46	45
2	58	55	52	56	54	52	53	51	50
2,5	60	58	56	59	57	55	56	55	53
3	62	60	58	61	59	58	58	57	55
4	64	63	61	63	62	60	61	59	58
5	66	64	63	64	63	62	62	61	59

O fator de utilização obtido da Tabela 2 é igual a 66%.

4.5 FATOR DE DEPRECIÇÃO (F_d)

Como explicado nos itens anteriores o fator de depreciação utilizado é de 20%, foi adotado então um fator de 0,8.

4.6 ESPECIFICAÇÕES DAS LUMINÁRIAS

As especificações das lâmpadas e luminárias adotadas são expostas na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados técnicos e preços

Descrição	Fluorescentes	LEDs
Modelo da lâmpada	Lâmpada LUMILUX T8 36 W	Lâmpada LED SubstiTUBE Advanced T8 20 W
Potência da lâmpada	36	20
Fluxo luminoso (lumens)	3.010	2.200
Vida útil da lâmpada (horas)	18.000	40.000
Vida útil do reator (horas)	20.000	40.000
Custo da lâmpada	R\$ 7,30	R\$ 125,00
Modelo do reator	Interno à luminária	Interno
Potência do reator	10	0
Quantidade de reatores por luminária	1	1
Preço do reator	R\$ 30,00	R\$ 0,00

4.7 VALORES CALCULADOS PARA O PRÉDIO COMERCIAL

4.7.1 Número de lâmpadas necessárias

Com os valores obtidos é possível calcular o fluxo luminoso necessário para o iluminamento especificado e então compararmos este fluxo luminoso com o fornecido por cada modelo de lâmpada.

Para o cálculo do fluxo luminoso foi utilizada a Equação 4.

$$\Phi = \frac{E * S}{\mu * d} \quad (3)$$

A Tabela 5 apresenta-se de forma resumida os valores obtidos.

Tabela 4 – Valores para cálculo do fluxo luminoso

Iluminamento (E)	Área (S)	Coefficiente de utilização (μ)	Fator de depreciação (d)
100 lux	2740 m ²	0,66	0,8

Para o cálculo do número de lâmpadas necessário foi utilizada a Equação 4.

$$n = \frac{\Phi}{\phi} \quad (4)$$

Na Tabela 5 apresenta-se o fluxo luminoso necessário bem como o número de lâmpadas necessárias para cada modelo para cada pavimento.

Tabela 5 – Número necessário de lâmpadas

ϕ Calculado	518.940 lumens
ϕ LED	2.200 lumens
ϕ Fluorescente	3.010 lumens
nº Lâmpadas LED	236 lâmpadas
nº Lâmpadas Fluorescentes	173 lâmpadas

4.7.2 Consumo mensal de energia elétrica

Calculados os números de lâmpadas necessários para cada modelo de lâmpada é possível calcular a quantidade de kW consumida por cada uma delas a partir da potência da lâmpada.

Na Tabela 6 apresenta-se a quantidade de kW/mês gerada pelas lâmpadas. Nos cálculos realizados foi considerado que as lâmpadas funcionam 24 horas por dia e 30 dias por mês.

Tabela 6 – Consumo da lâmpada

	LED	Fluorescente
Número de Lâmpadas	236	173
Potência (W)	20	36
Potência total (kW)	4,72	6,228
Consumo (kW/mês)	3.398,4	4.484,16
Consumo (kW/mês) 3 Pavimentos	10.195,2	13.452,48

Com a potência total em kW de cada lâmpada é possível determinar a tensão de fornecimento. Esta tensão para os 3 pavimentos será de 3 vezes a potência total em kW que é 6,228. A tensão de fornecimento necessária será de 18,684 kW.

O cálculo dos consumos mensais de energia elétrica será baseado nas indicações da COPEL. O site das COPEL classifica tensões de fornecimento entre 2,3 kW e 25 kW no subgrupo A4. ° O Quadro 2 abaixo foi retirado do site da COPEL e apresenta os valores em reais para esta categoria.

Quadro 2 – Consumo de energia elétrica **para** o subgrupo A4**Fonte: (adaptado do site da COPEL)**

Convencional	Resolução ANEEL N° 1.897, 16 de junho de 2015	
Tarifas	Resolução ANEEL	com Impostos ICMS e PIS/CONFINS
A4 (2,3 kV a 25 kV)		
Demanda (R\$/kW)	22,68	35,32
Energia (R\$/kWh)	0,35867	0,558667
Vigência em 24/06/2015		

*

Com base nesta tabela pode-se calcular o custo equivalente ao consumo elétrico para ambos os modelos de lâmpada. A Tabela 7 apresenta estes valores.

Tabela 7 – Preço mensal de energia elétrica consumida

	LED	Fluorescente
Consumo (kW/mês) 3 Pavimentos	10.195,2	13.452,48
Energia (R\$/kW/h)	0,55867	0,55867
Preço mensal de energia elétrica	R\$ 5.695,75	R\$ 7.515,50

Com base na tabela 7 pode-se observar que o preço mensal no consumo de energia elétrica das lâmpadas LED é de 25% o preço mensal no consumo de energia elétrica pela lâmpada fluorescente.

4.7.3 Preço do conjunto de lâmpadas

Para analisar a diferença entre o consumo de energia consumido bem como o tempo de retorno do investimento LED é necessário tomar em conta o preço e vida útil das lâmpadas.

A Tabela 8 apresenta de forma resumida o preço equivalente de cada conjunto, bem como o preço total de aquisição de todas as lâmpadas em ambos os modelos.

O preço da luminária utilizada não será levado em conta para efeito comparativo, pois ambas as lâmpadas utilizarão da mesma luminária. O preço equivalente foi definido com o objetivo de equivaler o tempo de vida útil da lâmpada fluorescente com a lâmpada de LED, pois o tempo de vida útil da lâmpada fluorescente equivale à metade da vida útil da lâmpada LED. Sendo assim, ambas as lâmpadas terão um tempo de vida útil de 40.000 horas.

Tabela 8 – Preço equivalente do conjunto

	Fluorescente	LED
Preço da lâmpada	R\$ 7,30	R\$ 125,00
Preço do reator	R\$ 30,00	R\$ 0,00
Vida útil do conjunto (mês)	28	56
Preço do conjunto equivalente	R\$ 74,60	R\$ 125,00
Número de lâmpadas	173	236
Preço equivalente total	R\$ 29.929,00	R\$ 55.696,00

4.8 VALORES OBTIDOS PARA O PRÉDIO RESIDENCIAL

Os resultados obtidos para cada parâmetro necessário são mostrados nos itens a seguir.

4.8.1 Iluminamento (E)

Como o estudo será para áreas de garagens que estão localizadas em um edifício residencial de alto padrão opta-se por adotar a iluminância (E) de 120 lux.

4.8.2 Índice de recinto (K)

Para o cálculo do índice de recinto, pode-se usar a equação simplificada por se tratar de uma área quadrada. Portanto a Equação adotada é a 6.

$$K = \frac{a * b}{h * (a + b)} \quad (6)$$

A aresta (a) encontrada é de 74 m.

A aresta b calculada é de 37 m.

A altura das paredes na garagem é de 2,80 m.

O índice K obtido é igual a 8,8.

4.8.3 FATOR DE REFLEXÃO

Com base nas propriedades das garagens foram utilizados os seguintes valores para o fator de reflexão: 70% para o teto, 50% para paredes, e 10% para o piso.

4.8.4 FATOR DE UTILIZAÇÃO (μ)

Com os valores de fator de reflexão e o índice de recinto calculado é possível encontrar o fator de utilização conforme Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Catálogo OSRAM (2014).

Tabela 2 – Catálogo OSRAM (2014).									
TETO (%)	70			50			30		0
PAREDE (%)	50	30	10	50	30	10	30	10	0
PISO (%)	10				10			10	0
Kr	Fator de utilização (%)								
0,6	34	29	26	33	29	26	29	26	25
0,8	40	36	33	39	35	32	35	32	31
1	45	41	38	44	41	38	40	38	36
1,25	50	4	43	49	45	43	45	42	41
1,5	53	50	47	52	49	46	48	46	45
2	58	55	52	56	54	52	53	51	50
2,5	60	58	56	59	57	55	56	55	53
3	62	60	58	61	59	58	58	57	55
4	64	63	61	63	62	60	61	59	58
5	66	64	63	64	63	62	62	61	59

O fator de utilização obtido da Tabela 2 é igual a 66%.

4.8.5 Fator de depreciação (Fd)

Como explicado nos itens anteriores o fator de depreciação utilizado é de 20%, é adotado então um fator de 0,8.

4.8.6 Especificações das luminárias

As especificações das lâmpadas e luminárias adotadas são dadas pela Tabela 3.

Tabela 3 – Dados técnicos e preços

Descrição	Fluorescentes	LEDs
Modelo da lâmpada	Lâmpada LUMILUX T8 36 W	Lâmpada LED SubstiTUBE Advanced T8 20 W
Potência da lâmpada	36	20
Fluxo luminoso (lumens)	3.010	2.200
Vida útil da lâmpada (horas)	18.000	40.000
Vida útil do reator (horas)	20.000	40.000
Custo da lâmpada	R\$ 7,30	R\$ 125,00
Modelo do reator	Interno à luminária	Interno
Potência do reator	10	0
Quantidade de reatores por luminária	1	1
Preço do reator	R\$ 30,00	R\$ 0,00

4.9 VALORES CALCULADOS PARA O EDIFÍCIO RESIDENCIAL

4.9.1 Número de lâmpadas necessárias

Com os valores obtidos é possível calcular o fluxo luminoso necessário para o iluminamento especificado e então compararmos este fluxo luminoso com o fornecido por cada modelo de lâmpada.

Para o cálculo do fluxo luminoso será utilizada a Equação 3.

$$\Phi = \frac{E * S}{\mu * d} \quad (3)$$

A Tabela 9 apresenta de forma resumida os valores obtidos.

Tabela 9 – Valores para cálculo do fluxo luminoso

Iluminamento (E)	Área (S)	Coefficiente de utilização (μ)	Fator de depreciação (d)
100 lux	2200 m ²	0,66	0,8

Para o cálculo do número de lâmpadas necessário foi utilizada a Equação 4.

$$n = \frac{\Phi}{\phi} \quad (4)$$

A Tabela 01 apresenta o fluxo luminoso necessário bem como o número de lâmpadas necessárias para cada modelo para cada pavimento.

Tabela 10 – Número necessário de lâmpadas

ϕ Calculado	411.667 lumens
ϕ LED	2.200 lumens
ϕ Fluorescente	3.010 lumens
nº Lâmpadas LED	189 lâmpadas
nº Lâmpadas Fluorescentes	138 lâmpadas

4.9.2 Consumo mensal de energia elétrica

Calculados os números de lâmpadas necessários para cada modelo de lâmpada é possível calcular a quantidade de kW consumida por cada uma delas a partir da potência da lâmpada.

Na tabela 11 são apresentados as quantidades de kW/mês geradas pelas lâmpadas. Nos cálculos realizados foi considerado que as lâmpadas funcionam durante um período de 5 horas por dia, devido ao fato de que o prédio residencial possui um sistema de sensores de presença para iluminação.

Tabela 11 – Consumo da lâmpada

	LED	Fluorescente
Número de Lâmpadas	189	138
Potência (W)	20	36
Potência total (kW)	3,78	4,968
Consumo (kW/mês)	8164,8	10730,88

Com a potência total em kW de cada lâmpada é possível determinar a tensão de fornecimento. Esta tensão será igual a potência total apresentada acima que é igual 4,968.

Assim como o prédio comercial, o prédio residencial se encaixa no mesmo subgrupo pra tensões de fornecimento. De acordo com a COPEL, o subgrupo que atende esta tensão é o A4. O Quadro 2 a seguir foi retirado do site da COPEL e apresenta os valores em reais para esta categoria.

Quadro 2 – Consumo de energia elétrica para o subgrupo A4

Fonte: (adaptado do site da COPEL))

Convencional	Resolução ANEEL N° 1.897, 16 de junho de 2015	
Tarifas	Resolução ANEEL	com Impostos ICMS e PIS/CONFINS
A4 (2,3 kV a 25 kV)		
Demanda (R\$/kW)	22,68	35,32
Energia (R\$/kWh)	0,35867	0,558667
Vigência em 24/06/2015		

Com base nesta tabela pode-se calcular o custo equivalente ao consumo elétrico para ambos os modelos de lâmpada. A Tabela 12 apresenta estes valores.

Tabela 12 – Preço mensal de energia elétrica consumida

	LED	Fluorescente
Consumo (kW/mês)	8164,8	10730,88
Energia (R\$/kW/h)	2721,6	3576,96
Preço mensal de energia elétrica	R\$ 1520,476	R\$ 1998,34

4.9.3 Preço do conjunto de lâmpadas

Para analisar a diferença entre o consumo de energia consumido bem como o tempo de retorno do investimento LED é necessário tomar em conta o preço e vida útil das lâmpadas.

A Tabela 14 apresenta de forma resumida o preço equivalente de cada conjunto, bem como o preço total de aquisição de todas as lâmpadas em ambos os modelos.

O preço da luminária utilizada não será levado em conta para efeito comparativo, pois ambas as lâmpadas utilizarão da mesma luminária. O preço equivalente foi definido com o objetivo de equivaler o tempo de vida útil da lâmpada fluorescente com a lâmpada de LED, pois o tempo de vida útil da lâmpada fluorescente equivale à metade da vida útil da lâmpada LED. Sendo assim, ambas as lâmpadas terão um tempo de vida útil de 40.000 horas.

Tabela 13 – Preço equivalente do conjunto

	Fluorescente	LED
Preço da lâmpada	R\$ 7,30	R\$ 125,00
Preço do reator	R\$ 30,00	R\$ 0,00
Vida útil do conjunto (mês)	28	56
Preço do conjunto equivalente	R\$ 74,60	R\$ 125,00
Número de lâmpadas	173	236
Preço equivalente total	R\$ 29.929,00	R\$ 55.696,00

4.10 COMPARATIVO

Ao analisar os cálculos realizados podem-se dividir os preços em dois tipos. O primeiro tipo é o preço inicial, que corresponde ao preço equivalente total das lâmpadas, onde se pode observar que o conjunto das lâmpadas fluorescente possui um valor menor que o conjunto das lâmpadas LED.

O segundo tipo é o custo mensal de consumo de energia elétrica, onde pode-se observar que o consumo das lâmpadas LED é menor que o consumo das lâmpadas fluorescentes.

Com base nestes dois custos pode-se gerar uma curva de custo acumulado, que definirá se o dinheiro investido se tornará viável ao longo da vida útil da lâmpada ou não.

A Figura 12 a seguir mostra o custo acumulado em R\$ durante a vida útil das lâmpadas que é de 56 meses.

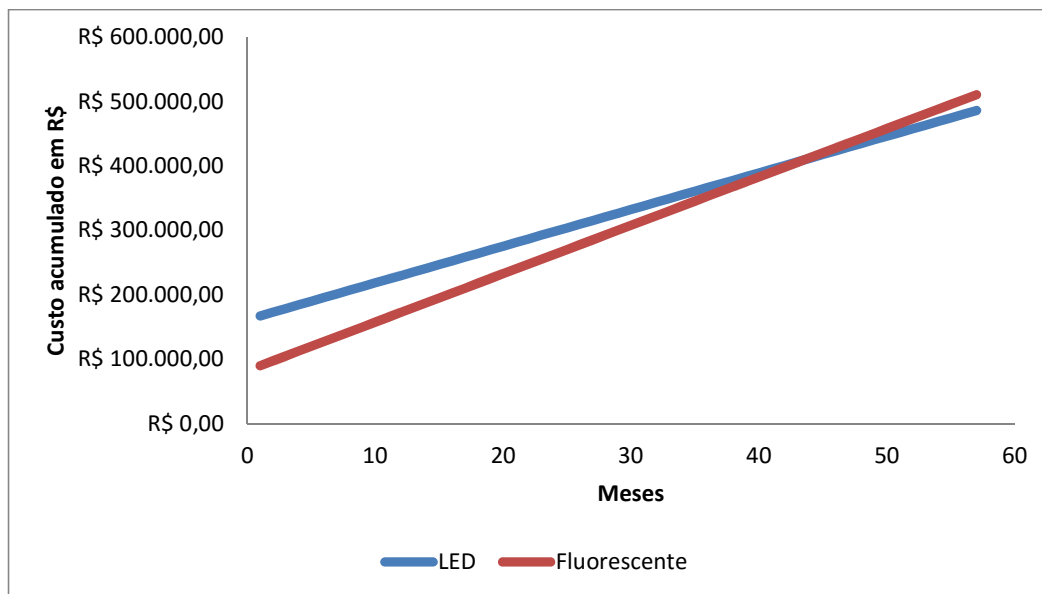


Figura 12 – Valor acumulado dos conjuntos de lâmpadas

Com base neste gráfico se observa que o tempo de retorno do investimento será no 48º mês de funcionamento, enquanto ao final da vida útil das lâmpadas pode-se atingir uma economia de R\$ 76.138,70.

Por se tratar de uma economia relativamente alta e pelo fato deste prédio comercial possuir um selo de sustentabilidade que incentiva a adoção destas lâmpadas fica então clara a viabilidade de lâmpadas LED neste edifício.

Na Figura 13 é exposto o custo acumulado em R\$ durante a vida útil das lâmpadas que é de 56 meses.

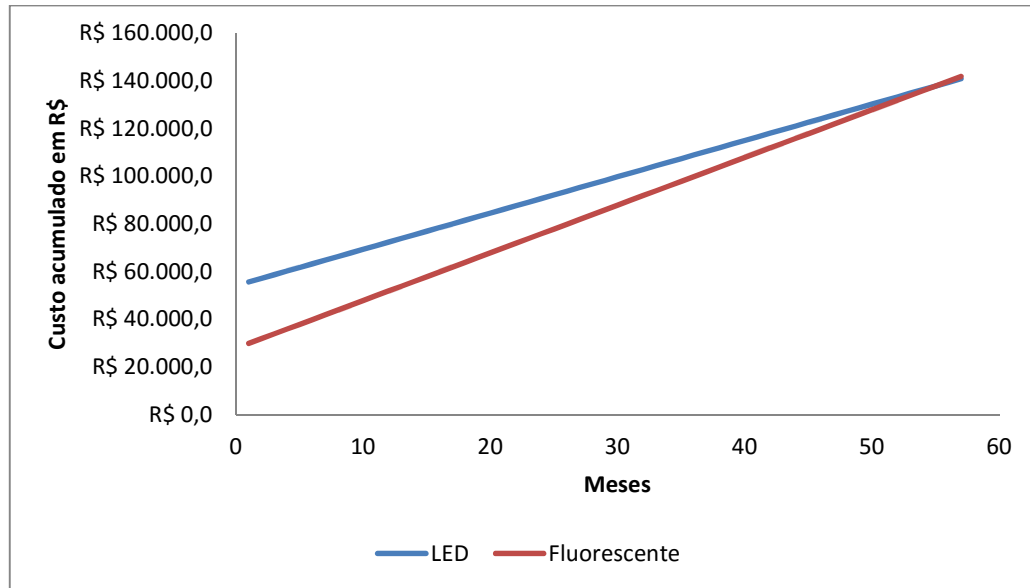


Figura 13 – Valor acumulado dos conjuntos de lâmpadas

Com base neste Gráfico se observa que o tempo de retorno do investimento se dá somente no último mês de vida útil das lâmpadas, no 56º mês de funcionamento. Neste caso o alto custo inicial para adquirir lâmpadas LED pode não ser tão viável quando comparamos com o lucro obtido pelo prédio comercial, ficando a critério do projetista e clientes a aplicação de lâmpadas tipo LED ou não.

5 CONCLUSÃO

O trabalho cumpriu o seu objetivo geral, que era de analisar a viabilidade do uso de um sistema de iluminação com luminárias e lâmpadas do tipo LED (Light Emission Diod) quando comparado a um sistema que contava com luminárias e lâmpadas do tipo fluorescentes em garagens de dois edifícios, um deles comercial e o outro residencial.

A lâmpada fluorescente de estudo possui um preço que equivale a 30% do preço da lâmpada LED, levando a um custo inicial relativamente menor do que se a instalação fosse feita com lâmpadas LED. Ao mesmo tempo em que estas lâmpadas trabalham em uma potência menor, isto é, consomem menos energia. Restando assim a vida útil da lâmpada como um fator determinante para a aplicação desta tecnologia. Com base nos cálculos realizados este estudo mostra que a aplicação de lâmpadas tipo díodos emissores de luz (LED) em garagens pode se tornar viável ou não, dependendo principalmente do custo de instalação inicial, vida útil e consumo mensal de energia.

Quando se analisa o prédio residencial pode-se observar que há uma economia mensal no consumo de energia elétrica. Entretanto esta economia mensal não é suficiente para equilibrar o alto valor inicial investido.

Ao analisar o prédio comercial é possível observar que há economia no consumo mensal de energia elétrica e que esta economia é suficiente para reverter o maior custo inicial. Este equilíbrio é atingido com apenas 25% da vida útil da lâmpada utilizada, momento em que o custo se paga e o investimento passa a gerar retornos.

Ao comparar ambos os prédios pode-se concluir que a quantidade de lâmpadas a serem compradas será determinante para a viabilidade da aplicação de lâmpadas LED, ou seja, dependendo do número de lâmpadas e o consumo de energia elétrica gerado será viável adotar estas lâmpadas mais caras na concepção do projeto ou não.

Em se tratando da certificação LEED, a análise vale apenas para o prédio comercial. O uso destas lâmpadas no atual projeto proporcionou uma redução significativa no consumo de energia elétrica, sendo responsável por oferecer 10 créditos do total de 74 créditos. Por se tratar de uma certificação tão complexa e com tantos itens à serem avaliados o fato de apenas a redução no consumo de

energia elétrica oferecer 13,5% dos créditos totais mostra a importância do uso de lâmpadas LED em obras comerciais que desejam obter esta certificação.

Conclui-se que o uso de lâmpadas tipo LED pode se tornar viável para uso em garagens nos dias de hoje tendo como fator determinante o número de lâmpadas utilizadas. Como consequência o uso destas lâmpadas terá maior utilização em empreendimentos de grande porte e que preferencialmente possuem algum tipo de incentivo para a adoção desta tecnologia.

6 REFERÊNCIAS

ABILUX, AGÊNCIA PARA APLICAÇÃO DE ENERGIA; ELETROBRÁS; PROCEL. **Uso racional de energia elétrica em edificações** - iluminação. 2.ed. São Paulo, 1992.

ALVAREZ, A.L.M. Uso racional e eficiente de energia elétrica; metodologia para a determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares. Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5413. **Iluminância de interiores**. 1992.

BARROS, A.D.M. A adoção de sistemas de avaliação ambiental de edifícios (LEED e processo AQUA) no Brasil: Motivações, benefícios e dificuldades. Dissertação apresentada ao instituto de Arquitetura e Urbanismo, Escola de Engenharia de São Paulo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

BEN - **Balanco Energético Nacional. Relatório final**. Ano base 2009. Rio de Janeiro: EPE. 2010.

BERNARDES, Tereza Cristina. **Lâmpadas fluorescentes contém vapor de mercúrio**. Disponível em: <http://www.lixo.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=149&Itemid=273> Acesso em: 20 maio, 2014.

BERTOLOTTI, Dimas. Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar a energia. Dissertação apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - FAUUSP. São Paulo, 2007.

CAVALIN, Geraldo, 1952. **Instalações elétricas prediais**, Editora Érica Ltda, 1998.

COPEL, 2016, **Tarifa convencional – subgrupo A4**. Disponível em: <http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2F5d546c6fdeabc9a1032571000064b22e%2F3a5807463c7dd77203257488005939d1>, Acesso em: 03/06/2016

COSTA, G.J.C. **Iluminação econômica - Cálculo e avaliação**. 4.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2006.

COTRIM, Ademaro A.M.B., 1939 – **Instalações elétricas**. Ademaro A.M.B. Cotrim. – 3 ed. – São Paulo: Makron *Boo>ks*, 1992.

CREDER, Hélio. **Instalações elétricas**. Editora afiliada – 12 ed. 1993.

GBC BRASIL. **Sobre o Certificado.** Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>>. Acesso em: Maio, 2014.

GBC BRASIL. **Sobre o Certificado.** Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/tipologia-leed.php>> Acesso em: Maio, 2016.

GRACIELA, **Descarte correto de lâmpadas fluorescentes. 02 mar. 2012.** Disponível em <<http://cigres.blogspot.com.br/2012/03/descarte-correto-de-lampadas.html>> Acesso em: 20 maio, 2014.

HALCO LIGHTING TECHNOLOGIES. About LED Lighting. 19 fev. 2010. Disponível em: <<http://www.halcolighting.com/pdf/WP/LED-White-Paper.pdf>> Acesso em: Maio, 2014.

ITAIM. Catálogo geral de produtos 2013. Curitiba 2014. Disponível em <<http://itaim.ind.br>>, Acesso em: Maio, 2014.

JORNAL O GLOBO, **Balço verde: Certificações pelo selo LEED aumentaram 51% em 2013.** Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/economia/imoveis/balanco-verde-certificacoes-pelo-selo-leed-aumentaram-51-em-2013-11143171>>, Acesso em: Maio, 2016.

LUZ, Jeanine Marchiori da. **Luminotécnica.** Disponível em: <<http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Livros/Luminotecnica.pdf>> Acesso em: 20 maio. 2014.

MEDEIROS, F. Resíduos de construção: leis e projetos tentam solucionar o destino final do material que sobra nas obras. Qualidade na Construção. São Paulo, 2002.

MOREIRA, V.A. Iluminação e Fotometria - teoria e aplicação, Edgard Blucher Ltda, 1987.

NOVICKI; Martinez, JACKSON; Rodrigo, **LEDs para iluminação pública, 2008.** Disponível em: <<http://www.cricte2004.eletrica.ufpr.br/ufpr2/tccs/41.pdf>>. Acesso em: 21 mai, 2014.

OSRAM DO BRASIL. **Orientação quanto ao descarte de lâmpadas.** Disponível em: <http://www.osram.com.br/osram_br>. Acesso em: Maio, 2014

OSRAM DO BRASIL. **Garagem subterrânea.** Disponível em: <http://www.osram.com.br/osram_br/aplicacoes/edificios-comercias/garagem-subterranea/index.jsp>. Acesso em: Junho, 2016.

PHILIPS sense and simplicity. LED na iluminação. Disponível em <<http://www.lighting.philips.com.br/lightcommunity/trends/LED/>>. Acesso em: Maio, 2014.

PINTO, T. P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da **construção urbana.** 200p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

SOLELUX, **Conceitos básicos.** Disponível em:
<<http://www.solelux.com.br/tecnologia-led/economia/>>, Acesso em: 21 mai, 2014.