



UNILAB

**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL
DA LUSOFONIA AFRO-BRASILEIRA (UNILAB)
INSTITUTO DE ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL
(IEDS)
CURSO ENGENHARIA DE ENERGIAS**

NATALINO SALVADOR XIMENES

**ANÁLISE ECONÔMICA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS
CONVENCIONAIS E DE LED NOS LABORATÓRIOS NO CAMPUS DAS
AURORAS UNILAB/CE**

REDENÇÃO

2021

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Ximenes, Natalino Salvador.

x6a

Análise econômica da eficiência energética de lâmpadas convencionais e de led nos laboratórios no campus das auroras Unilab/Ce / Natalino Salvador Ximenes. - Redenção, 2021.
0f: il.

Monografia - Curso de Engenharia De Energias, Instituto de Engenharias e Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Cáceres Coaquira.

1. Eficiência Energética. 2. Lâmpada LEDs. 3. Software. 4. Inovação tecnológica. I. Título

CE/UF/BSCA

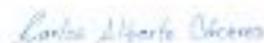
CDD 620.91

NATALINO SALVADOR XIMENES
ANÁLISE ECONÔMICA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS
CONVENCIONAIS E DE LED NOS LABORATÓRIOS NO CAMPUS DAS
AURORAS UNILAB/CE

Monografia apresentado com requisito para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Energias, na Universidade da
Integração Internacional da Lusofonia Afro-
Brasileira – Campus Ceará/Ce.

Aprovado em: 08/04/2021

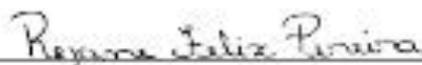
BANCA EXAMINADORA



Carlos Alberto Cáceres
Rua Manoel Gomes, 1000
Fundo de Apoio à Pesquisa
Laboratório de Engenharia de Energias
Unilab - UNILAB

Prof. Dr. Carlos Alberto Cáceres Coaquira (Orientador)

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Prof. Dr. Rejane Felix Pereira

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Prof. Dr. Sabi Yuri Moise Bandiri

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Este trabalho dedico especial para meus pais biológicos, Agostinho Ximenes e Sebastiana Borges Guterres Ximenes. E meus pais adotado, Moises de Castro e Anita dos Santos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente queria agradecer a Deus que acima de tudo, sem ele não conseguiria chegar à onde estou nem sabe onde vai.

Aos meus pais biológicos Agostinho Ximenes e Sebastiana Borges Guterres Ximenes, duas pessoas que Deus colocou em minha vida neste mundo. E aos pais Moises de Castro e Anita dos Santos, agradeço pelo amor, carinho, educação, dedicação que exigiram sempre melhor por mim. Com tudo isso que serão uma base mais forte para eu poder lutar e firme com o desafio para poder conquistar meu sonho dos meus pais.

Aos professores do Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (IEDS) do Curso de Engenharia de Energias, pela excelente dedicação.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Cáceres Coaquira, pela sua paciência e pelo acompanhamento durante ao desenvolvimento da monografia até fim.

Aos professores participam da Banca examinador Prof. Dr^a. Rejane Felix Pereira e Prof. Dr. Sabi Yari Moise Bandiri. pelo tempo pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas do curso de Engenharia de Energias, especialmente para meus amigos Ajumar Omar Alfaica, Alexandre Kassimo Dias, Aladje Adulai Djalo, Adulai, Aurora Teresa Orleans de Carvalho Magno, Beluario, Julito Julião Langa, Jaimiro Carvalho Alvarenga, Jeremias dos Santos, Justino Gaspar da Costa Pinto, Lamba Gomes, Lázaro dos Santos, Munira Gomes Sampaio, Nicolas Viegas da Costa, Robna da Costa Ferreira, por tudo conseguiria chegar nesta etapa da minha vida. Teria sido muito mais difícil sem vocês.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de análise econômica da eficiência energética de lâmpadas convencionais e de LED dos laboratórios no Campus das Auroras da UNILAB, com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica, a partir do levantamento e proposta de substituir a lâmpada fluorescente por LED, tendo como critérios de avaliação índices de iluminância dos ambientes de acordo com a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: 2013. Portanto, este projeto propôs o estudo luminotécnico através do *software* Dialux Evo 8.2 para simulação da luminotécnica e a medição da iluminância no recinto foi realizado com instrumento Luxímetro, o resultado das simulações com as lâmpadas são apresentados a partir da análise de viabilidade econômica utilizando alguns métodos a saber TIR, VPL e *Payback*. No resultado é observado que as lâmpadas LED possuem uma maior eficiência energética, sendo o projeto mais viável e com um tempo de retorno do investimento de vinte e quatro (24) ou (2 anos), com VPL positivo e TIR apresentando valor maior do que a TMA.

Palavras-Chaves: Eficiência Energética. Lâmpada LEDs. Software Dialux.

ABSTRACT

This paper presents a study of the economic analysis of the energy efficiency of conventional and LED lamps in the laboratories of the Auroras Campus of UNILAB, aiming to reduce the consumption of electricity, from the survey and proposal to replace fluorescent lamps with LEDs, using as evaluation criteria illuminance indices of the environments according to the standard ABNT NBR ISO/CIE 8995-1: 2013. Therefore, this project proposed to make a luminotechnical study using Dialux Evo 8.2 software for simulation of the luminotechnical and measurement in the enclosure with a Luxmeter instrument, the result of the simulations with the lamps are presented from the economic feasibility analysis using some methods (IRR, NPV, and Payback). In the result it is observed that LED lamps have greater energy efficiency, being the most viable project and with a time of return on investment of twenty-four (24) our (2 years), with positive NPV and IRR presenting value greater than the TMA.

Keywords: Energy Efficiency. LED lamps. Dialux Software.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Geração de Energia Elétrica Mundial por Fonte (%)	18
Figura 2- Geração de energia elétrica – 10 maiores países % (2016)	18
Figura 3- Consumo por Região (GWh)	20
Figura 4- Capacidade Instalada por Fonte no Brasil	21
Figura 5- Geração de Energia Elétrica – Participação Regional no Brasil em 2018 (GWh)	22
Figura 6- A composição básica da lâmpada tubular	25
Figura 7- Eficiência Energética de Equipamentos para Iluminação	26
Figura 8 - Fluxo Luminoso em Total de Luminância	27
Figura 9 - Iluminância está relacionada com a Densidade do Fluxo	29
Figura 10 - Localização do Campus	33
Figura 11 - Planta Baixa do Laboratório	34
Figura 12 - Área de Trabalho do Dialux Evo 8.2	36
Figura 13 - Variação da Tarifa Ponta e Fora Ponta	38
Figura 14 - Modelo 3D da sala do Laboratório com a Lâmpada Fluorescente	41
Figura 15 - Isolinhas da iluminância com o cenário real do laboratório	43
Figura 16 - apresenta as salas de laboratório e do técnico, com lâmpadas LEDs em 3D.	44
Figura 17 - Mapa das Isolinhas da iluminância com o cenário proposto	45
Figura 18 - Simulação da Sala do Laboratório e Técnico	48
Figura 19- Fluxo de Caixa	52

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 -Geração Elétrica por Região no Mundo (TWh)	17
Tabela 2 -Consumo de Energia Elétrica no Mundo – 10 Maiores	19
Tabela 3 - Geração Elétrica por Fonte no Brasil em 2019	21
Tabela 4 - Representa Potência e o Fluxo Luminoso do Cada Tipo de Lâmpada	27
Tabela 5 - Classificação das Lâmpadas de Acordo com a Eficiência Luminosa	28
Tabela 6 - Especificações das Medições das Salas dos Laboratórios	35
Tabela 7 - Levantamento dos Sistemas Luminárias Local	35
Tabela 8 - Fluxo Luminoso Simulado a Partir do software Dialux para o Cenário Real	41
Tabela 9 - Comparação dos Resultados obtidos da lâmpada fluorescente	42
Tabela 10 - Fluxo Luminoso Simulado a partir do Software Dialux com lâmpadas LEDs	44
Tabela 11 - Proposta com Lâmpada Fluorescentes	47
Tabela 12 - Dados da lâmpada LED	49
Tabela 13 - Proposta LED	49
Tabela 14 - Análise de Viabilidade Econômica / Características da iluminação	50
Tabela 15 - Análise de Viabilidade Econômica / Características de Uso	51
Tabela 16 - Análise de Viabilidade Econômica / Custos dos Materiais Envolvidos	51
Tabela 17 - Análise de Viabilidade Econômica / Custo de Investimento	51
Tabela 18 - Análise de Viabilidade Econômica / Economia Mensal	52

LISTA DE SÍMBOLOS

M	Metros
W	Watts
CE	Ceará
GEE	Gás e Efeito Estufa na Geração Elétrica
GWh	Gigawatts Hora
KM	Quilometro
IEDS	Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável
MW	Megawatts
TWH	Terra Watts Horas
BEN	Balanco Energética Nacional
ABNT	Associação Brasileira Norma Técnica
ANP	Agência Nacional do Petróleo
ISSO	<i>International Organization for Standardization</i>
LEDS	<i>Light Emitting Diode</i>
LM	Lumens
LUX	Luxímetro
MME	Ministério de Minas de Energias
NBR	Normas Brasileiras
ONS	Operação Nacional do Sistemas
PBE	Programa Brasileira Etiquetagem
PROCEL	Programa Conservação de Energia Elétrica
ROL	Receita Operacional Liquido
TIR	Taxa interna do Retorno
TMA	Taxa Mínima de Atratividade
SEINFRA	Secretário de Infraestrutura
UNILAB	Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro- Brasileira
UGR	<i>Unified Glare Rating</i>
VPL	Valor Presente Liquido

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	14
1.2	OBJETIVOS	15
1.2.1	Objetivo Geral	15
1.2.2	Objetivo Especifico	15
2	REVISSÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Geração de Energia Elétrica	17
2.2	Consumo de Energia Elétrica	19
2.3	Atual Panorama da Energia Elétrica no Brasil	20
2.3.1	Eficiência Energética no Brasil	22
2.3.1.1	Lei nº 9478, de agosto de 1997	22
2.3.1.2	Lei nº 9991, de 24 de julho de 2000	23
2.3.1.3	Lei nº 10.295, de outubro de 2001 e Decreto nº 4059 de 19 de dezembro de 2001	23
2.3.2	Principais Programas da Eficiência Energética no Brasil	23
2.3.2.1	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL	24
2.3.2.2	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – CONPET	24
2.3.2.3	Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE	24
2.3.2.4	PROESCO	24
2.4	Eficiência Energética de Iluminação	24
2.5	Lâmpadas Fluorescentes	25
2.6	Lâmpadas LEDs	25
2.6.1	Fluxo Luminoso	27
2.6.2	Eficiência Luminosa	27
2.6.3	Iluminância	28
2.6.4	Normas sobre Iluminação	29
2.7	Dialux para Simulação Artificial	30
2.7.1	Lumens e Vida Útil	30
2.7.2	Aplicação de LEDs em Ambiente de Laboratório	30
2.8	Análise da Viabilidade Econômica	30
2.8.1	Fluxo de Caixa	31
2.8.2	Payback	31
2.8.3	Taxa Interna de Retorno (TIR)	32

2.8.4	Valor Presente Líquido (VPL)	32
3	METODOLOGIA DO TRABALHO	33
3.1	Área de Estudo ou Local de Estudo.....	33
3.1.1	Escolha do Laboratório Padrão	33
3.1.2	Dimensões do Laboratório	34
3.2	Luminária e Lâmpada no Laboratório	35
3.3	Simulação com o Software Dialux	36
3.4	Eficiência Energética e Custo de Substituição de Lâmpadas.....	36
3.4.1	Estrutura Tarifaria	37
3.5	Análise da Viabilidade Econômica	37
4	RESULTADOS E DISCUÇÕES.....	41
4.1	Simulação com o Dialux evo 8.2.....	41
4.1.1	Parâmetro Variáveis	45
4.1.1.1	Proposta com Lâmpada Fluorescentes	46
4.1.1.2	Proposta com Lâmpada LEDS	48
4.2	Comparação das Propostas	50
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	55

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica tem aumentado cada vez mais em função da expansão da população, desenvolvimento econômico e melhorias do padrão de vida (OWUSU; ASUMADU; SARKODIE, 2016; BERGASSE et al., 2013). Desde a revolução industrial, as principais fontes de energia são, carvão, petróleo e gás natural, que são combustíveis fósseis. No entanto, há agora crescentes preocupações, ao nível mundial, sobre a natureza finita desses combustíveis e sobre os danos por eles causados tais como: emissões de gases de efeito estufa e o aquecimento global.

Em face dos crescentes danos ambientais, em todo o mundo, os especialistas defendem a redução da dependência dos combustíveis fósseis e, conseqüentemente, dos danos causados por eles. Uma maneira de fazer isso é a criação de estratégias que viabilizem o consumo eficaz de energia elétrica, buscando redução no consumo e, conseqüentemente, no custo da energia elétrica. A essa estratégia denomina eficiência energética. Basicamente, a eficiência energética refere-se a um método de redução do consumo de energia usando menos energia para atingir a mesma quantidade de produção útil (GOLDEMBERG; LUCON, 2007; ABAS et al., 2015; HALLWOOD; SINCLAIR, 2016).

O crescente aumento do consumo de energia elétrica e sua utilização de maneira sustentável têm sido tema para discussões e acordos a níveis nacionais e internacionais. Pois, o consumo de energia em grande escala e uma estrutura de energia dominada pelo carvão colocaram uma pressão considerável sobre a segurança energética e contribuíram para as mudanças climáticas e a poluição ambiental (GUAN et al., 2012) para resolver esses problemas, argumenta-se que formas econômicas de reduzir a intensidade energética ou melhorar a eficiência energética deve ser implementada (ANG et al., 2010), reabrindo os debates sobre a eficiência energética e sua dinâmica.

No Brasil, a iluminação consome pouco mais de 20% da energia no país. A maior parcela é categorizada como sendo consumo não residencial, que inclui os setores industriais, comercial e iluminação pública (MASCIA, 2011). Certamente, o percentual do consumo de energia por parte da iluminação poderia ser ainda menor, se algumas medidas forem adotadas, por exemplo, a substituição de lâmpadas incandescentes e/ou fluorescentes por lâmpadas LEDs (*Light Emitting Diode*).

1.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Após a revolução industrial, a economia desenvolveu-se rapidamente e as atividades estavam ativas. O conteúdo sobre meio ambiente tornou-se expressivo. Conforme a população cresce, aumenta o consumo de energia, causando problemas ambientais como a poluição, desmatamento e o aquecimento global que são os maiores problemas hoje.

Atualmente, quase todas as atividades humanas em uma sociedade são condicionadas pelo uso intensivo de energia. O que original desafios para garantir o desenvolvimento baseado em medidas de abastecimento de energia sustentável, necessitando que o uso dos recursos naturais sejam otimizados. Deste modo, a eficiência energética, se apresenta como uma das soluções que agregam mais benefícios, tanto ambientais como econômicos e sociais.

No Brasil, o tema “eficiência energética” não é novo, principalmente a energia elétrica, está em pauta desde os choques do petróleo na década de 70, no qual se verificou que as reservas fósseis não teriam seus preços sempre fixos, nem o seu uso seria sem prejuízos ao meio ambiente. Por esse motivo, o governo brasileiro em 30 de dezembro de 1985 criou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), coordenado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) com execução pela Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras S.A.), com o propósito de promover o uso racional e eficiente da energia elétrica e combater o seu desperdício.

Para Elektro (2012), o Ministério de Minas e Energia – MME; a Eletrobrás, responsável pela execução do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel); a PETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural (Conpet); a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, responsável pela execução do Programa de Eficiência Energética das Concessionárias Distribuidoras de Energia Elétrica – PEE; as próprias concessionárias distribuidoras.

Segundo Macia (2011), a maior parcela do uso de energia elétrica é categorizada como sendo consumo não residencial, que inclui os setores industriais, comercial e iluminação pública, de acordo com ABESCO (2018), afirma que é necessário investir em projetos de eficiência em área de iluminação, que possibilitará em respostas positivas na diminuição do consumo e da demanda geral. A eficiência energética pode ser definida como a relação entre a quantidade de energia consumida em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

Deste modo, Bley (2012), aponta que na última década, com o aprimoramento dos LEDs na área de iluminação, os brasileiros, inclusive profissionais da área, tem dificuldade em perceber as vantagens desta tecnologia e, principalmente, em acreditar que o alto investimento feito ao adquirir este equipamento pode ser pago em pouco tempo.

O desenvolvimento de luminária com nova tecnologia LED (*Light Emitting Diode*), pode contribuir para diminuição do consumo de energia elétrica e aumentar o rendimento e baixar o impacto ambiental. Com avanço da tecnologia a procura por inovação que proporciona economia, eficiência e alto rendimento tornou-se uma grande vantagem, por exigir menores gastos de energia e longa vida útil. E nota-se que a lâmpada fluorescente compacta e tubular vem ganhando mais espaço no mercado da iluminação com a maior eficiência.

Compreendendo o impacto do uso da energia elétrica no meio ambiente e o uso dos recursos energéticos dentro da UNILAB, verificou-se, baseado em uma pesquisa local que a maior parte dos laboratórios da universidade fazem uso de lâmpadas fluorescentes e materiais que aumentam o consumo de energia elétrica.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Tem como objetivo apresentar um estudo de caso de identificar as luminárias desenvolvido a partir da avaliação da iluminação do laboratório de ciências dos materiais do curso da engenharia de energias da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) Campos Auroras (CE), com o intuito de substituir as lâmpadas do tipo fluorescentes tubular por lâmpadas LED – “*Light Emitting Diode*”.

1.2.2 Objetivo Especifico

- levantar as dimensões da sala do laboratório de ciências dos materiais, as quantidades e tipos de lâmpadas, cor da parede e mobiliário (bancadas, mesas e cadeiras);
- Realizar o estudo comparativos entre lâmpadas fluorescentes tubulares e LEDs Simular e qual a média Luminância das lâmpadas fluorescentes atual na sala do laboratório utilizando software Dialux;
- Avaliar a eficiência do nível iluminamento a partir de uma simulação, para comparar as tecnologias e consumo de energia das lâmpadas fluorescentes e das lâmpadas LEDs – “*Light Emitting Diode*”;

- Utilizar instrumento Luxímetro para verificar a intensidade luminosa no laboratório e comparar os valores simulados pelo software Dialux;
- Elaborar um estudo de viabilidade econômica.

2 REVISSÃO BIBLIOGRÁFICA

Essa seção tem por objetivo apresentar um panorama global dos usos da energia elétrica, os principais conceitos e consumo de eletricidade atual no Brasil e no mundo, as leis e decretos brasileiros que influenciam na eficiência energética do país. Além disso, apresenta também alguns conceitos luminotécnico e da física que são usualmente utilizados para caracterizar e avaliar as diferentes tecnologias de lâmpadas, de acordo com Norma Brasileira NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que apresenta os principais conceitos técnicos relacionados a iluminação.

2.1 Geração de Energia Elétrica

O anuário Estatístico de Energia Elétrica (2019) realizou um levantamento quantitativo e qualitativo da geração de energia elétrica no país. Entre os dados apresentados, pode-se observar que em 2016 foram produzidos aproximadamente 23.776,7 TWh de geração de energia por região no mundo. A maior parte da geração de energia vem da queima dos combustíveis fósseis por volta de 64,6%, em seguida, das usinas hidrelétricas, com o seu aproveitamento 16,8%.

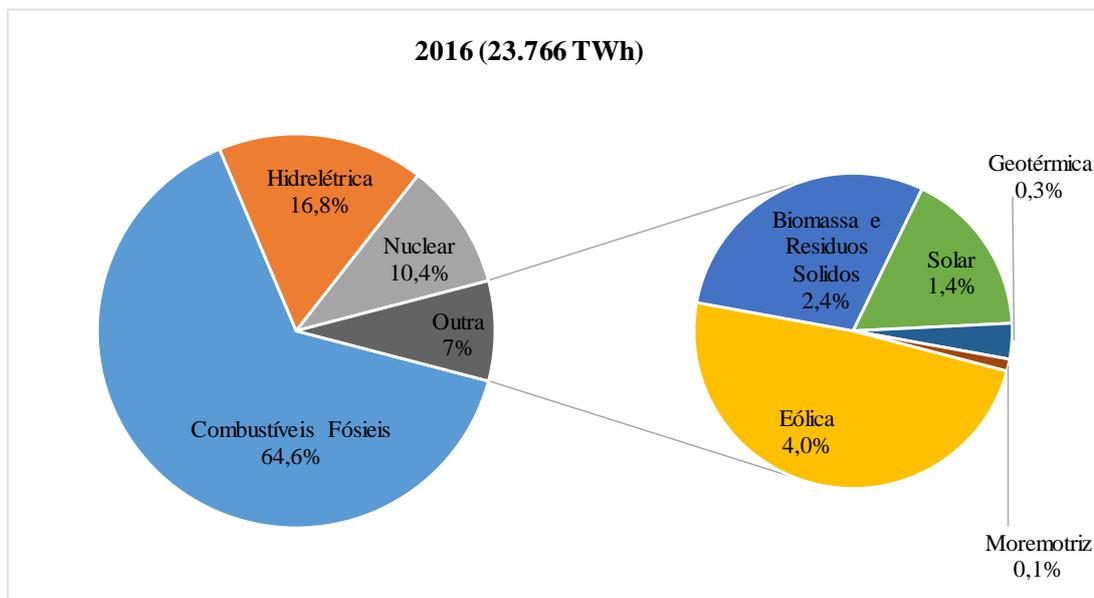
Na Tabela 1 é possível verificar a geração energia elétrica no mundo, dividido por região, nos anos de 2015 e 2016.

Tabela 1-Geração Elétrica por Região no Mundo (TWh)

Descrição	2015	2016
Mundo	23.118,1	3.776,7
Ásia e Oceania	9.972,3	10.498,8
América do Norte	5.036,5	5.049,0
Europa	3.582,2	3.620,0
Eurásia	1.466,4	1.494,3
América do Sul e Central	1.268,9	1.274,0
Oriente Médio	1.047,7	1.080,6
África	744,1	760,0

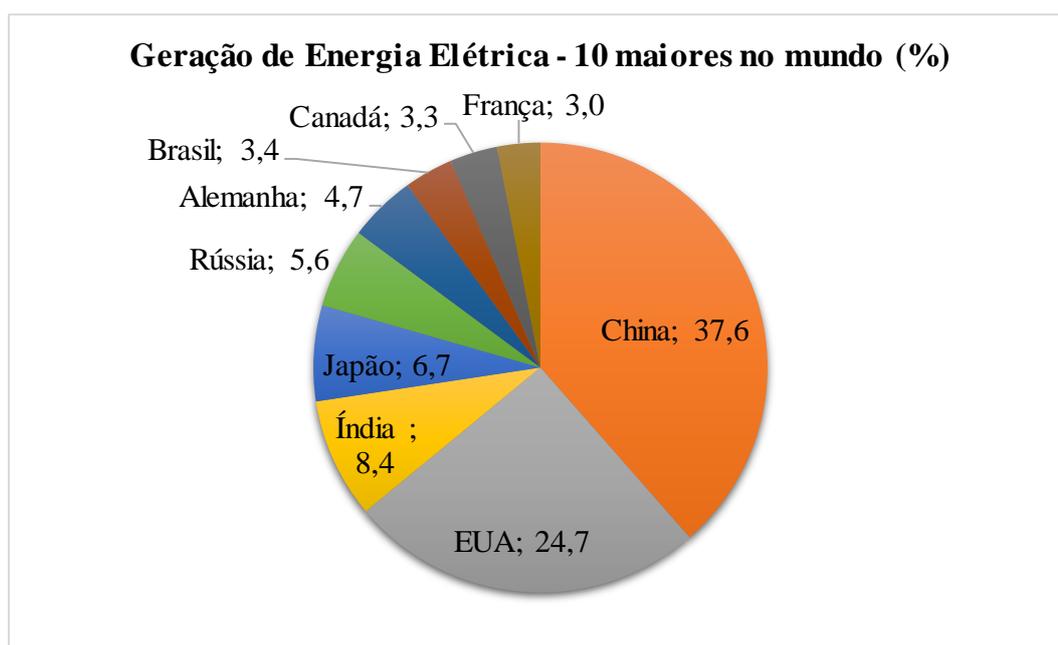
Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019.

Em seguida, observa-se na Figura 1 o aproveitamento da geração de energia elétrica mundial e suas fontes, assim como a porcentagem no cenário global.

Figura 1- Geração de Energia Elétrica Mundial por Fonte (%)

Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019.

Em 2016, a geração de energia elétrica de dez países somadas totalizou em 23.776,7 TWh de energia produzida. China 5.882,9 TWh, Estados Unidos da América 4.095,5 TWh, Índia 1.386,4 TWh, Rússia 1.031,3TWh, Japão 989,3 TWh, Canadá 649,6 TWh, Alemanha 612,8 TWh, Brasil 578,9 TWh, França 529,1 TWh e Coréia do Sul 526,0 TWh, Só o Brasil produziu a cerca de 2,4 % da energia 10 maiores no mundo em 2016, ocupando o sétimo lugar no ranking mundial, como pode-se observar na Figura 2.

Figura 2- Geração de energia elétrica – 10 maiores países % (2016)

Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019.

2.2 Consumo de Energia Elétrica

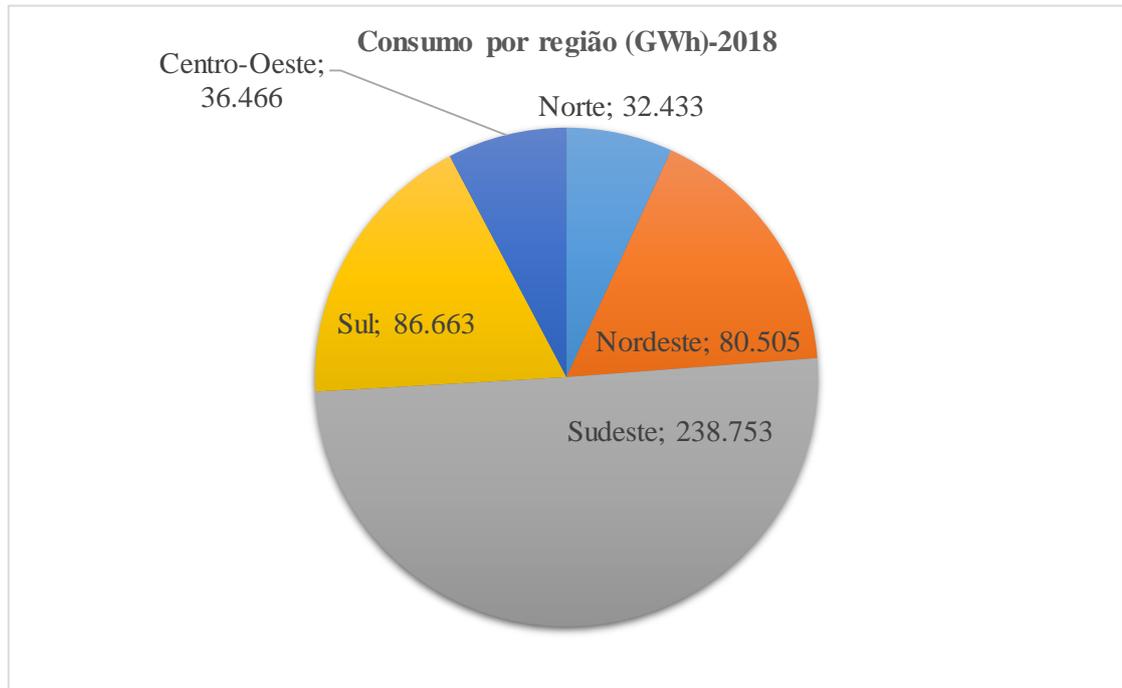
Ainda segundo os dados do Anuário, em 2016, o consumo de energia elétrica no mundo, seja nas residenciais e/ou industrial, chegou a um total de 8.359,30 TWh. Como pode-se observar na Tabela 2, o maior consumidor de energia do mundo é a China 5563,90 TWh. Em seguida tem-se os Estados Unidos 3902,30 TWh. O Brasil ocupa oitava posição no consumo de energia elétrica mundial com 520,0 TWh.

Tabela 2-Consumo de Energia Elétrica no Mundo – 10 Maiores

Consumo de Energia Elétrica (TWh) no Mundo - 10 Maiores 2016	
	2016
Mundo	8.359,30
China	5.563,90
Estados Unidos	3.902,30
Índia	1.136,50
Japão	943,7
Rússia	909,6
Alemanha	536,5
Canadá	522,2
Brasil	520
Coreia do Sul	507,6
França	450,8
Outros	4.195,80

Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019.

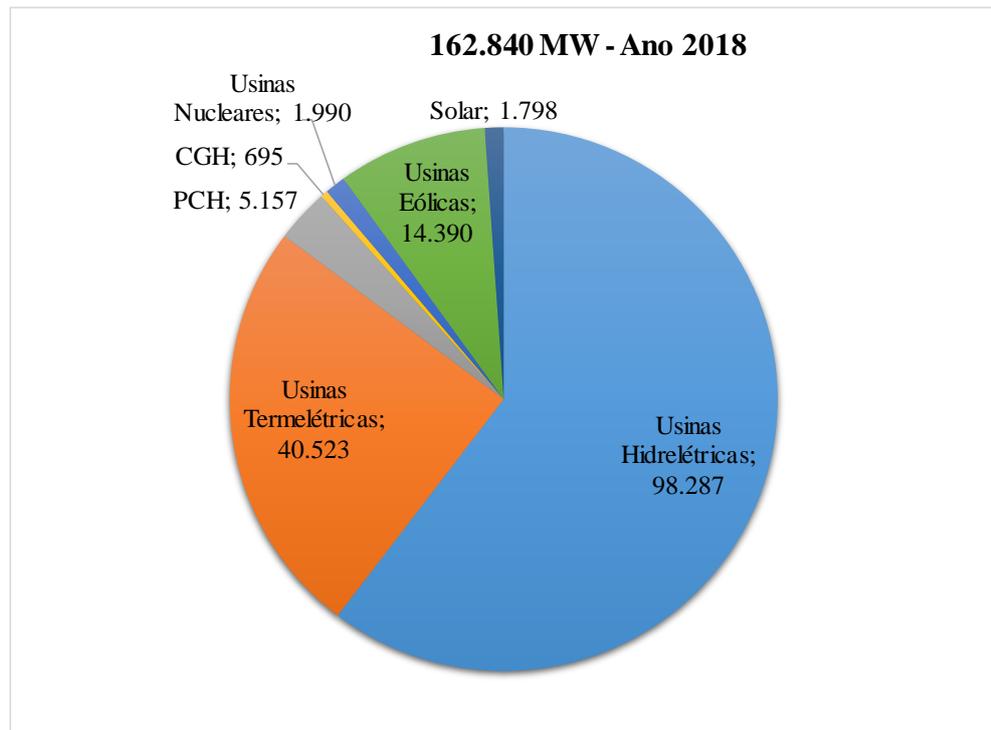
O documento aponta que no mesmo ano, o consumo de energia elétrica no Brasil chegou a 474.820 GWh. O valor é referente ao consumo de energia pela população, em todos os setores: Residencial, Industrial, Comercial, Rural, Poder Público, Iluminação Pública, Serviços Público e outros. Na Figura 3 podemos observar o consumo de energia por região.

Figura 3- Consumo por Região (GWh)

Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019.

2.3 Atual Panorama da Energia Elétrica no Brasil

Avaliando os dados do anuário, observa-se que em 2018 a capacidade de produção de energia no país era de aproximadamente 162.840 MW, permanecendo o domínio energético das Usinas Hidrelétricas com 60,40% da participação da capacidade instalada, superior 0,1% do ano anterior. Depois as usinas termelétricas com 24,90%, com 2,60% participação inferior ao ano passado e as energias renováveis se quer apresentam um valor expressivo diante do enorme potencial brasileiro, tanto de ventos, mas principalmente de energia solar.

Figura 4- Capacidade Instalada por Fonte no Brasil

Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019

É observado no gráfico que o Brasil é o maior gerador de energia hídrica, no entanto, no período de 2015 a 2017 houve queda na produção de energia, isto acontece em virtude longo de estiagem.

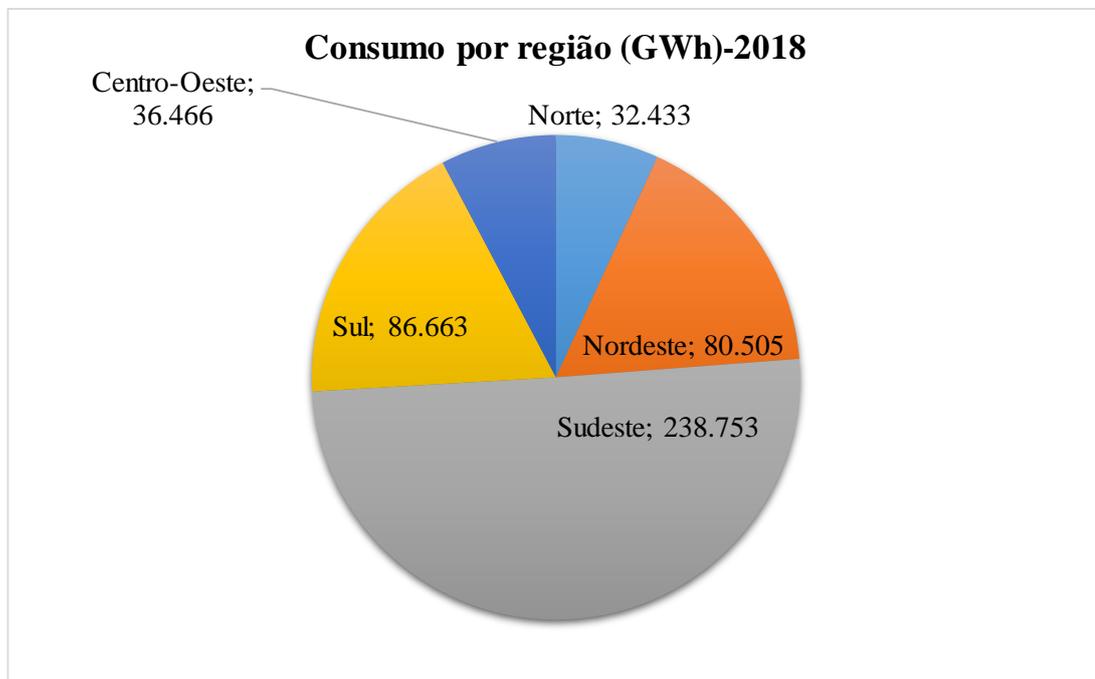
Tabela 3 - Geração Elétrica por Fonte no Brasil em 2019

Geração Elétrica por Fonte no Brasil (GWh)		
	2018	Participação. (%)
Total	601.396	100
Hidráulica	388.971	64,7
Gás Natural	54.622	9,1
Derivados de Petróleo	9.293	1,5
Carvão	14.204	2,4
Nuclear	15.674	2,6
Biomassa	51.876	8,6
Eólica	48.475	8,1
Outras	18.281	3

Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019.

A produção de energia elétrica no Brasil é dividida em cinco regiões, sendo o eixo sul-sudeste responsável por aproximadamente 53% de toda produção.

Figura 5- Geração de Energia Elétrica – Participação Regional no Brasil em 2018 (GWh)



Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019.

2.3.1 Eficiência Energética no Brasil

Desde 2001 o Brasil vem passando por crises de estiagem, com poucas chuvas, o que inviabiliza a produção de energia hídrica no país, que é, como foi apresentado acima, o maior meio de produção de energia elétrica. O que se observa é que não ocorreu planejamento e investimentos em outras tecnologias. (ASSUNÇÃO; SCHUTZE, 2017).

Desde 1985, o Programa de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), foi criado pelo Ministério de Minas Energias. Executado pela Eletrobrás, que é uma sociedade de economia mista e de capital aberto, mas que o seu principal acionista é o Governo Federal brasileiro. O objetivo de ter uma empresa privada como executora das atividades da PROCEL, é para promoção e do uso da energia elétrica e as ações da empresa para essa promoção são regidas pelas leis federais.

2.3.1.1 Lei nº 9478, de agosto de 1997

A Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, conhecida como as leis do Petróleo, da ANP, da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, e Lei de Petróleo e Gás, tem

como princípio dispor sobre a política energética nacional e sobre as atividades sobre o uso e monopólio do petróleo, assim como a criação da Agência Nacional do Petróleo (ANP), com o objetivo de proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia, ou seja, conservar e fazer uso racional do petróleo e do gás natural e da preservação do meio ambiente.

2.3.1.2 Lei nº 9991, de 24 de julho de 2000

A Lei nº 9.991, que dispõe sobre a relação dos investimentos e em eficiência energética por parte das empresas concessionário e autorizada pelo setor da energia elétrica. Esta lei determina a aplicação de montes 0,5% até 2015 e 0,25% a partir 2016, da Receita Operacional Líquido – ROL. Com essa lei as empresas responsáveis pela geração de energia deverão aplicar anualmente no mínimo 70% das receitas operacionais em programas de eficiência energética e investimento em pesquisa do desenvolvimento do setor elétrico.

2.3.1.3 Lei nº 10.295, de outubro de 2001 e Decreto nº 4059 de 19 de dezembro de 2001

A Lei no 10.295, dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e uso racional de energia. Esta lei conhecida como “eficiência energética”, tem por objetivo à alocação eficientes dos recursos energéticos e a prevenção de quaisquer danos ao meio ambiente, assim como, estabelecer os níveis máximo do consumo específico de energia ou mínimo da eficiência energética de máquinas e aparelhos elétricos. Com esta lei os fabricantes e importadores de aparelhos consumidores obrigatoriamente devem adotar as medidas necessárias para que os equipamentos estejam dentro dos valores máximos e mínimos exigidos por lei.

O processo de definição dos parâmetros necessário para regulamentação dos equipamentos eletrônicos se fundamenta em metodologia e regulamentos específicos, compreendendo o seu impacto e priorização, como também os critérios de avaliação e conformidade, de acordo com os laboratórios credenciados para ensaios e testes, Programa Brasileiro Etiquetagem (PBE), do Selo Procel Eletrobrás e do Selo Conpet. De acordo com lei da eficiência energética é um dos principais componentes legais para política da eficiência energética no Brasil, com a sua construção num instrumento eficaz e efetivo da política pública.

2.3.2 Principais Programas da Eficiência Energética no Brasil

Segundo Elektro (2012), no Brasil existem diversos mecanismos de promoção à eficiência energética e conservação de energia oriundos do apoio e/ou incentivo do MME, tanto do ponto de vista de leis e decretos que regulamentam a matéria, quanto de programas cujos principais são:

2.3.2.1 *Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL*

É coordenado pelo MME e operacionalizado pela Eletrobrás, o programa é constituído por diversos subprogramas, dentre os quais se destacam ações nas áreas de iluminação pública, industrial, saneamento, educação, edificações, prédios públicos, gestão energética municipal, informações, desenvolvimento tecnológico e divulgação.

2.3.2.2 *Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – CONPET*

que é um Programa do MME, cuja Secretaria Executiva é exercida pela Petrobrás, cabendo a esta empresa fornecer recursos técnicos, administrativos e financeiros ao Programa.

2.3.2.3 *Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE*

que visa prover aos consumidores de informações que lhes permitam avaliar e aperfeiçoar o consumo de energia dos equipamentos eletrodomésticos, selecionar produtos de maior eficiência em relação ao consumo, possibilitando economia nos custos de energia.

2.3.2.4 *PROESCO*

Foi aprovado em 19 de maio de 2006, o BNDES o PROESCO, destinado a financiar projetos de eficiência energética. Apoiando a implementação de projetos que comprovadamente contribuam para a economia de energia, com foco de ação em iluminação, motores, otimização de processos, ar comprimido, bombeamento, ar-condicionado e ventilação, refrigeração e resfriamento, produção e distribuição de vapor, aquecimento, automação e controle, distribuição de energia e gerenciamento energético

2.4 Eficiência Energética de Iluminação

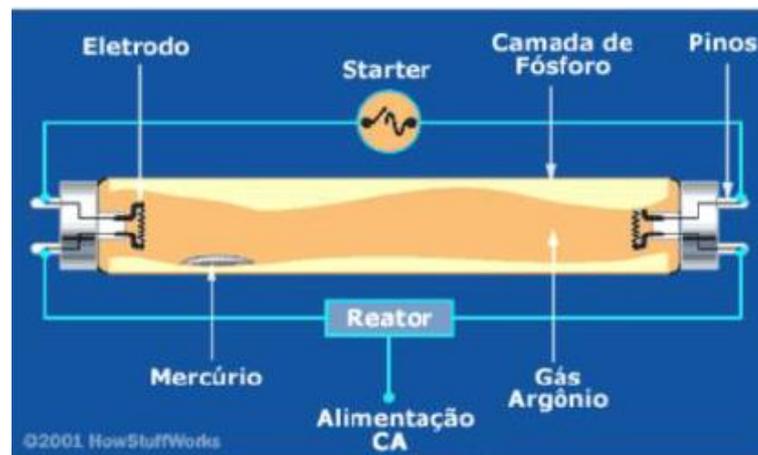
É de senso comum sabe-se que existe diferença entre as lâmpadas, seja por sua cor ou mesmo por intensidade da luz, mas de modo geral a sua funcionalidade é a mesma, iluminar. Para além dos diferentes fluxos luminosos e diferenças nas suas potências, as lâmpadas podem influenciar nas questões de custo financeiro e até mesmo no bem-estar dos usuários.

A eficiência luminosa de uma fonte é o quociente entre o fluxo luminoso emitida em lumens e a potência, a eficiência luminosa é uma medida da eficiência do processo de emissão da luz.

2.5 Lâmpadas Fluorescentes

Para Breginski (2016), as lâmpadas fluorescentes são objetos de vapor com mercúrio, composta por filamento do tubo vidro cilíndrico preenchido por um gás nobre. As lâmpadas de fluorescentes são um dispositivo de descarga de baixa pressão, que gera luz ao ser ligada a uma passagem de corrente elétrica através do filamento que causa o aquecimento e a liberação dos elétrons. Foram criadas pelo inventor Nikola Tesla e desde 1938 e foi introduzida no mercado, sendo aprimorada diversas vezes pelo seu criador.

Figura 6- A composição básica da lâmpada tubular



Fonte: Breginski (2016)

2.6 Lâmpadas LEDs

O *Light-Emitting-Diode* (LED), que em português significa diodo emissor de luz, foi inventado em 1963 por *Nick Holonyac* somente na cor vermelha e com baixa intensidade luminosa. Para Ferreira (2014), o diodo é um material semicondutor que tem base em qualquer dispositivo eletrônico. A composição eletrônica é de eletroluminescência, transformando energia elétrica em radiação visível (luz). Desde a sua criação tem-se observado uma constante evolução de tecnologias das lâmpadas luminárias de iluminação com LED.

De acordo com Uglas (2013),

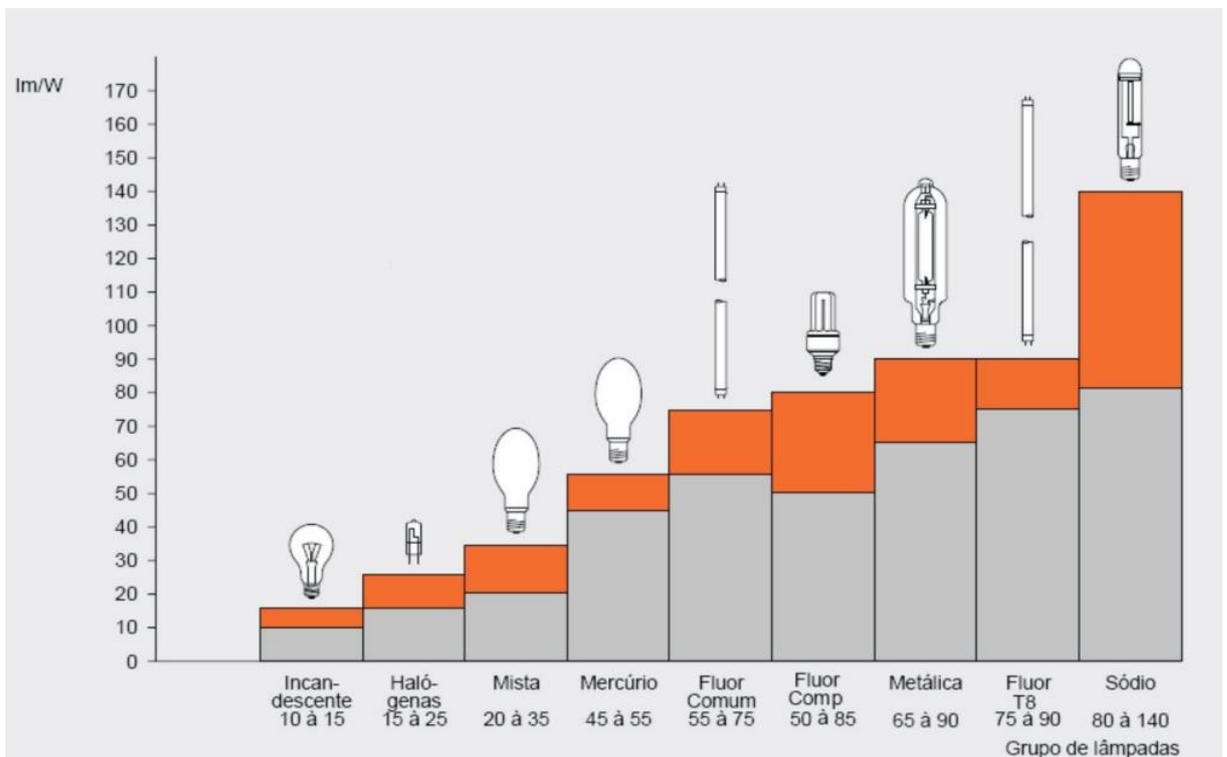
O princípio de funcionamento do LED baseia-se na junção P-N, combinação de dois materiais distintos, no qual o lado P contém essencialmente lacunas (falta de elétrons) enquanto o lado N contém essencialmente cargas negativas (excesso de elétrons). Quando polarizada diretamente, os elétrons e lacunas se movimentam em direção ao mesmo ponto, que é devolvida, quando eles retornam para seus níveis originais, em forma de luz. (CASTRO, UGLAS, 2013).

Para Ferreira (2014), lâmpadas de LEDs camadas semicondutoras composta por dois tipos diferentes, são tipo “n” e outro tipo “p”. O tipo n possui a maior parte elétrons livres, partículas portadoras de carga negativa que participam da condução elétrica. Tipo p, possui partículas portadoras de carga positiva.

As lâmpadas tipo de LEDs apresentam um ótimo rendimento, baixo consumo energia elétrica, vida útil longa e além disso, possuem uma variedade de cores, tamanho e formato de fabricação. As lâmpadas de tecnologia do LEDs vêm ganhando o mercado e levando a tendência na iluminação em todo mundo, devido a expressiva redução de valores no consumo energia elétrica, por trabalharem por baixas potências e grande eficiência luminosa.

Pode-se observar no Figura 7 em detalhes, sobre a eficiência luminosa que cada tipo de lâmpadas tem. Quanto maior a eficiência luminosa de uma lâmpada e equipamentos, menor seu consumo de energia.

Figura 7- Eficiência Energética de Equipamentos para Iluminação



Fonte: PROCEL (2011).

2.6.1 Fluxo Luminoso

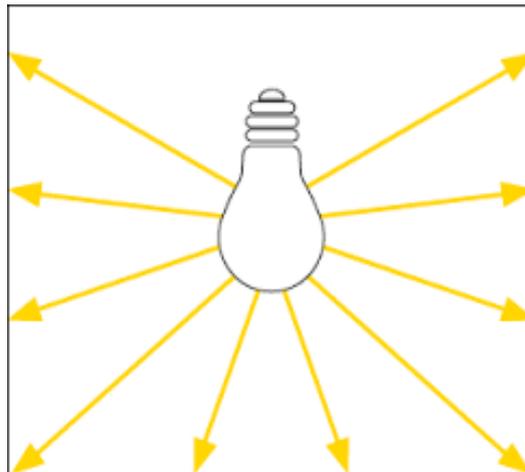
Para Micai (2016), o fluxo luminoso pode ser avaliado de acordo com a sensação luminosa, ou seja, um estímulo visual. O fluxo luminoso é uma medida em lúmens (lm) e unidade de tempo.

Tabela 4 - Representa Potência e o Fluxo Luminoso do Cada Tipo de Lâmpada

Tipo de lâmpada	Potência (W)	Lumens (lm)
Lâmpada multi-vapor metálico	250	17.000
Lâmpada de vapor de mercúrio	250	12.700
Lâmpada fluorescente	40	1700 a 3250
Lâmpada incandescente	100	1000

Fonte: tabela desenvolvida pelo autor, a partir de diversas fontes (2020)

Figura 8 - Fluxo Luminoso em Total de Luminância



Fonte: Apostila Conceitos e Projetos Osram (2015).

2.6.2 Eficiência Luminosa

A partir da nomenclatura, pode-se compreender a eficiência das lâmpadas pelo seu fluxo luminoso, pelos diferentes lumens em cada lâmpada e também por suas diversas potências consumidas em Watts. Para Rodrigues (2002), O conceito de eficiência luminosa é utilizado para comparar as diferentes fontes luminosas, ou seja, podemos comparar o fluxo luminoso embutido.

Tabela 5 - Classificação das Lâmpadas de Acordo com a Eficiência Luminosa

Tipo de lâmpada	Eficiência Luminosa
Incandescentes	10 a 15 lm/W
Halogenas	15 a 25 lm/W
Mista	20 a 35 lm/W
Vapor de mercúrio	45 a 55 lm/W
Fluorescentes tubular	55 a 75 lm/W
Fluorescentes compactas	50 a 80 lm/W
Multivapores metálicos	65 a 90 lm/W
Vapor de sódio	80 a 140 lm/W

Fonte: Rodrigues (2002).

2.6.3 Iluminância

Segundo a NBR 5413, que trata sobre iluminância de interiores, iluminância (lúmen) é a relação entre a intensidade do fluxo luminoso na superfície por uma unidade da área (m^2). Enquanto a iluminância ou lux (lx) corresponde a iluminância de uma superfície plana de $1 m^2$ de área. (Rodrigues, 2002).

Niskie e Macintyre (2015), apontam que o fluxo luminoso não se distribui uniformemente sobre a superfície, por esta razão é necessário calcular a iluminância. De acordo com Barbosa (2007) a equação da iluminância é o limite por razão do fluxo luminoso $d\phi$ que incide numa superfície numa área dA , onde, um lux corresponde à iluminância de uma superfície por unidade de área (m^2). Assim, podemos expressar a equação do fluxo luminoso que incide numa superfície por unidade da área em seguinte equação matemática:

$$E = \lim_{\Delta A} \frac{d\phi}{dA} \quad (1)$$

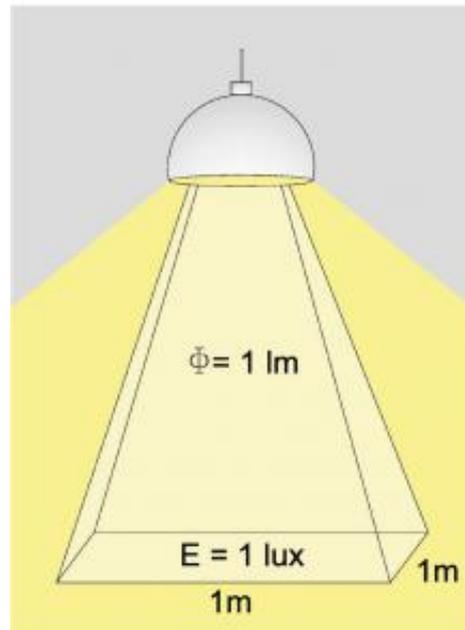
Onde:

$d\phi$ = é o fluxo luminoso (lm)

dA = é área (m^2)

E = é a iluminância (lux)

Figura 9 - Iluminância está relacionada com a Densidade do Fluxo



Fonte: Procel (2011).

2.6.4 Normas sobre Iluminação

Nessa seção será apresentado algumas normas sobre iluminação. Como se sabe, as normas são elementos elaborados tecnicamente com o objetivo de estabelecer um padrão de produção de um produto.

A principal norma brasileira referente a iluminância de interiores é da ABNT ISO/CIE 8995-1, datada do dia 21 de 04 de 2013. Esta Norma cancela e substitui as normas anteriores, ABNT NBR 5413:1992 e a ABNT NBR 5382:1985.

A partir dela pode-se compreender as especificações e requisitos de iluminação para locais de trabalho internos, assim como, os padrões necessários para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e segurança durante todo o período de trabalho.

A fim de alcançar os resultados, a norma exige alguns pré-requisitos para que seja dada atenção a todos os parâmetros que contribuem para o ambiente luminoso: distribuição da Luminância, iluminância, ofuscamento, direcionamento da luz, aspectos da cor da luz e superfícies, cintilação, luz natural, manutenção.

2.7 Dialux para Simulação Artificial

Este programa foi desenvolvido por uma equipe composta de 20 funcionários da DIAL GmbH, uma empresa de *Lüdenscheid*, Alemanha. Esse *software* é atualmente um do suporte lógicos de simulação mais populares no mundo e está disponível em 26 idiomas, entre eles o português de Portugal (SOUZA, 2011).

O Dialux 8.2 é utilizado para calcular o projeto luminotécnico e também alguns relacionados, relacionados área de iluminação, sendo este muito usado pelos profissionais de diferentes áreas, como por exemplo para engenharia elétrica, arquitetura, engenharia civil e *designer* de interiores/exteriores. Dentre suas funcionalidades, Modesto (2014) destaca que o *software* realiza simulação com efeito real em 3D.

A partir do programa é possível realizar à projeção de ambientes externos e internos, como ruas, estradas, espaço esportivos, levando em consideração a iluminação artificial e natural. A partir dos dados e informações, o *software* gera relatórios com os resultados em formato de pdf.

2.7.1 Lumens e Vida Útil

De acordo com Ferreira (2014) a durabilidade ou vida útil das lâmpadas LEDs é de 100.000 horas se ligadas durante 12 horas/dia, isto dura até 22 anos. O autor destaca também algumas recomendações para o uso da iluminação nos espaços residencial, comercial e público.

2.7.2 Aplicação de LEDs em Ambiente de Laboratório

Para Purificação (2018), a utilização da iluminação por LEDs é mais eficiente, pois apresenta vantagens por sua aplicação variada, flexibilidade devido as formas e dimensões utilizadas. Além, disso apresentam também a durabilidade e longa vida, tendo também menor custo e variação da temperatura, de cor e pouca dissipação de calor, o que torna o seu uso em ambientes fechados, principalmente nos laboratórios positiva, por não apresentar variação na temperatura, não gera calor e também quando pensa-se na sustentabilidade ambiental.

2.8 Análise da Viabilidade Econômica

Ao tratar sobre investimento, uma das discussões é pensar a união da eficiência energética atrelado a economia, buscando sempre alternativas, principalmente quando se trata de uma empresa ou instituição, pois, um estudo para analisar a viabilidade do projeto, tendo

como pontos, conhecer as alternativas e selecionar a melhor opção, os resultados a longo prazo, entre outros, para diminuir as perdas e gerar lucro, seja em curto ou longo prazo.

Em uma análise, em geral inicia-se sempre pensando nos quesitos econômicos, o valor presente líquido, percentual interno de retorno e o tempo do retorno capital. Após isso, para realizar a executar a análise da situação real, preciso realizar um processo, denominado fluxo de caixa.

2.8.1 Fluxo de Caixa

Fluxo de caixa dentro dos conceitos das finanças representa graficamente as receitas e as despesas do projeto ao longo do tempo. Logo, através dessa ferramenta é possível verificar o controle e movimentação financeira, entradas e saídas projetadas, durante determinado período, ao longo do tempo.

Fluxo de caixa é um instrumento de controle que tem por objetivo auxiliar o empresário a tomar decisões sobre a situação financeira da empresa. Consiste em um relatório gerencial que informa toda a movimentação de dinheiro (entradas e saídas), sempre considerando um período determinado, que pode ser uma semana, um mês etc. (SEBRAE, 2018).¹

O fluxo de caixa é um dos requisitos para realizar o projeto de viabilidade, possibilitando analisar, planejar e identificar se a empresa e/ou instituição pode realizar o investimento sem causar quaisquer prejuízos, por falta de dinheiro por conta do investimento.

2.8.2 Payback

Segundo Camargo (2017), o *Payback* é um método para avaliar o investimento que a empresa vai investir e o tempo que levará para que o lucro acumulado se iguale ao valor investido. Enquanto Ruver (2012) aponta que o *Payback* tem por objetivo creditar o processo de investimento e recuperação o mesmo.

De acordo com Elektro (2012), os métodos para calcular o *Payback* dividem-se em duas partes: primeiro é *Payback* simples e o segundo *Payback* descontado. Logo, o *Payback* simples é um procedimento de cálculo que não se leva em consideração o custo de capital investido no tempo, ou seja, a taxa de juros. E outro para suprir essa deficiência é possível aplicar o *Payback*

¹ Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/pb/artigos/tire-suas-duvidas-sobre-fluxo-de-caixa,fb5d4e64c093d510VgnVCM1000004c00210aRCRD> Acesso em: 10.dez.2020.

descontado, levando em consideração o valor de dinheiro e tempo, ou seja, permite a variação de valores de economia ao longo do período analisado.

2.8.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é uma ferramenta que é utilizada para calcular e analisar a viabilidade econômica financeira, porém a TIR traz uma análise mais clara e comparativa em relação ao investimento. Ou seja, a TIR é a taxa de juro (desconto) que iguala o valor do investimento inicial com os valores futuros. Camargo (2017) afirma que o método da TIR é usado para calcular a taxa de desconto que determinado pelo fluxo de caixa que o seu valor terá de igualar o seu Valor Presente Líquido (VPL) a zero, ou seja o seu valor TIR igual a o seu VPL que é igual ao valor investimento inicial.

2.8.4 Valor Presente Líquido (VPL)

O VPL ou método do valor atual é muito importante no início de qualquer investimento. Na engenharia o VPL é usado para analisar a viabilidade econômica um investimento. De acordo com Cury (2007) o VPL no tempo índice equivale a um fluxo de caixa do investimento de um projeto, e a empresa utiliza do cálculo para determinar o desconto. Portanto atualizados a uma taxa de juros que reflita o custo de oportunidade do capital.

3 METODOLOGIA DO TRABALHO

Nesta seção será apresentada a metodologia do trabalho desenvolvido. Foram utilizados alguns conceitos luminotécnicos e de física para caracterizar e avaliar as diferentes tecnologias de lâmpadas.

3.1 Área de Estudo ou Local de Estudo

Foi realizado um estudo luminotécnico e de viabilidade econômica do sistema de iluminação em todos os laboratórios no Campus das Auroras na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) no estado do Ceará. Os laboratórios fazem parte das ações práticas do curso de agronomia, Biologia, enfermagem, engenharia, física e química.

As análises foram realizadas a partir dos critérios das normas técnicas de iluminação brasileiras e foram analisados tanto com lâmpada fluorescente, quanto com LED, tendo como objetivo analisar a viabilidade para os dois tipos de lâmpadas.

Figura 10 - Localização do Campus



Fonte: Google Earth (2020).

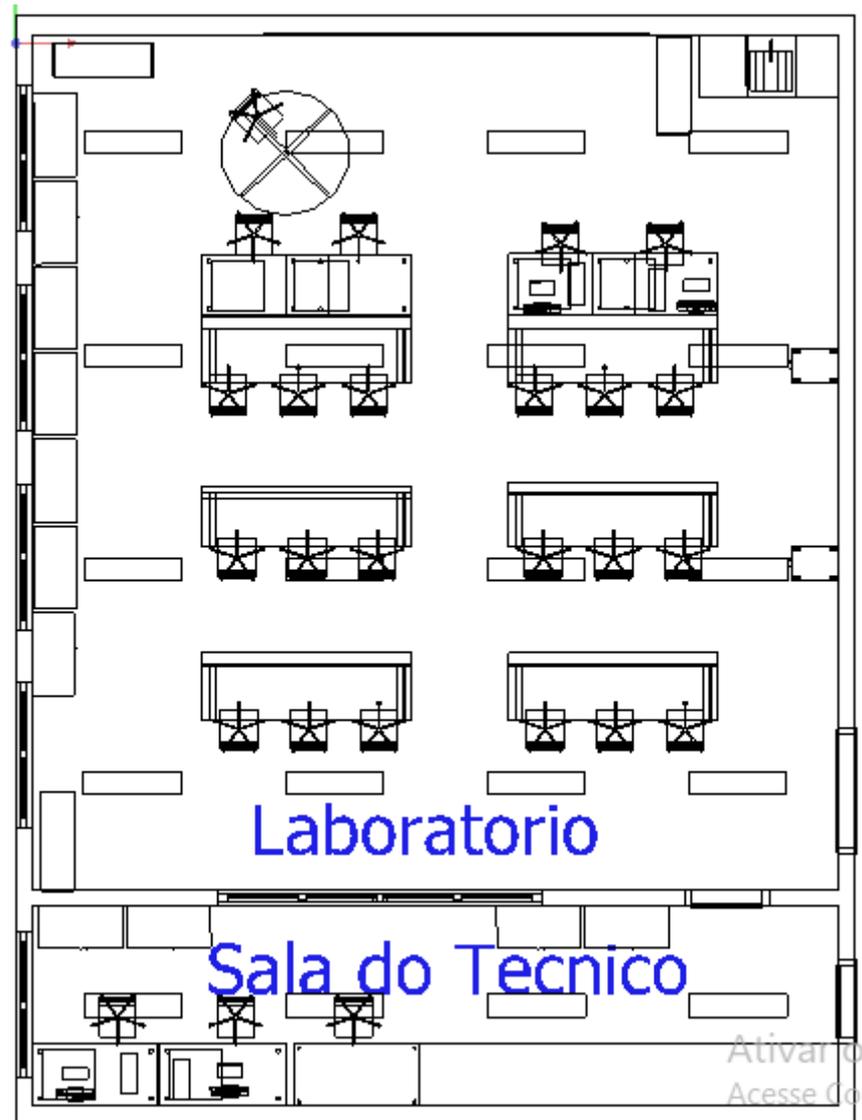
3.1.1 Escolha do Laboratório Padrão

Os laboratórios do Campus Auroras da UNILAB são localizados no piso térreo, primeiro e segundo andares. Para realizar a simulação, foram considerados dados de apenas um

laboratório, sendo este localizado no térreo, pois, como será apresentado, as salas possuem um mesmo padrão de medidas e de luminárias.

Na Figura 11 pode-se observar o desenho técnico do laboratório, composto pela sala do técnico, armários, balcão, cadeiras, luminárias, quadro e computadores.

Figura 11 - Planta Baixa do Laboratório



Fonte: imagem desenvolvida pelo autor no *software* Dialux (2020).

3.1.2 Dimensões do Laboratório

Para a realização do levantamento das dimensões do laboratório foram estabelecidos os seguintes critérios avaliativos para medidas: comprimento, largura, distância das bancadas, distancias das lâmpadas, altura da suspensão das luminárias, altura do plano de trabalho e o pé direito das salas de aula utilizando a trena como instrumento de medição.

Tabela 6 - Especificações das Medições das Salas dos Laboratórios

Especificação	Térreo	1º andar Bloco	2º andar Bloco
Área total (m)	31,89	37,56	37,56
Comprimento total (m)	10,63	10,63	10,63
Largura total (m)	8,15	8,15	8,15
Altura total (m)	3,0	3,0	3,0

Fonte: levantamento realizado pelo autor (2019).

3.2 Luminária e Lâmpada no Laboratório

A escolha do conjunto de luminárias e lâmpadas no laboratório foi realizada a partir do levantamento do sistema de luminárias das lâmpadas no local Tabela 7 representas vinte (24) das salas dos laboratórios e do técnico, com as especificações do reator e modelo, marca e potência das lâmpadas fluorescentes. Os índices, de Pé direto livre (m), grau refletância teto (%), parede (%), solo (%) foram gerados pelo *software* a partir das cores dos revestimentos.

Tabela 7 - Levantamento dos Sistemas Luminárias Local

Especificações	Terreo	Primeiro Andar	Segundo Andar
Quantidade de luminarias por sala do laboratorio	16	16	16
Quantidade de luminária por sala do técnico	4	4	4
Quantidade de lâmpadas por luminárias	2	2	2
Instalação das luminárias	Sobrepor	Sobrepor	Sobrepor
Fabricante das lâmpadas	LED G-light	LED G-light	LED G-light
Modelo da lâmpada	LED G-light	LED G-light	LED G-light
Potência (Watts)	22	22	22
Pé direto livre (m)	2800	2800	2800
Grau Reflexão Teto (%)	70, 50	70, 50	70, 50
Paredes (%)	74,5	74,5	74,5
Solo (%)	42,9	42,9	42,9

Fonte: autor (2019).

Os dados na Tabela 7 foram inseridos para o software, onde se deu as simulações para os cenários. De acordo com objetivo do trabalho. O primeiro foi no cenário luminária real onde a iluminação se dá através das lâmpadas fluorescentes tubular e no segundo cenário e o

A iluminação media para laboratório segundo ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 que é a norma que substitui a NBR 5413 de 1992 desde 2013. Foi estabelecido de acordo com o tipo de ambiente, tarefa ou atividade em laboratório. A área da tarefa deve ser iluminada o mais uniformemente possível e a uniformidade da iluminância é a razão entre o valor mínimo e o valor médio.

3.3 Simulação com o Software Dialux

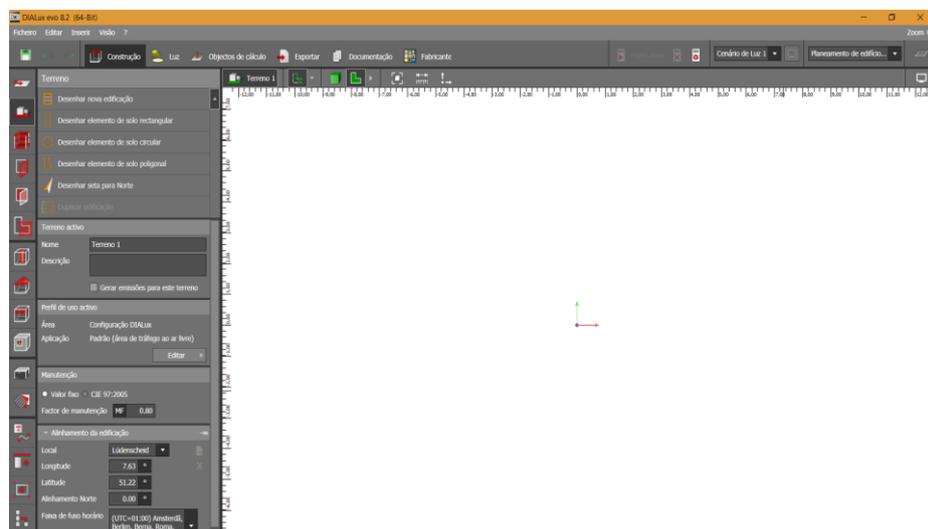
Nessa seção apresenta área de estudos dividida em três partes. A primeira parte representa ao estudo de luminotécnico realizado através do software Dialux.

Dialux é uma versão atualizada é Dialux Evo 8.2. Que apresenta melhor software para o cálculo do luminotécnico. Além disso, esse software usa quando substituir nova tecnologia da lâmpada no fim gerar próprio relatório.

O Software permite criar o projeto de iluminação eficaz profissionais de forma simples. Este software possui dados que fornecidos pelas fabricantes nas emparas nacionais e internacionais. Assim, que se escolheu o Software Dialux Evo 8.2 para fazer a simulação deste trabalho.

O *Software* disponíveis de catálogos de lâmpada e luminária que apresenta vários fabricantes que disponíveis os materiais de lâmpadas e luminárias, de forma facilitar na hora de execução do trabalho e no resultado final bastante 40 ilustrativo. Ou seja, este software gerar o próprio relatório dependendo das quantidades das lâmpadas que for projetado.

Figura 12 - Área de Trabalho do Dialux Evo 8.2



Fonte: autor (2020).

3.4 Eficiência Energética e Custo de Substituição de Lâmpadas

O cálculo de gastos foi realizado a partir da análise econômica da eficiência energética de lâmpadas convencionais e de LED nos laboratórios.

3.4.1 Estrutura Tarifaria

Para realizar o cálculo dos gastos para iluminação dos laboratórios, deve ser considerado o cálculo do *Payback* e a estrutura tarifária considerada.

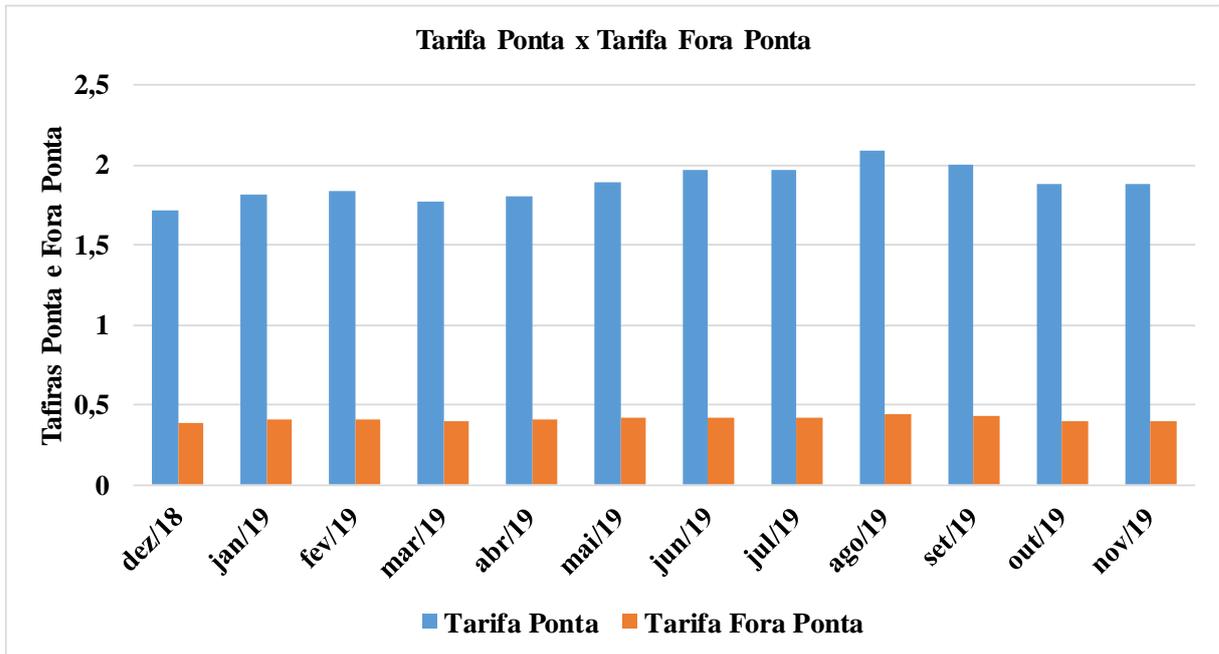
Existem dois tipos de consumidores de energia: consumidor de baixa tensão (Grupo B), geralmente com tensões de 127 V ou 220 V, e os valores superiores de 2,3 kV e os de alta tensão. Na UNILAB, Campus Auroras, os valores se enquadram como consumidor de alta tensão (Grupo A) e do subgrupo (A4), pois seu nível de tensão estão entre 2,3 e 25kV.

Este grupo possui três possíveis estruturas tarifárias: Convencional, Horosazonal Verde e Horosazonal Azul; e três bandeiras tarifárias diferentes: Bandeira Verde, Bandeira Amarelo e Bandeira Vermelho, nessas tarifas se cobram se baseado em bandeira. No caso do nosso espaço de pesquisa, o Campus se enquadra na estrutura tarifária horosazonal azul, Bandeira verde, e fator de potência 0,84.

A modalidade exige um contrato específico com a concessionária de energia, um contrato tanto para o valor de demanda pretendido pelo consumidor, horário de ponta (kWh), quanto para a contratada, no horário de ponta (kW), quanto o valor pretendido nas horas fora de ponta (Demanda Contratada fora de Ponta). No entanto, a fatura de energia elétrica desses consumidores é composta pela soma de parcelas referentes ao consumo (em ponta e fora de ponta), à demanda (em ponta e fora de ponta) e, caso exista, à ultrapassagem.

3.5 Análise da Viabilidade Econômica

A segunda fase deste trabalho corresponde a uma análise de viabilidade econômica do sistema de iluminação das salas dos laboratórios, incluindo a sala dos técnicos. Para a análise foram feitas algumas considerações. As lâmpadas são utilizadas no laboratório em média doze horas por dia (12h), sendo que três horas destas estão enquadradas no horário de ponta e corresponde das 17:30h as 20:30h. As outras nove horas corresponde ao horário fora ponta, que compreende os períodos das 08:00h às 12:00h, das 14:00h às 17:30h e das 20:30 às 22:00. Nos horários das 12:00h às 14:00h, considera-se que os laboratórios ficam fechados de acordo com o funcionamento da UNILAB.

Figura 13 - Variação da Tarifa Ponta e Fora Ponta

Fonte: autor (2020)

Foram feitos os cálculos do consumo de energia levando em consideração a tarifa nos diversos horários e na Figura 13 apresenta-se a variação do consumo de energia elétrica, com seu custo médio mensal e quantidade de lâmpadas, incluindo a reposição anual, que resulta a quantidade de lâmpadas utilizadas no Campus das Auroras, mais as horas de utilização e o preço, tarifa do consumo de energia elétrica disponibilizado pela Aneel relativa ao estado do Ceará.

Para uma análise comparativa entre os dois tipos de lâmpadas foram tomados em conta valores de potência instalada, as horas de utilização das lâmpadas e a tarifa também são atrelados ao valor do consumo de energia elétrica. Assim, podemos identificar qual tipo de lâmpada que trará maior economia de energia e qual investimento poderá se diferenciar tanto para lâmpada fluorescente e LEDs.

Foi realizada também uma pesquisa sobre os produtos, seu custo e benéficos. Logo, após as considerações, avaliação dos custos de investimento e da economia mensal e estipulado o investimento inicial, foi elaborado o fluxo de caixa.

Segundo Gedra (2019), para calcular o valor presente líquido (VPL) de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros definida, é necessário definir o valor presente líquido, menos o custo do investimento inicial. Este método apresenta o resultado do cálculo quanto as

receitas e/ou pagamentos futuros, somados a um custo inicial, estariam valendo atualmente. É necessário levar em consideração o valor da moeda naquele período.

Para calcular o valor presente líquido (VPL), deve-se seguir a seguinte expressão:

$$VPL = -Civ + \sum_{t=1}^T \frac{FCt}{(1+i)^t} \quad (2)$$

Em que:

Civ = Custo de investimento;

FC = Fluxo de caixa do período (t);

i = É a taxa de juros (custo de oportunidade);

t = Numero de períodos em que foi determinado o fluxo de caixa

T = Período total do fluxo de caixa, sendo este um múltiplo inteiro do (t);

Após encontrar o resultado do valor presente líquido (VPL), dependendo das condições de cada método de aplicação, o resultado pode ser analisado. A aplicação de método do VPL, pode-se assumir valores positivos, negativos ou igual a zero, O VPL significa que o investimento é viável, e o projeto terá retorno. Quanto seu investimento for negativo indicam que o seu projeto é economicamente inviável e os custos serão maiores ao longo do tempo. Se o VPL for igual a zero, seu investimento não terá retorno ao longo do período do tempo estabelecido.

A taxa interna do retorno (TIR), equivalente as receitas do investimento ao longo do tempo com o seu projeto, ou seja, a taxa que torna nulo o valor presente líquido (VPL) do projeto em um período ou ao longo de tempo.

De acordo com Souza (2014), taxa interna do retorno:

Representa a taxa que iguala o valor presente das entradas de caixa do investimento com o desembolso inicial, ou seja, a TIR é a taxa de desconto que iguala o valor presente líquido do investimento a zero. O processo decisório, utilizando esse método de análise, dá-se em decorrência do investimento que apresenta a maior taxa. (SOUZA, 2014, p.153).

$$0 = -Civ + \sum_{t=1}^T \frac{FCt}{(1+TIR)^t} \quad (3)$$

Onde:

C_{iv} = é o custo de investimento;

FC = é o fluxo de caixa do período t ;

t = é o número do período em que foi determinado o fluxo de caixa

T = é período total do fluxo de caixa, sendo este um múltiplo inteiro de tempo

Para calcular o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR) é importante apresentar as informações necessárias para que se possa analisar o desempenho financeiro de um projeto. Para saber os valores da VPL e TIR é necessário calcular o fluxo de caixa do projeto, isto é, dependendo do investimento inicial e as receitas mensais durante um período estipulado.

4 RESULTADOS E DISCUÇÕES

Neste capítulo serão apresentados os resultados discussões referentes ao processo metodológico do trabalho. Apresentando os resultados obtidos através da simulação feitas pelo *software* Dialux, em seguida, pelas medições realizadas no laboratório com o instrumento de intensidade luminosa, o Luxímetro e a análise de viabilidade econômica.

4.1 Simulação com o Dialux evo 8.2

As simulações computacionais foram realizadas em ambiente do *Software* Dialux Evo 8.2. A Figura 14 representa todos os compartimentos: laboratórios e sala do técnico com a iluminação real.

Figura 14 - Modelo 3D da sala do Laboratório com a Lâmpada Fluorescente



Fonte: autor (2020)

A primeira simulação foi realizada com o cenário real de distribuição das luminárias com lâmpadas fluorescentes. Na Tabela 8 é apresentado o resultado da iluminância média, máxima dos laboratórios, e da sala do técnico utilizando iluminação real.

Tabela 8 - Fluxo Luminoso Simulado a Partir do software Dialux para o Cenário Real

Salas	Emédia(Lux)	Emáx (lux)	Emín (lux)	E mín/ Emédia
Laboratório	379	543	316,8	0,836
Tecnico do Laboratorio	320	484	217,92	0,681

Fonte: autor (2020)

Como pode ser observado na Tabela 8, o sistema de iluminação para o cenário real com lâmpada fluorescente, para os laboratórios e salas do técnico, atendem os requisitos das normas da iluminância média para laboratório, que deve ser maior ou igual a 300 lux (norma ISO/CIE 8995-1:2013) (Tabela 9). Logo a iluminância média obtida foi 379 lux para laboratório e 320 lux para sala do técnico. Os resultados das simulações computacionais mostram que a iluminância para o ambiente do laboratório foi maior, isto devido o posicionamento das janelas para o exterior (maior sombreamento), que corresponde a maior iluminância no recinto. E a iluminância na sala do técnico foi menor, significando menor iluminância no local, isto devido a menos posicionamento das janelas para exterior no local.

A Tabela 9 mostra os valores máximos simulados da iluminância obtidos no local pelas simulações computacionais e os valores medidos com instrumento luxímetro, e as seus contrastes com relação à norma.

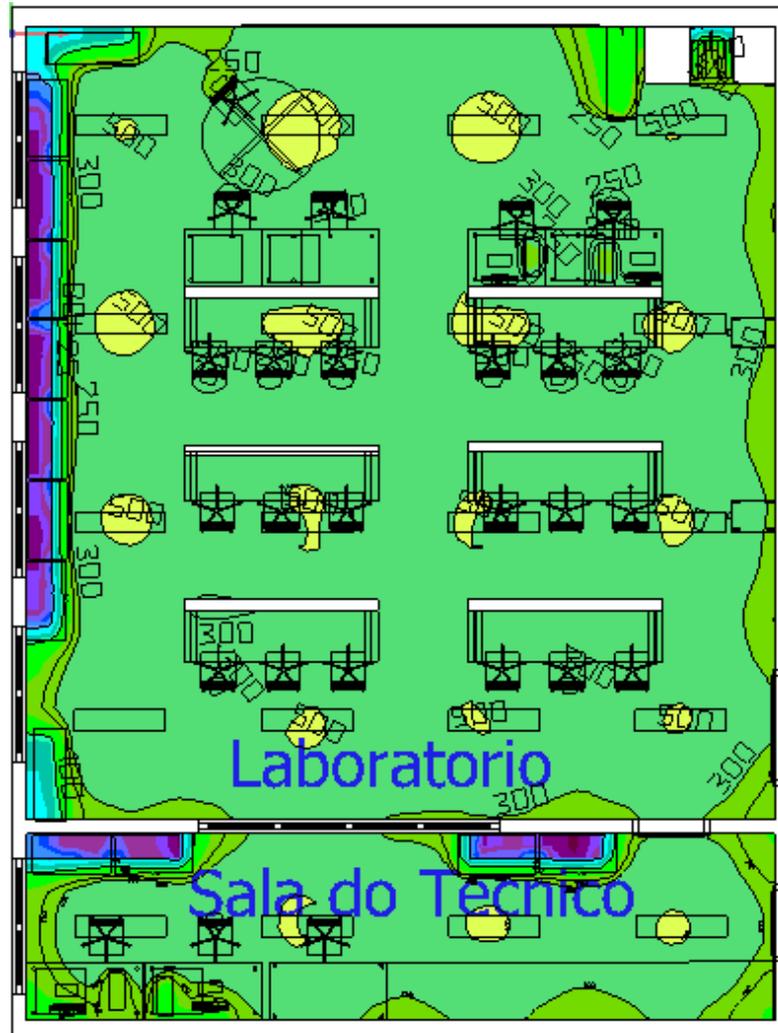
Tabela 9 - Comparação dos Resultados obtidos da lâmpada fluorescente

Salas	Média das Iluminancias (Lux)			
	Norma	Luxímetro	Dialux	Situação
Laboratório	300	420	379	Acima da norma
Tecnico do Laboratorio	300	411	320	Acima da norma

Fonte: autor (2020).

A Figura 15 apresenta o mapa das Isolinhas da iluminância vertical no plano do uso a 0,8 metros do chão para o cenário real das salas do laboratório e o técnico, respectivamente.

Figura 15 - Isolinhas da iluminância com o cenário real do laboratório



Fonte: autor (2020).

A norma ISO/CIE 8995-1:2013, define que os valores da uniformidade da iluminância na tarefa não podem ser menores que 0,7 (70%). Não obstante, na simulação computacional observou-se uma iluminância da uniformidade de 0,84 (84%) para as salas do laboratório e do técnico. Então, a grande variação da iluminância no local, é justificada pela alta quantidade de lâmpada próximo às janelas, propiciando alta iluminância, como mostra a Figura 15.

Nas simulações computacionais as lâmpadas fluorescentes no laboratório e sala do técnico, apresentaram o maior consumo de energia elétrica. Porém, apresentaram em contraste, não só valores relativamente baixos de intensidade luminosa, quanto seu rendimento luminoso, caracterizando baixa eficiência das lâmpadas fluorescentes.

A segunda simulação foi realizada com o cenário do sistema proposto de distribuição das luminárias com lâmpadas LEDs.

Figura 16 - apresenta as salas de laboratório e do técnico, com lâmpadas LEDs em 3D.



Fonte: autor (2020).

No presente cenário, uma luminária de LED foi selecionada, cujo fluxo luminoso é igual ao atualmente praticado. Observou-se que, após a substituição das lâmpadas fluorescentes por LED nas luminárias, foi registrado um aumento da iluminação média e máximo nos laboratórios e sala dos técnicos, conforme se pode observar na Tabela 10.

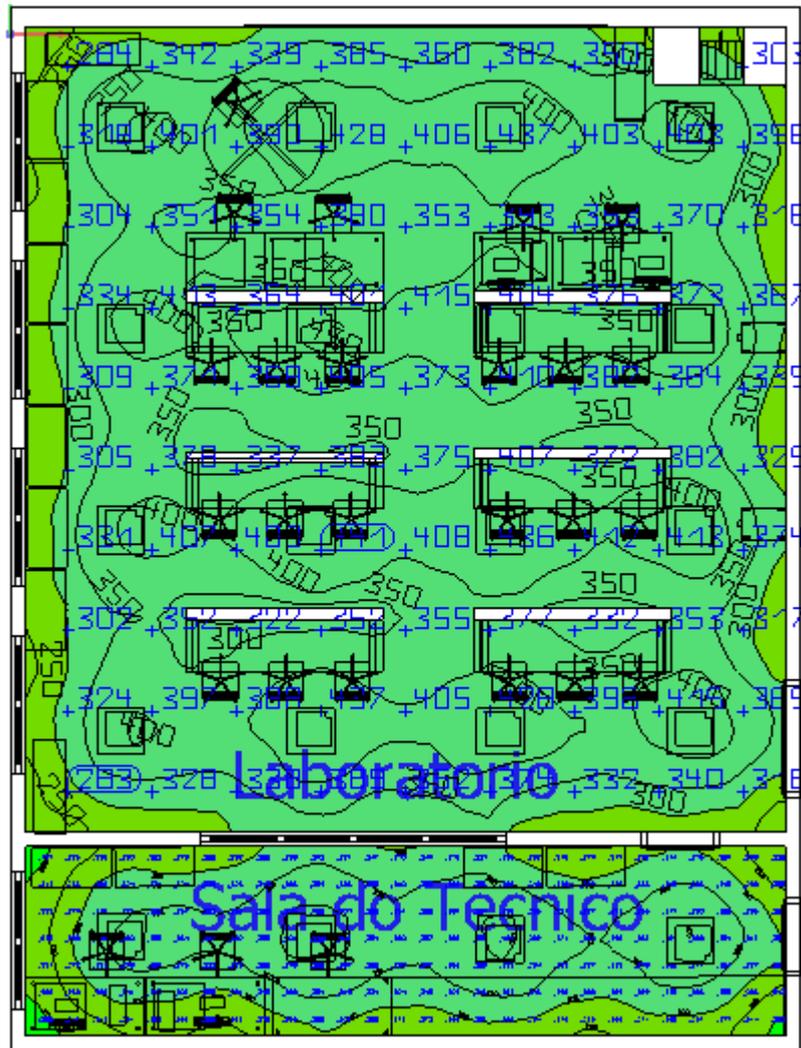
Tabela 10 - Fluxo Luminoso Simulado a partir do Software Dialux com lâmpadas LEDs

Salas	Emédia(Lux)	Emáx (lux)	Emín (lux)	E mín/ Emédia
Laboratório	401	570	238	0,594
Tecnico do Laboratorio	345	516	150	0,435

Fonte: autor (2020).

Os resultados obtidos através das simulações computacionais, com relação às lâmpadas LEDs, sugerem que, em comparação com as lâmpadas fluorescentes, as lâmpadas LEDs apresentam vida útil e durabilidade mais elevadas, cerca de 100 mil horas e 20 mil horas para lâmpadas fluorescentes. No entanto, esgotados este prazo, as lâmpadas LEDs poderão apresentar queda no fluxo luminoso, podendo, sobremaneira, prejudicar as atividades no laboratório, pois a queda do fluxo luminoso, diminuirá o nível de iluminância exigida pela norma ISO/CIE 8995-1:2013.

Figura 17 - Mapa das Isolinhas da iluminância com o cenário proposto



Fonte: autor (2020)

4.1.1 Parâmetro Variáveis

Nesta etapa são apresentados os parâmetros variáveis a serem consideradas na implementação da proposta.

Considerando que o horário de funcionamento de cada sala é diferente, pois, as segundas e quartas-feiras não funciona em tempo integral e as quintas e sextas-feiras funciona de 8:00 horas da manhã até 18:00 horas, tendo um intervalo de tempo sem funcionamento, das 12:00 horas a 14:00 horas, ou seja, nesse intervalo de tempo as salas ficam interdidas.

É muito importante ao realizar as simulações que seja informada a situação real do local e identificar as lâmpadas que atualmente são utilizadas, assim, será possível realizar propostas fidedignas sobre as lâmpadas.

Não obstante, o tempo de utilização do espaço a ser considerado no projeto, a qualidade de lâmpadas a serem adotadas, o preço das lâmpadas no mercado, e outros insumos, constituem parâmetros variáveis a serem considerados na implementação da proposta.

4.1.1.1 Proposta com Lâmpada Fluorescentes

A proposta do trabalho com lâmpada fluorescente está de acordo com a Norma Brasileira ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013 estabelecida para iluminância no laboratório (neste caso para iluminância de salas dos laboratórios e técnicos). E total de lâmpadas fluorescentes e potências no cenário real, isso foi definido de acordo com a eficiência luminosa da lâmpada e pela simulação computacional, que foi utilizado para realizar os cálculos. As lâmpadas escolhidas foram as de 22 Watts, com luminária de duas lâmpadas. Em cada luminária foi incluído reator eletrônico para duas lâmpadas, e seu reator cuja potência consumida fora de 3 Watts e a potência da luminária de 47 Watts.

Adiante, pode-se verificar na Tabela 11 representa vinte e quatro (24) salas dos laboratórios e do técnico. O levantamento dos blocos onde estão localizados os laboratórios, apresentando o número de luminárias, vida útil das lâmpadas, quantidade das lâmpadas em cada sala e os valores das potências, incluindo os reatores, como também as características das lâmpadas fluorescentes, de acordo com o levantamento dos dados. Os modelos das lâmpadas que foram utilizadas fazem parte do padrão do projeto do luminotécnico e foi observado que nas salas dos laboratórios, o posicionamento das luminárias fora disposto aleatoriamente.

Tabela 11 - Proposta com Lâmpada Fluorescentes

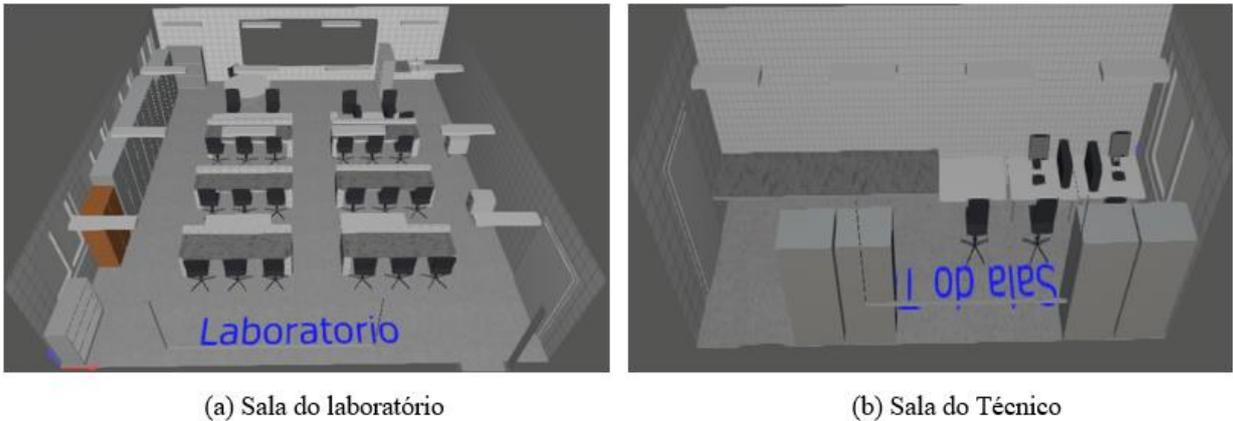
Descrição	Lâmpada Fluorescentes
Quantidade de lâmpada por sala do laboratório	960
Quantidade de lâmpada por sala do Técnico	
Quantidade de luminária por luminária do laboratório	2
Quantidade de luminária por sala do Técnico	
Quantidade Reator no laboratório	20
Quantidade Reator na sala do Técnico	
Potência de cada Lâmpada (W)	22
Potência de cada Reator (W)	3
Vida Útil (horas)	20.000
Total laboratório e sala do Técnico	480

Fonte: autor (2020)

A Tabela 11 apresenta o resultado do levantamento realizado no local, ou seja, os valores globais da situação atual. Somando as luminárias dos 480 para laboratórios e salas do técnico, em que cada possui 40 lâmpadas fluorescentes, resultando um total de novecentos e sessenta (960) lâmpadas. Isto indicando a quantidade de cada luminária, com duas lâmpadas. Cada lâmpada possui a potência de 22 Watts e cada luminária possui um reator de 3 Watts.

Após a realização do levantamento de dados, foi verificado o posicionamento das luminárias e dos materiais mobiliários do laboratório e também da sala dos técnicos, logo estes dados foram exportados no Dialux. A Figura 18 (a) e (b) representam a simulação das quarenta e oito (48) salas do laboratório e dos técnicos. Foram também coletados dados das dimensões das portas, janelas, armários, bancadas, quadro, pia, mesas, cores do teto, parede e piso, bancadas, cadeiras, armários conforme a realidade no local, assim para alcançar o resultado próximo. Optou-se por utilizar objetos na simulação do Dialux para possibilitar o cálculo.

Figura 18 - Simulação da Sala do Laboratório e Técnico



(a) Sala do laboratório

(b) Sala do Técnico

Fonte: autor (2020).

O resultado da simulação do trabalho está de acordo com as normas do luminotécnico. A Tabela 11 apresenta a totalidade de luminárias. Ao comparar o investimento entre lâmpadas fluorescentes, nota-se que o investimento na primeira etapa tem o custo menor, porém, o consumo de energia desse tipo de lâmpada é maior.

Mesmo embutindo o fluxo luminoso menor, a eficiência total das lâmpadas é apenas de 76.7 lm/W. Caso a proposta escolhida for as das lâmpadas fluorescentes, será necessário realizar a compra de novecentos e sessenta (960) lâmpadas, e quatrocentos e oitenta (480) reatores.

4.1.1.2 Proposta com Lâmpada LEDS

A proposta este trabalho com lâmpadas LEDs considera a substituição das lâmpadas fluorescente por lâmpada de LED, está de acordo com a norma ISO/CIE 8995-1:2013. A quantidade de lâmpadas e potências fora definida com o simulado pelo *software*. As informações técnicas sobre fabricantes e os diversos modelos de lâmpadas e potências estão também disponíveis no *software*, no caso da proposta, a lâmpada escolhida é a de LEDs de 22 Watts, por ser bastante acessível, e vida útil relativamente elevada.

Tabela 12 - Dados da lâmpada LED

1xCADAN SD 430 W/DL	
Lâmpada LED	OSRAM <i>SubstiTUBE Super Value Driver</i> Interno
Diâmetro	26 mm
Comprimento	1213 mm
Potência nominal	22 W
Eficácia luminosa	113.0 lm/W
Índice de reprodução de cor (<i>R_a</i>)	≥ 84
Fluxo luminoso	2485 lm
Tonalidade da luz	841
Temperatura de cor	3.000 K

Fonte: autor (2020)

A Tabela 13 apresenta a relação dos materiais considerados para implementação da proposta de lâmpadas LEDs.

Tabela 13 - Proposta LED

Descrição	LEDs Total
Quantidade de luminaria por sala do laboratorio	960
Quantidade de lamapda por sala do Tecnico	
Quantidade de lampada por luminaria do laboratorio	1
Quantidade de luminaria por sala do Tecnico	
Quantidade Reator no laboratorio	0
Quantidade Reator na sala do Tecnico	
Quantidade lamapda por laboratorio	16
Quantiade lampada por sala do tecnico	4
Potencia de cada Lampada (W)	22
Potencia de cada Reator (W)	0
Vida Útil (horas)	100.000

Fonte: autor (2020)

Ao realizar a proposta, de acordo com as informações resultantes da simulação é observado que o consumo de energia elétrica inerente as lâmpadas LEDs é relativamente baixo (por laboratório o consumo de energia máximo 3500 kWh/a e sala do técnico 850 kWh/a), com a vida útil é maior (100 mil horas). É imponte ressaltar que a implementação de lâmpadas LEDs dispensa a comprar dos reatores.

Na Tabela 13 são apresentados os resultados das simulações, com o número de lâmpadas por sala. Ao todo, consta na proposta a necessidade de substituição de 960 lâmpadas LEDs, pois para cada luminária é necessária apenas 1 lâmpada sem reator. O investimento desta proposta tem custo relativamente elevado. No entanto alto fluxo luminoso, eficiência e intensidade luminosa na ordem de 113.0 lm/W, e, portanto, baixo consumo de energia.

4.2 Comparação das Propostas

Nesta comparação das propostas entre lâmpada fluorescentes e LEDs são apresentados nas tabelas a seguir, a comparação das informações, apresentado os detalhes da análise de viabilidade econômica, dividido em etapas, sendo o primeiro apresentando a caracterização da iluminação (Tabela 13), a segunda etapa a característica de uso (Tabela 14), a terceira etapa os custos dos materiais envolvidos (Tabela 15), a quarta etapa o custo de investimento (Tabela 16) e a quinta etapa, a economia mensal de energia que resulta nas diferenças entre os custos de investimento da utilização das lâmpadas fluorescentes e os custos de investimento da utilização das lâmpadas LEDs (Tabela 17).

Tabela 14 - Análise de Viabilidade Econômica / Características da iluminação

1ª Etapa – Característica da iluminação		
Modelo	Fluorescente	LED
	2xLED T8 ECO 22w Warmwhite	1xCADAN SD 430 W/DL
Vida útil da lâmpada (h)	20.000	100.000
Quantidade de lâmpada	480	480
Quantidade de reator	480	0
Potência total das lampadas (W)	42240	10560
Potência total dos reatores (W)	1440	0
Potencia total instalada (W)	43680	10560

Fonte: Dados levantados pelo autor (2020).

Tabela 15 - Análise de Viabilidade Econômica / Características de Uso

2ª Etapa – Característica de uso		
	Fluorescente	LED
Tempos de uso mensal ponta (h)	56	56
Tempos de uso mensal fora de ponta (h)	0	0
Tempos de uso total (h)	56	56
Consumo mensal de ponta (kWh)	2446,08	537,6
Consumo mensal fora de ponta (kWh)	0	0
Durabilidade média das lâmpadas (meses)	83,33	416,67

Fonte: Dados levantados pelo autor (2020).

Tabela 16 - Análise de Viabilidade Econômica / Custos dos Materiais Envolvidos

3ª Etapa – Custos dos Materiais Envolvidos		
	Fluorescente	LED
Preço de Cada Lâmpada (R\$)	8,60	36,9
Preço de Cada Luminária (R\$)	0,00	0,00
Tarifa Ponta (R\$)	1,887	1,887
Tarifa Fora de Ponta (R\$)	0,411	0,411

Fonte: Dados levantados pelo autor (2020).

Tabela 17 - Análise de Viabilidade Econômica / Custo de Investimento

4ª Etapa – Custos de Investimento		
	Fluorescente	LED
Custo de Investimento para Instalação (R\$)	0	17712,00
Custo mão-de-obra (R\$/ano)	0	7528,83
Somatório de Custo de Investimento (R\$)	0	25240,83

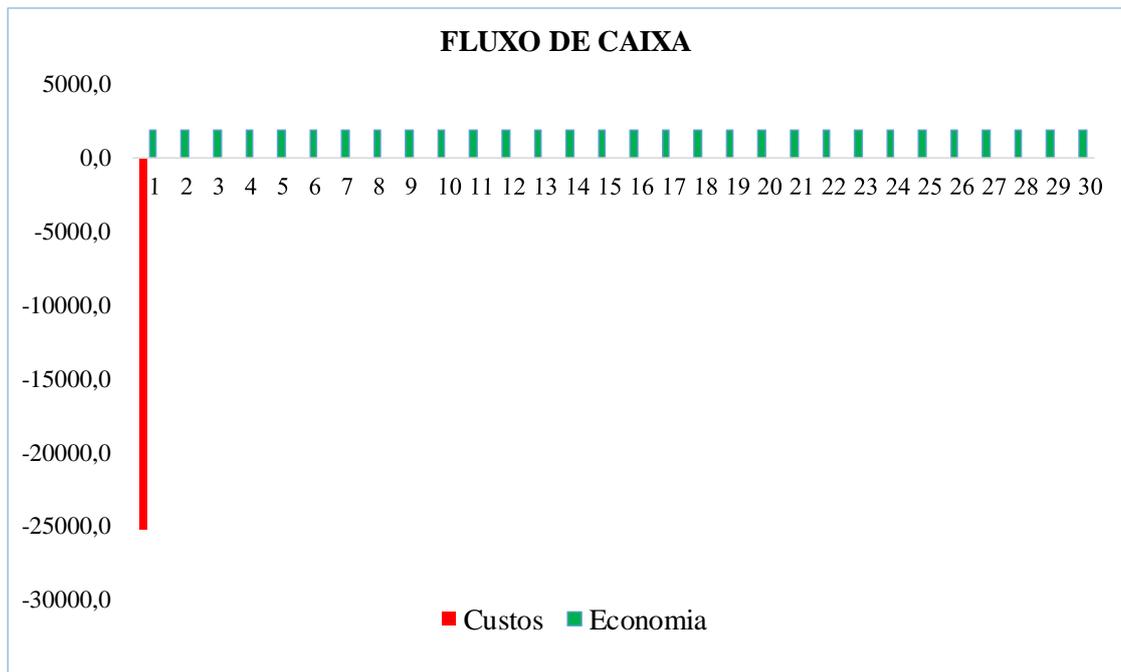
Fonte: Dados levantados pelo autor (2020).

Tabela 18 - Análise de Viabilidade Econômica / Economia Mensal

5ª Etapa – Economia mensal		
	Fluorescente	LED
Custo consumo mensal de energia ponta (R\$/kwh)	2446,08	537,60
Custo consumo mensal de energia fora ponta (R\$/kwh)	0,00	0,00
Custo médio mensal de reposição das lâmpadas (R\$)	21,24	0,00
Somatório dos custos operacionais (R\$)	2467,32	537,60
Diferenças mensais entre custos operacionais (R\$)	1929,72	

Fonte: Dados levantados pelo autor (2020).

Para obter o valor do *Payback* descontado, deve-se levar em consideração a 4ª etapa (custo investimento) e a 5ª etapa (economia mensal), conforme os valores das tabelas. Na elaboração do fluxo de caixa mensal, para determinar o valor do *Payback* descontado, também deve-se calcular a taxa interna do retorno (TIR) e do valor presente líquido (VPL), de acordo com as equações (2) e (3) descritas na metodologia do trabalho.

Figura 19- Fluxo de Caixa

Fonte: autor (2020)

Porém, para calcular *Payback*, descontando a partir do custo total os gastos com custo de investimento, resultam na soma total de R\$ 33.185,70. A diferença no consumo de energia mensal, dos sistemas com as lâmpadas fluorescentes e LEDs, chega ao custo operacional de R\$ 1929,72. Enquanto que o retorno do investimento em tempo, somente após 24 (vinte e quatro)

meses, ou dois anos. Sobre a vida útil das lâmpadas LEDs, o tempo de durabilidade das lâmpadas é de 100 mil horas, que corresponde à média de duração em 22 anos.

Sabendo que, o tempo médio da vida útil das lâmpadas LEDs equivale a 22 anos e que o valor presente líquido positivo é de R\$ 1504,50. Logo, pode-se calcular a taxa interna do retorno (TIR) a 6,0% a.a., maior do que a Taxa Média de Atratividade (TMA).

Neste sentido, a partir do estudo para verificar as condições de substituição das lâmpadas fluorescentes por LED, pode se afirmar que o consumo de energia elétrica é menor, o que resulta em uma economia, e embora o uso das lâmpadas fluorescentes tenha um custo menor, ainda assim, a longa vida útil das lâmpadas LEDs apresenta um resultado economicamente viável.

5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizado um estudo luminotécnico nos laboratórios do Campus Auroras da UNILAB, utilizando *software* Dialux, verificando a iluminância média e máxima nos blocos do campus. Utilizando instrumento de Luxímetro no local, com o objetivo de realizar uma análise econômica da eficiência energética de lâmpadas convencionais e de LED, e respeitando alguns critérios pré-definidos, sobre os valores da iluminância nos laboratórios, de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR ISO/CIE 8995-1:2013.

A substituição de lâmpadas fluorescente por lâmpadas LEDs em laboratórios de campus de Auroras na Unilab, pressupõe um imperativo, por forma a não só minimizar os custos com fatura de energia, que se encontra bastante alta, devido ao uso de lâmpadas fluorescente, ao invés de LEDs, como também, é uma ferramenta poderosa para se alcançar os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), através de implementação de métodos de conservação de energia e eficiência energética.

Ademais, a implementação de projeto de lâmpadas LEDs, é importante de antemão conhecer as dimensões, as quantidades de materiais necessários, e os compartimentos disponíveis no local, afim de garantir a adequação destes, à norma regulamentadora.

Após realizar a substituição das lâmpadas fluorescentes por LEDs, de acordo com o resultado, foi observado que o consumo de energia nos laboratórios tende a ter uma redução, além disso, as lâmpadas LED são mais eficiente e apresentam maior vida útil a longo prazo e não necessitam de reatores no ato de instalação.

O investimento conforme o valor presente líquido (VPL) é positivo, isto significa que o projeto é economicamente viável. De acordo com o resultado da análise, apresentou-se uma taxa interna de retorno (TIR) de 6% e este valor é maior do que o valor da taxa mínima da atratividade que é igual a 4%.

No ponto de vista da ação de eficiência energética, é mais comum o consumo energético por meio de práticas eficientes, que buscam a menor perda, pois, para reduzir o consumo da energia da iluminação, a proposta apresenta que o uso de tecnologia LEDs é considerando mais eficiente do que com o uso das lâmpadas fluorescentes e traz benefícios ao ambiente.

REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR/ISO 8995-Iluminação em Ambientes de Trabalho. 2013.** Disponível em: http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-tabelas-de-dimensionamento/NBRISO_CIE8995-1.pdf/view Acesso em: 10. Dez. 2020.

ASSUNÇÃO, J.; SCHUTZE, A. Panorama da Eficiência Energética no Brasil. **Climate Policy Initiative:** Pontifícia Universidade Católica, 2017.

BARBOSA, Jaques da Silva. **Iluminação de Interiores.** [s.l.] Monografia [Bacharelado em Engenharia Elétrica]. Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ, p.131, 2007.

BLEY, F. B. LEDs versus Lâmpadas Convencionais: Viabilizando a troca. **Especialize IPOG:** p. 24, 2012. Disponível em: http://www.lumearquitetura.com.br/pdf/ed57/ed_57%20At%20-%20LEDs%20versus%20L%C3%A2mpadas.pdf Acesso em: 10.Jan.2021.

BRASIL. **Decreto nº 4059 de 19 de dezembro de 2001.** Presidência da República Casa Civil. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D4059.htm#:~:text=D4059&text=DECRETO%20N%C2%BA%204.059%2C%20DE%2019%20DE%20DEZEMBRO%20DE%202001.&text=Regulamenta%20a%20Lei%20no.que%20lhe%20confere%20o%20art. Acesso em: 03.Ago. 2020.

_____. **Lei nº 10.295, de outubro de 2001.** Presidência da República Casa Civil. 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110295.htm#:~:text=LEI%20No%2010.295%2C%20DE%2017%20DE%20OUTUBRO%20DE%202001.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional,Art. Acesso em: 03.Ago. 2020.

_____. **Lei nº 9991, de 24 de julho de 2000.** Presidência da República Casa Civil. 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19991.htm#:~:text=L9991&text=LEI%20No%209.991%2C%20DE%2024%20DE%20JULHO%20DE%202000.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20realiza%C3%A7%C3%A3o%20de%20investimentos,el%C3%A9trica%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias. Acesso em: 03.Ago. 2020.

_____. **Lei nº 9478, de agosto de 1997.** Presidência da República Casa Civil. 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19478.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.478%2C%20DE%206%20DE%20AGOSTO%20DE%201997.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20pol%C3%ADtica%20energ%C3%A9tica,Petr%C3%B3leo%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias. Acesso em: 03.Ago. 2020.

BREGINSKI, T. B. **Análise De Iluminância em Bibliotecas Faróis do Saber na Cidade de Curitiba.** Monografia [Bacharelado em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil]. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, p. 59, 2016.

CAMARGO, R. F. de. **Como o método Payback pode ajudar na Análise do Tempo de Retorno do Investimento em Projetos.** TREASY 2017. Disponível em: <https://www.treasy.com.br/blog/payback-tempo-de-retorno-do-investimentos/> Acesso em: 10. Dez.2020.

CASTRO, D.; UGLAS B. Iluminação por LEDs. Instituto de Pós-Graduação. **Revista Especialize On-line IPOG: Goiânia**. 5ª Edição nº 5 Vol.01/2013. julho/2013.

CURY, M. V. Q. **Finanças Corporativas**. 11ª ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2012.

ELEKTRO. **Eficiência Energética: Fundamentos e Aplicações**. 1a. Edição. Elektro. Universidade Federal de Itajubá. 1ª Edição ed. Campinas, SP. 2012.

FERREIRA, J. Z. **Estudo Comparativo entre Lâmpadas Fluorescentes Tubulares T8 e Tubulares de Led**. Monografia [Pós Graduação em Construções Sustentáveis] Universidade Tecnológica Federal do Paraná, p. 59, 2014.

MASCIA, A. R. **Estudo Comparativo Entre Lâmpadas Fluorescentes Compactas e Lâmpadas Incandescentes, Considerando A Viabilidade Econômica**. Monografia [Bacharel em Engenheiro Eletricista] Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pampa. RS, p.70, 2011.

MICAI, Júlia. **Avaliação do sistema de iluminação dos ambientes educacionais da universidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná: Campus Campo Mourão**. 2016. 63 f. [Trabalho de Conclusão de Curso] Bacharel em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2016.

MME. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2019**. Ministério de Minas de Energia, p. 254, 2019.

MODESTO, A. L. N. Avaliação do Consumo Energético de Sistemas De Iluminação Utilizando Lâmpadas Fluorescentes e Led. 2014, p. 107. [Trabalho de Conclusão de Curso] Bacharel em Engenharia Elétrica. Universidade Estadual de Londrina, 2014.

NISKIER, J.; MACINTYRE, A. J. **Instalações Elétricas**. 5ª Ed., Rio de Janeiro: Livro Técnico e Científico (LTC), 4ª edição, 2015

PROCEL. **Manual de Iluminação**. ELETROBRAS. p. 54, 2011.

PURIFICAÇÃO, R. A. N. Utilização Da Iluminação LED como Ferramenta de Eficiência Energética em Escolas Municipais de Ensino Fundamental da Cidade de São Paulo. **Anais**.

VII SINGEP – São Paulo – SP – Brasil – 22 e 23/10/2018, 2018.

RODRIGUES, C. R. B. S. **Contribuições ao uso de Diodos Emissores de Luz em Iluminação Pública**. 2012, p. 216. [Tese] Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2012.

RODRIGUES, P. **Manual de iluminação eficiente**. 1a Edição junho, 2002.

RUVER, M. D. W. **Análise da Viabilidade de um Empreendimento de Venda de Móveis**. 2012, p. 70. [Trabalho de Conclusão de Curso] Faculdade de Ciências Contábeis. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2012.

SANTOS, Felipe Albino da Silva. **Eficiência Energética Na Indústria E Luminotécnica**. 2013, p. 81. Graduação [Trabalho de Conclusão de Curso] Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2013. Disponível em:

<http://docplayer.com.br/45850950-Universidade-federal-do-rio-de-janeiro-eficiencia-energetica-na-industria-e-luminotecnica-felipe-albino-da-silva-santos.html> Acesso em: 10.Jan.2021.

SOUZA, D. F. DE. DIALUX: uma ferramenta em constante evolução. **LUME Arquitetura**: São Paulo, 2011.

SOUZA, Acilon B. de. **Curso de administração financeira e orçamento**. São Paulo: Atlas S.A. 2014.

APÊNDICE A – FLUXO DE CAIXA

Ano	Fluxo de caixa	Valor Presente	Saldo investimento
0	-25240,8		-25240,8
1	1929,7	1855,5	-23420,3
2	1929,7	1784,1	-21702,9
3	1929,7	1715,5	-20082,7
4	1929,7	1466,4	-18554,1
5	1929,7	1586,1	-17112,1
6	1929,7	1525,1	-15751,8
7	1929,7	1466,4	-14285,3
8	1929,7	1410,0	-13074,6
9	1929,7	1355,8	-11932,4
10	1929,7	1303,6	-10854,9
11	1929,7	1253,5	-9838,3
12	1929,7	1205,3	-8879,3
13	1929,7	1158,9	-7974,6
14	1929,7	1114,4	-7121,1
15	1929,7	1071,5	-6315,9
16	1929,7	1030,3	-5556,2
17	1929,7	990,7	-4839,6
18	1929,7	952,6	-4163,5
19	1929,7	915,9	-3525,7
20	1929,7	880,7	-2924,0
21	1929,7	846,8	-2356,4
22	1929,7	814,3	-1820,9
23	1929,7	782,9	-1315,7
24	1929,7	752,8	-839,1
25	1929,7	723,9	-389,5
26	1929,7	696,0	34,7
27	1929,7	669,3	434,9
28	1929,7	643,5	812,4
29	1929,7	618,8	1168,5
30	1929,7	595,0	1504,5
		33185,7	
TMA	4,0%		
TIR	6,0%		
VPL	1504,5		